



**HAL**  
open science

## **Annales Forêt 1993**

J.L. Guitton, J.P. Cazaux, C.B. Malphettes

► **To cite this version:**

J.L. Guitton, J.P. Cazaux, C.B. Malphettes. Annales Forêt 1993. Cemagref Editions, pp.278, 1994, Coll. Etudes du Cemagref, série Gestion des territoires, n° 12, 2-85362-380-7. hal-02576454

**HAL Id: hal-02576454**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02576454v1>**

Submitted on 24 Apr 2023

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

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

**ETUDES**

# Gestion des territoires

PUB 0000 3259

n°12



**Annales Forêt 1993**



**CEMA.GT7 GREF**

CEMAGREF  
DOCUMENTATION  
CLERMONT-FERRAND

# ANNALES FORÊT 93

Comité de rédaction

**J.-L. GUITTON, J.-P. CAZAUX, C.-B. MALPHETTES et D. TERRASSON**

Comité de lecture

**B. BOISSEAU, C. BARTHOD, F. CAILLEZ, J.-P. CAZAUX,  
G. DUME, F. GUINODEAU, J.-L. GUITTON, C.-B. MALPHETTES,  
B. ROMAN-AMAT, D. TERRASSON**

Textes réunis par **J.-L. GUITTON**

## Les Études du CEMAGREF

Cette collection éditée des travaux scientifiques du CEMAGREF, thèses, comptes rendus de recherches... Désormais, quatre séries qui correspondent aux quatre nouveaux départements scientifiques du CEMAGREF, regroupent les sept séries précédentes. Il s'agit de :

- **Gestion des milieux aquatiques** (anc. série *Ressources en eau*),
- **Équipements pour l'eau et l'environnement** (anc. séries *Hydraulique agricole, Gestion des services publics*),
- **Gestion des territoires** (anc. séries *Forêt, Montagne, Production et économie agricoles*),
- **Équipements agricoles et alimentaires** (anc. série *Équipement des IAA*).

### Série Gestion des territoires

N°11 - Typologie du massif de Sainte Victoire, 1994, 280 pages - 245 F

Études déjà parues :

#### □ *Forêt* (anc. série)

N°1 - Annales 1988, 1989, 126 pages - 150 F

N°2 - Le Massif Central cristallin. Analyse du milieu - Choix des essences, 1989, 104 pages - 150 F

N°3 - Les stations forestières du pays d'Othe, 1990, 174 pages - 150 F

N°4 - Culture d'arbres à bois précieux en prairies pâturées en moyenne montagne humide, 1990, 120 pages - 150 F

N°5 - Annales 1989, 1991, 196 pages - 150 F

N°6 - Annales 1990, 1991, 268 pages - 200 F

N°7 - Les stations forestières du plateau nivernais, 1991, 164 pages - 150 F

N°8 - Les types de stations forestières du Lannemezan, Gers et Moyen Adour, 1992, 436 pages - 250 F

N°9 - Annales 1991, 1992, 190 pages - 200 F

N°10 - Annales 1992, 1993, 232 pages - 200 F

#### □ *Montagne* (anc. série)

N°1 - Éléments d'hydraulique torrentielle, 1991, 280 pages - 300 F

N°2 - Aspects socio-économiques de la gestion des risques naturels, 1992, 152 pages - 150 F

N°3 - Éléments de pastoralisme montagnard - Tome 1 : Végétation, équipements, 1992, 168 pages - 200 F

N°4 - Le développement touristique local - Les stations de sport d'hiver, 1993, 340 pages - 350 F

N°5 - Rhéologie des boues et laves torrentielles - Étude de dispersions et suspensions concentrées, 1993, 416 pages - 400 F

#### □ *Production et économie agricoles* (anc. série)

N°1 - GEDE Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole, 1992, 206 pages - 200 F

N°2 - AGREGEDE : méthode de simulation de la production agricole d'une région - Application en Ardèche, 1992, 232 pages - 250 F

N°3 - Vers des solutions pour des bâtiments d'élevage adaptés à des exploitations "moyennes" du Massif Central, 1993, 128 pages - 150 F

N°4 - Développement d'un outil d'aide à la décision en matière de défrichement à vocation agricole, 1993, 168 pages - 150 F

N°5 - Diagnostics à l'échelle de petites régions rurales. Démarches, méthodes et sources d'informations, 1993, 200 pages - 200 F

A commander au CEMAGREF - DICOVA,

BP 22, 92162 ANTONY Cedex - Tél. : (1) 40 96 61 32 - Télécopie : (1) 40 96 61 64  
joindre votre paiement à la commande

Le CEMAGREF est un établissement public de recherche sous la tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et du ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

Ses équipes conçoivent des méthodes et des outils pour l'action publique en faveur de l'agriculture et de l'environnement. Leur maîtrise des sciences et techniques de l'ingénieur contribue à la mutation des activités liées à l'agriculture, à l'agro-alimentaire et à l'environnement.

La recherche du CEMAGREF concerne les **eaux continentales**, ainsi que les **milieux terrestres et l'agriculture**.

Elle permet d'élaborer des méthodes et des outils de **gestion intégrée** des milieux, de conception et d'exploitation d'**équipements**.

Les équipes qui rassemblent un millier de personnes réparties sur le territoire national, sont organisées en **quatre départements scientifiques** :

- **Gestion des milieux aquatiques**
  - **Équipements pour l'eau et l'environnement**
  - **Gestion des territoires**
  - **Équipements agricoles et alimentaires**
- 

En ce qui concerne le département *Gestion des territoires*, les recherches s'orientent vers :

- l'aide à la gestion de milieux naturels, d'espaces et de paysages, à partir de la connaissance et de la compréhension de la dynamique d'écosystèmes forestiers ou agricoles, entretenus ou dégradés ;
- l'aide à la décision des gestionnaires de systèmes d'exploitation agricole ou de production forestière ;
- l'aide au développement régional et à l'aménagement du territoire, à partir de l'étude des logiques d'acteurs et des dynamiques territoriales, du suivi des changements et de l'évaluation des politiques publiques.



## SOMMAIRE

**Introduction** ..... 8 - 9

**Les activités forestières en 1993** ..... 11 - 37

Faits marquants de chaque programme pour l'année	
Agroforesterie	17
Amélioration génétique des arbres forestiers	18-19
Création et conduite de peuplements	20-21
Ecologie et paysage en forêt de montagne	22-23
Mécanisation forestière	24-25
Méthode d'élevage du matériel végétal forestier	26-27
Potentialités des écosystèmes forestiers	28
Protection des forêts contre l'incendie	29-30
Protection phytosanitaire	31-32
Relations forêt-gibier	33-34
Forêt de montagne	35-37

**Publications de l'année 1993** ..... 39 - 77

Agroforesterie	41-42
Amélioration génétique des arbres forestiers	43-47
Création et conduite de peuplements	48-49
Ecologie et paysage en forêt de montagne	50-53
Mécanisation forestière	54-56
Potentialités des écosystèmes forestiers	57-66
Protection des forêts contre l'incendie	67-68
Relations forêt-gibier	69-72
Forêt de montagne	73-77

**Notes d'informations techniques** ..... 79 - 188

**Baldet P.** : "CEMAG", une nouvelle repiqueuse pour plants forestiers

**Verger S.** : Production d'une variété multiclonale d'épicéa commun

**Bonicelli B.** : L'exploitation forestière en France : une interaction main d'oeuvre/mécanisation

**Guitton J.L., Ginisty C.** : Plantations à grands espacements

**Abgrall J.F., Juvy B.** : Incidence de la température sur le développement du Typographe, *Ips Typographus* L. (Coléoptère, Scolytidae) en zones montagneuses

**Cazaux J.P., Chevalier R., Gilbert J.M., Ginisty C.** : Le mélèze hybride en plantation : résultats provisoires sur 17 sites en France

**Terrasson D., Valadon A.** : Marché unique et commercialisation des variétés de peupliers. Réglementation et conseils d'utilisation

**Boisseau B.** : Ecologie du pin pignon

**Notes et analyses ..... 189 - 264**

**Malphettes C.B., Saintonge F.X.** : Surveillance des populations de tordeuse verte en chênaies de production : premiers résultats 191-211

**Valadon A., Picorit C., Terrasson D.**: Conséquences de la densité de plantation en populiculture : observations sur le cultivar 'I-214' à Prayssas 213-232

**Guibert B., Ballon P., Denis M.** : Analyses floristiques et inventaires de gagnages en forêt domaniale de Tronçais (Allier, France) 233-252

**Soutrenon A., Juvy B.** : La lutte chimique contre l'oïdium du chêne en jeune plantation : définition de l'époque et du nombre de traitements fongicides (Forêt communale d'Auxonne - 1993) 253-264

**Abstracts..... 265 - 278**

**Bonicelli B.** : Forestry exploitation in France : an interaction manpower/mechanization 267

<b>Baldet P.</b> : "CEMAG", a new transplanting machine for forest nurseries	268
<b>Verger S.</b> : Production of a clonal variety of Norway spruce	269
<b>Guillon J.L., Ginisty C.</b> : Largely spaced plantations	270
<b>Abgrall J.F., Juvy B.</b> : Incidence of temperature on the development of the great spruce beetle <i>ips typographus</i> (Col., Scol.) in mountain spruce stands	271
<b>Cazaux J.P., Chevalier R., Gilbert J.M., Ginisty C.</b> : Le The hybridis larch in plantation : provisional results on 17 sites in France	272
<b>Terrasson D., Valadon A.</b> : Recent evolution on trade of poplar varieties legislative aspects and advice for use	273
<b>Boisseau B.</b> : Ecology of stone pine	274
<b>Soutrenon A., Juvy B.</b> : Chemical struggling against the oak oïdium on young plantation : defening of the right time in year and of the number of chemical treatments	275
<b>Guibert B., Ballon P., Denis M.</b> : Flower analysis and game eating inventory in the domanial forest of Tronçais (Allier, France)	276
<b>Valadon A., Picorit C., Terrasson D.</b> : Effect of spacing in poplar plantations : one example with populus X Euramericana cv. 'I-214' in south-West of France	277
<b>Malphettes C.B., Saintonge F.X.</b> : Monitoring of oak green tortrix populations within the productive oak forests : first results	278

## ENGLISH FOREWORD

The CEMAGREF is a French Institute for Agricultural and Environmental Engineering Research. It is divided in eight scientific departments according to the main specific activities in the former fields. One of them is Forestry.

The Departement of Forestry groups teams dealing with sylviculture, forest ecology, agroforestry, genetic improvement, mediterranean forests and others. Mechanisation and road building in Forest depend on an other department : Agricultural Mechanisation.

This sixth yearbook issued by the Department of Forestry aims at valorising the works of all its teams. It is divided in five parts :

1. Presentation of the main activities.
2. Picking up references of publications issued by the teams in the running year.
3. Gathering and letting know forest publications of "Informations Techniques du CEMAGREF".
4. Emphasizing some peculiar research subjects of the running year in new papers.
5. English abstracts of these new papers.

## INTRODUCTION

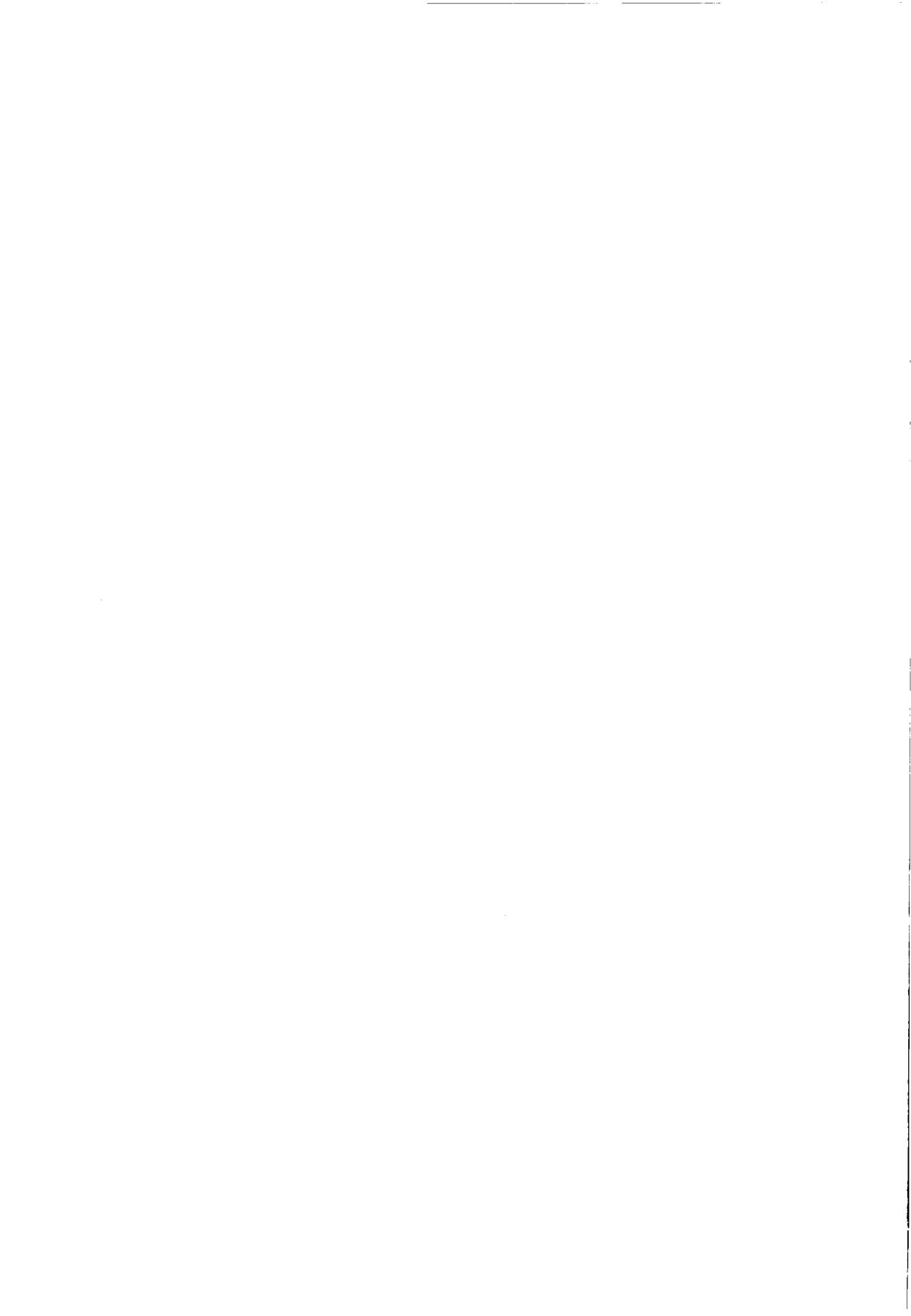
Le Département "Forêt" du CEMAGREF regroupe la plupart des équipes concernées par la recherche sur la filière forêt-bois, à l'exception toutefois de celles concernant le machinisme et les routes qui relèvent du département Machinisme Agricole, et de certaines actions dépendant du département Montagnes.

Le département valorise les résultats de ses recherches sous des formes très diverses, l'appui technique, les revues, les publications.

Cette sixième version des annales du département Forêts a pour objectif de :

- présenter les activités du département
- rassembler les références des publications de l'année 1992
- grouper et faire connaître les "informations techniques" forestières de l'année
- offrir quelques articles originaux traitant de points précis, d'essais représentatifs des principaux programmes.

Pour répondre à une exigence d'ouverture internationale, les articles sont résumés en anglais dans le dernier chapitre.



# **1. Les activités forestières en 1993**

## Les implantations des divisions impliquées dans la recherche forestière au CEMAGREF

### NOGENT-SUR-VERNISSON

**Division Amélioration génétique  
et pépinières forestières**

Michel Cazet

**Division Espaces naturels  
et faune sauvage**

Jean-Claude Chartron

**Division Techniques forestières**

Jean-Pierre Cazaux

Claude-Bernard Malphettes\*

Domaine des Barres  
45290 Nogent-sur-Vernisson  
Tél. : 38 97 60 59  
Télécopie : 38 97 73 36

\* INRA, Ardon  
45160 Olivet  
Tél. : 38 41 78 00  
Télécopie : 38 41 78 79

### GRENOBLE

**Division Protection  
phytosanitaire de la forêt**

Jean-François Abgrall

**Division Protection contre  
les érosions**

Jean-Pierre Feuvrier

**Division Environnement naturel  
et paysage**

Bernard Fischesser

Domaine Universitaire  
BP 76, 38402 Saint-Martin d'Hères  
Tél. : 76 76 27 27  
Télécopie : 76 51 38 03

### CLERMONT-FERRAND - RIOM

**Division Techniques forestières  
(moyenne montagne)**

Jean-Luc Guitton

Domaine de Lалуas

63200 Riom

Tél. : 73 38 20 52

Télécopie : 73 38 76 41

### MONTPELLIER

**Division Génie des équipements  
agricoles et alimentaires  
(mécanisation forestière)**

Francis Sévila

**Laboratoire commun de  
télé-détection**

Gilles Lechapt

361, rue J.-F. Breton, BP 5095  
34033 Montpellier Cedex 1  
Tél. : 67 04 63 00  
Télécopie : 67 63 57 95

### AIX-EN-PROVENCE

**Division Forêt méditerranéenne**

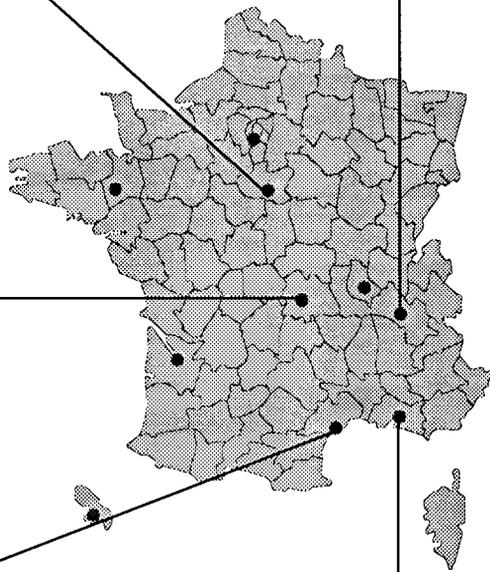
Patrice Juillet de Saint Lager

Le Tholonet, BP 31,

13612 Aix-en-Provence Cedex 1

Tél. : 42 66 99 10

Télécopie : 42 66 88 65



L'an dernier, nous avons fait appel à vous pour connaître votre opinion sur les annales. Il est normal que nous commencions ce nouveau numéro en vous remerciant de vos réponses et en vous rapportant le message que vous avez exprimé.

La parole est ensuite donné à Daniel TERRASSON chef du nouveau département Gestion des Territoires pour vous expliquer l'intérêt et l'objectif de cette restructuration du CEMAGREF.

Enfin la parole revient aux animateurs des huit programmes du département "Forêts" ainsi qu'à ceux des programmes Forêts de montagne, Ecologie et paysage en forêt de montagne et Mécanisation forestière qui en quelques lignes vous indiquent les faits marquants de l'année écoulée.

Puissent ces quelques pages vous permettre de mieux comprendre la réalité du département "Forêts" et éventuellement vous amener à prendre contact si vous vous sentez concernés.

## **A propos de l'enquête de lecture des annales de septembre 1993**

Vous êtes 64 à avoir répondu au questionnaire que nous avons joint à l'envoi des Annales 1992 soit un taux de réponse moyen de 12 % si on se rapporte aux 518 organismes (1 100 envois), bien répartis entre les différents destinataires.

Vous approuvez les objectifs liés à cette publication

- mieux connaître l'activité forêt du CEMAGREF (59 oui) à travers
  - \* les faits marquants du programme (40)
  - \* la liste des publications de l'année (38)
  - \* les notes d'information technique (48)
  - \* les notes et analyses (42)
  - \* les résumés anglais (25)

Vous utilisez les informations diffusées dans les annales  
plutôt sur la plan technique (32)  
plutôt sur le plan scientifique (21)

36 d'entre vous ont été conduits à lire des publications à partir des résumés et à prendre contact avec un des ses rédacteurs

La moyenne de lecture est de 2 à 3 articles par numéro et la préférence va pour les résultats techniques (44) ou de synthèse (39). Vous voulez d'ailleurs plus d'articles techniques (40).

Vous plébiscitez la qualité actuelle pour le niveau d'explication (58 oui), la présentation des résultats (49) les définitions (42).

Vous demandez de développer davantage l'approche économique (38), sans augmenter la taille des articles souhaitée de moins de 10 pages.

Enfin, les annales ne restent pas dans un placard. En majorité, elles vont en bibliothèque (51) et circulent (44) ce qui permet sans aucun doute d'en accroître l'intérêt.

Merci de vos réponses et de vos suggestions qui nous confortent dans notre travail.

## Le mot du chef de Département

Après 6 années consécutives, l'édition 1993 est la dernière année de parution des "Annales du Département Forêt" dans la mesure où le Département Forêt a été supprimé au début de l'année 1994.

En effet, dans le cadre des décisions prises pour le plan stratégique 1994-1997 du CEMAGREF, les anciens départements Forêt, Montagne, Production et économie agricoles, ainsi que le laboratoire commun de télédétection CEMAGREF-ENGREF ont été fusionnés pour constituer le département "Gestion des Territoires".

La **finalité** du département "Gestion des Territoires" est, par l'acquisition et l'assemblage de connaissances, de construire des outils et méthodes, et de proposer une expertise publique, en appui à la gestion et au développement durable des territoires, sous le double angle des milieux naturels et des activités humaines.

Cette finalité peut se traduire sous la forme de trois grandes orientations de recherche :

- construire et fournir des outils et méthodes d'aide à la **gestion de milieux** naturels, d'espaces et de paysages, à partir de la connaissance et de la compréhension de la **dynamique d'écosystèmes** forestiers ou agricoles, entretenus ou dégradés ;
- proposer des outils d'aide à la décision des gestionnaires de **systèmes d'exploitation agricole ou de production forestière** à partir de l'analyse de leur fonctionnement et en approfondissant notamment les liaisons entre l'agriculture et les forêts ;
- élaborer des méthodes d'aide au **développement régional** et à l'aménagement du territoire, à partir de l'étude des **logiques d'acteurs** et des dynamiques territoriales, du suivi des changements et de l'évaluation des politiques publiques.

Il n'est donc pas question pour le CEMAGREF d'abandonner la recherche forestière mais plutôt de :

- rendre plus cohérente la programmation des travaux entrepris par les anciens départements Forêt, Montagne et le laboratoire commun de télédétection, que ce soit à travers une approche technique forestière pure, ou gestion des milieux peu anthropisés ;
- approfondir les relations entre l'agriculture et de la forêt dans la gestion de l'espace rural et le fonctionnement des exploitations agricoles ;
- replacer la forêt dans le contexte du système territorial.

Aucun des programmes en cours sur la thématique forestière n'est donc remis en cause, même si la pondération des activités est nécessairement appelée à changer en fonction de l'évolution de la demande sociale. Le département "Gestion des Territoires" bénéficie par ailleurs d'un renforcement de ses effectifs qui sera pour l'essentiel consacré aux programmes de recherche sur la dynamique des systèmes territoriaux.

Si les "Annales du département Forêt" du CEMAGREF sont mortes avec ce numéro, c'est donc pour préfigurer en 1994 les Annales forestières du département "Gestion des Territoires".

Je ne voudrais pas terminer cette introduction sans souligner le rôle déterminant de J.F. LACAZE qui a animé le département Forêt du CEMAGREF pendant près de 8 ans, et qui a notamment su lui donner sa cohérence et sa place au sein des Instituts européens de recherche forestière. C'est notamment lui qui avait suggéré l'idée de lancer ces Annales dont l'enquête réalisée l'année dernière auprès des lecteurs montre tout l'intérêt.

Le chef du département  
Gestion des territoires

D. TERRASSON

## **PROGRAMME AGROFORESTERIE**

Le démarrage effectif du programme européen "Utilisation alternative des terres agricoles par des plantations d'arbres à croissance rapide" a marqué le programme agroforesterie en 1993.

Les réunions avec les partenaires européens (grecs, portugais, italiens, hollandais, britanniques et français) sont des occasions de synthèse des résultats de l'équipe et d'échange sur les méthodes de travail. Les rencontres d'Avignon, Belfast et de Bordeaux ont permis de connaître les travaux de chacun et de démarrer un projet véritablement collectif.

Les fonds obtenus ont permis le recrutement d'un agent technique pour mieux suivre les essais de plantation en prairie pâturée, notamment la formation de la bille de pied par la taille et les élagages. La grille de notation des défauts de la tige a été très discutée avec les collègues français et britanniques on vise à suivre l'évolution dans le temps de ce qui est considéré aujourd'hui comme un défaut.

Le travail de thèse sur la caractérisation quantitative et qualitative de l'éclairement sous couvert feuillu s'est d'abord traduit par la fabrication d'un chariot de mesures de l'éclairement au sol sous des merisiers pour valider un modèle d'interception de la lumière.

L'étude de la compétition arbre-herbe est également réalisée sous résineux par les essais d'ouverture au pâturage. Les sites de Besse (13,5 ha) et Chateauneuf la Forêt (11,5 ha) fournissent les premières données de production d'herbe sous couvert.

Enfin, on poursuit l'installation de nouvelles plantations expérimentales chez les privés, propriétaires fonciers, éleveurs ou non, de façon à accroître la base expérimentale tant sur le plan des structures géographiques et climatiques que sur le plan des types d'élevage à raison d'une vingtaine d'hectares chaque année.

# **PROGRAMME AMELIORATION GENETIQUE DES ARBRES FORESTIERS**

## **Classement des peuplements porte-graines et réglementation :**

-L'activité classement des peuplements porte-graines a été concentrée, en 1993, sur la valorisation des acquis avec la publication de 2 articles spécifiques (sur les chênes et le pin sylvestre) et d'un article plus général sur l'emploi des matériels forestiers sélectionnés.

- l'appui réglementaire s'est traduit par un engagement fort de la division, notamment au plan international avec la participation à des groupes d'experts pour la refonte des textes réglementaires de la CEE et de l'OCDE et l'organisation pour le compte de la CEE (DG VI), d'un séminaire relatif aux implications de l'amélioration génétique sur la réglementation et les programmes de recherche.

## **Vergers à graines**

A la demande de la DERF, un bilan complet de l'opération Vergers à graines a été engagé. Ce bilan technico-économique a été complété par des prévisions du coût des graines améliorées en fonction des divers scénarios de gestions.

Deux vergers de mélèze pour hybridation -mélèze du Japon, pour la production de pollen et mélèze hybride F1- ont été mis en place aux Barres.

## **Floraison-Fructification**

Sur Douglas, les traitements d'induction florale (annélation + injection de gibberelline) se sont traduites par une production jamais atteinte dans le verger de Lavercaillère et la première production commerciale du verger de la Tronquière et cela malgré un "effet année" très défavorable.

Le sécheur à pollen dont la mise au point est désormais acquise, a été produit en 3 exemplaires.

Une coopération a été initiée entre le CEMAGREF et le Ministère des Forêts québécois pour préciser la fiabilité de plusieurs tests de viabilité du pollen et mettre au point une technique de pollinisation sous serres.

## **Evaluation des variétés améliorées**

Deux nouveaux tests de valeurs de graines de pin maritime ont été installés dans les Landes, l'un sur Lande sèche, l'autre sur Lande mésophile.

Une coopération internationale avec 5 pays européens a été mise en place pour une évaluation multisite des principales variétés commerciales de mélèze hybride.

## **Conservation des ressources génétiques**

La conservation des ormes indigènes s'est poursuivie par la mobilisation de 80 clones nouveaux originaires de Picardie, Nord Pas de Calais et Franche Comté et l'étude de la diversité génétique des ormes en collaboration avec l'Université Paris XI.

La sélection définitive d'une quarantaine de peuplements constitue l'amorce d'un réseau de conservation in situ du hêtre et du sapin pectiné.

Des solutions originales ont été proposées pour la conservation pseudo-in situ du merisier.

## **Populiculture**

Cinq dispositifs, portant sur 1600 clones, ont été mis en place pour évaluer la reprise et la croissance en pépinière du nouveau matériel végétal.

L'évaluation de 3 clones hollandais et 3 sélections d'euraméricain italien a été étendue à 10 nouveaux sites.

"Les conséquences du marché unique sur la gamme de peupliers proposés aux reboiseurs..." ont fait l'objet d'un article assorti de conseils d'utilisation, largement diffusé dans la filière populicole.

Poursuite des travaux sur l'impact de la populiculture sur le paysage dans le cadre de deux études régionales : les basses vallées angevines, et la vallée de l'antenne (Charente).

## PROGRAMME CREATION ET CONDUITE DES PEUPELEMENTS FORESTIERS

**L'évaluation** du programme "Création et Conduite des Peuplements Forestiers" a eu lieu le 17 novembre 1993.

Les principales **conclusions** du Comité d'évaluation et recommandations de la Commission Spécialisée ont été les suivantes :

- **Poursuivre la veille du Répertoire** National des Essais et Références en Forêt si cela est souhaité (et financé) par les divers partenaires concernés.
- **Participer activement** au lancement et à l'animation de la **Coopérative de données** en vue de la modélisation de la croissance des peuplements forestiers.
- **Poursuivre les expérimentations** sur la **conduite** des peuplements dans leur **jeune** âge.
- Faire le **bilan** des actions engagées dans le **boisement des terres agricoles** et réfléchir, **en interface** avec le programme Agroforesterie (voire d'autres programmes non forestiers) sur **l'avenir** de cette action avant de relancer des expérimentations ou essais.
- Maintenir le secteur "**expert**" reconnu et apprécié de l'utilisation raisonnée des **produits chimiques** pour la **maîtrise de la végétation concurrente**, en particulier aux stades juvéniles.. Il doit être **maintenu, renforcé** dans ses liaisons partenariales avec l'industrie agropharmaceutique mais aussi celui de la Recherche dans le domaine écotoxicologique.
- Préciser la place du CEMAGREF dans ses relations avec la **Direction Générale de l'Alimentation** (élargies aux domaines phytosanitaires) et dans les procédures **d'homologation** des produits de traitements.
- Préciser la nature du travail à conduire sur cette thématique en région méditerranéenne.

La poursuite des actions engagées les années précédentes a, en 1993, été marquée par :

- la confirmation des **actions partenariales européennes** (AIR, COMPOSTELA::); une part importante des dispositifs "Feuillus précieux avec ou sans accompagnement" bénéficie de l'aide COMPOSTELA FORET via ARBOCENTRE.

- le travail, mené à Nogent/Vernisson, d'analyse des friches du Boischaud-Nord Orléanais dans le cadre de l'étude du boisement de terres agricoles
- des actions de **formation continue** pour les techniciens de **DDAF** et de **l'ONF** sur les thèmes de boisement de terres agricoles, des plantations à grands espacements.
- l'étude de scénarios de **ylviculture intensive** : des dispositifs sur **chêne** et **pin Laricio** ont apporté des enseignements sur l'évolution des houppiers et des gourmands ainsi que des végétations de sous-bois qui s'installent après fortes interventions
- un important **appui technique** auprès des **services extérieurs** du **MAP** et **l'ONF** pour l'emploi des **phytocides**.

Le travail de la division Forêt méditerranéenne sur **l'état** des **reboisements** en zone **méditerranéenne** a montré la grande **difficulté** à établir des **diagnostics** précis, compte-tenu d'une part des fortes **contraintes** spécifiques des zones étudiées (collines méditerranéennes) et d'autre part du **manque** important **d'information** dans les dossiers sur les **aspects stationnels** et **travaux préparatoires** des sols.

Les demandes de recherche et d'appui technique sur le thème du paysage rural et forestier en provenance de la forêt privée se sont fortement intensifiées en 1993. La DERF a sollicité une réflexion préalable à la mise en place d'un réseau d'experts paysagers auprès des services extérieurs du MAP ; les propositions correspondantes sont en cours d'examen.

Les actions de sensibilisation des personnels de l'ONF ont légèrement régressé (en nombre) par rapport à 1992, au profit de formations de perfectionnement et d'actions méthodologiques (fiches synthétiques d'études ponctuelles destinées à illustrer un complément au manuel d'aménagement ONF).

Les activités d'enseignement ont été poursuivies, voire intensifiées en ce qui concerne l'ENGREF et la FIF.

Le travail de DEA de Sylvie FLOCH sur le thème de la place du peuplier dans le paysage se prolongera par une thèse.

Les activités au profit d'EDF ont été suspendues.

Par suite du départ de P. BREMAN à l'ONF fin octobre 1993 l'activité paysage se trouve momentanément suspendue.

## **PROGRAMME ECOLOGIE ET PAYSAGE EN FORET DE MONTAGNE**

La division "Environnement Naturel et Paysage" du groupement de Grenoble poursuit depuis plusieurs années des recherches sur les forêts de montagne, avec une double approche :

- approche écologique : l'écosystème forestier et sa dynamique,
- approche paysagère : forêt cadre de vie.

**Ecologie Spatiale et Fonctionnelle** : les travaux se placent à différentes échelles d'organisation et de perception, de la station jusqu'au bassin versant et s'intéressent à différents niveaux hiérarchiques de la biodiversité, depuis les espèces jusqu'aux écosystèmes interactifs dans les paysages.

L'année 1993 a vu l'achèvement de 2 programmes de recherches financés par le Ministère de l'Environnement :

- l'humus et la dynamique des forêts de montagne (Comité EGPN, DRAEI),
- les relations faune/paysage : le cas du chevreuil en Maurienne (DNP).

Deux autres programmes se poursuivent avec le soutien du Ministère de la Recherche et la région Rhône-Alpes :

- Biologie et valorisation des feuillus précieux
- Evolution des limites supraforestières et leur évolution en moyenne Maurienne.

D'autres opérations ont été engagées :

- Ecologie des paysages bocagers de montagne (exemple du Champsaur)
- Cartographie de la dynamique des boisements dans le Parc Naturel du Haut Jura,
- Suivi de la dynamique des ligneux dans les zones article 19 de la Lozère,
- Dynamique des humus dans les forêts semi-naturelles (en relation avec la division Protection contre les érosions du CEMAGREF Grenoble).

**Paysagisme d'Aménagement** : des prennent en considération la forêt comme cadre de vie. En effet, les zones à relief accentué, de par leurs

caractéristiques physiques et les contraintes qui y sont liées sont particulièrement sensibles aux aspects paysagers.

L'activité s'oriente aussi bien vers la forêt publique (et plus spécifiquement en direction de son gestionnaire : l'ONF) que vers la forêt privée (C.R.P.F.) et comporte plusieurs volets :

- Formation des personnels techniques (O.N.F. et C.R.P.F.) à la prise en compte du paysage dans les actions forestières, Appuis techniques pour aider à l'intégration paysagère des travaux forestiers
- Création de fiches techniques "cas exemplaires de traitement paysager" :
  - reboisement de terres agricoles
  - régénération par coupe rase
  - création de route forestière
- Participation aux groupe de réflexion "Forêt et Paysage" et réserves biologiques intégrales de l'O.N.F.

Ces opérations seront prolongées en 1994 en développant plus spécifiquement certaines orientations et certaines collaborations :

- Association avec l'Université de Grenoble au réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers,
- Partenariat Technique avec l'O.N.F. Rhône-Alpes sur la valorisation des boisements spontanés feuillus dans les territoires abandonnés par l'agriculture,
- Gestion multi-fonctionnelle des forêts avec en particulier la prise en compte des valeurs écologiques et paysagères comme composantes à part entière des aménagements forestiers,
- Mise en place de nouveaux modes de gestion forestière intégrant la préservation du paysage et permettant de chiffrer le "surcoût paysager",
- Développement de l'outil informatique comme système d'aide à la décision des gestionnaires (simulations des impacts paysagers).

En complément des travaux conduits sur la forêt de montagne à Grenoble, il faut noter que les relations entre forêt et paysage sont également étudiées à Nogent sur Vernisson pour ce qui concerne la forêt de plaine.

## **PROGRAMME MECANISATION ET ROBOTISATION DES TRAVAUX FORESTIERS**

L'objectif principal est de préparer le développement des cultures forestières de demain, à moyen et long termes, et de mettre au point des techniques nouvelles d'entretien de la nature. Les travaux du CEMAGREF sont élaborés et réalisés en étroite collaboration avec l'ARMEF. Dans ce cadre, en 1993, cinq actions principales ont été menées au sein de la Division Génie des Equipements de Montpellier

### **Appui technique à la conception des machines**

Calcul dynamique sur les logiciels MECHANICA et MATLAB, optimisation et définition cinématique des mécanismes sur le logiciel CATIA, optimisation et dimensionnement des composants sur le logiciel CAEDS.

### **Dispositifs d'assistance à la conduite des machines de récolte**

Après une étude des techniques de modélisation, la recherche a consisté en une étude structurelle (réseau hydraulique, électrique et informatique, commande décentralisée) destinée à diminuer les coûts et la maintenance tout en favorisant la simplicité de développement et le caractère évolutif de l'ensemble (particulièrement au niveau des logiciels qui sont programmés en langage objets).

### **Mécanisation de l'élagage**

L'observation des techniques manuelles d'élagage a permis l'élaboration d'un cahier des charges de l'élagage puis l'étude des solutions mécanisées de substitution. Deux solutions ont été choisies (élagage léger et élagage lourd) et font l'objet de réalisations prototypes.

### **Récolte à des fins énergétiques des taillis à très courte rotation**

A partir du savoir faire de la Division en matière de récolte de la biomasse, une tête de récolte adaptable sur une ensileuse a été conçue, développée et testée en conditions réelles. Cette tête de récolte permet de couper les tiges à leur base puis de les hâcher.

## **Travaux de recherche génériques**

Afin de mieux comprendre et optimiser le fonctionnement hydraulique des machines, une étude fondamentale sur de nouveaux modes de commande économes en énergie a été menée dans le cadre d'une thèse d'automatique qui s'est achevée en 1993. La technique de modélisation utilisée est basée sur une représentation Bond Graph.

## **PROGRAMME METHODE D'ELEVAGE DU MATERIEL VEGETAL FORESTIER**

### **Techniques de production des plants (en zone tempérée)**

Dans la continuité des études menées en 1992 sur les déformations racinaires, des normes de qualité ont été définies avec la DERF pour le pin Laricio en godet.

A partir de nombreux essais qui avaient été mis en place à GUEMENE PENFAO et d'une enquête menée auprès de pépiniéristes, une étude technico-économique a été réalisée dans le cadre d'un stage ENITHP, pour définir la densité optimale des semis de chêne.

### **Multiplication végétative**

Une synthèse des travaux réalisés sur les techniques de production d'une variété multiclonale d'Épicéa commun a donné lieu à un article conjoint CEMAGREF-INRA.

Des expérimentations mises en place dans le cadre du contrat Européen AIR sur "les conifères du Nord" visent à tester diverses méthodes pour réjuveniliser les pieds-mères d'Épicéa.

Les travaux conduits sur la multiplication végétative du merisier par bouturage horticole ont donné lieu à un article définissant divers itinéraires techniques possibles. La pépinière de GUEMENE PENFAO maîtrise désormais parfaitement cette technique appliquée en routine au merisier et à l'orme.

La mise au point des techniques de multiplications végétatives en vrac du Douglas et du mélèze s'est intensifiée en 1993 notamment en ce qui concerne les conditions d'élevage de plants mères et les conditions de repiquage de boutures racinées.

Des essais préliminaires encourageants ont été menés sur la multiplication végétative en vrac du chêne, susceptible de constituer un palliatif à l'irrégularité des fructifications.

## **Mycorhization contrôlée - Nutrition**

Des expérimentations sont poursuivies sur des semis de Douglas et des boutures d'épicéa, en pépinière et en jeune plantation pour préciser l'itinéraire technique le plus approprié pour mycorhizer les plants avec la souche S238 de *Laccaria laccata*.

De nouveaux essais portant notamment sur la réduction des intrants en pépinière (eau, engrais...) et sur la réceptivité individuelle (effet clonal) ont été mis en place dans le cadre d'un nouveau contrat européen intitulé "amélioration des performances de croissance des arbres forestiers et fruitiers par inoculation fongique et bactérienne de boutures".

En zone méditerranéenne, face à l'irrégularité des taux de mycorhization, les conditions optimales pour l'établissement de la symbiose sont en cours de redéfinition.

Le suivi de boisements expérimentaux a permis de mettre en évidence un effet positif sur la croissance de l'inoculation du Cèdre de l'Atlas par *Tuber albidum* et de la mycorhization par diverses souches sur la croissance du pin pignon en Petite Camargue.

Des calendriers de fertilisation en pépinière ont enfin été mis au point pour le pin Laricio de Corse et de Calabre produits et plantés en région méditerranéenne.

## **PROGRAMME POTENTIALITES DES ECOSYSTEMES FORESTIERS**

Les activités se sont poursuivies dans les domaines qui sont les points forts du programme, ainsi que dans les directions nouvelles prises en 1992

- les typologies de stations forestières et la mise au point de méthodologies adaptées aux spécificités régionales s'achèvent avec quelques études en cours dans le Massif Central et en région méditerranéenne. Elles sont l'occasion de réflexions préparant des synthèses ou des études du milieu à l'échelle régionale. Celles-ci ont démarré pour le Bassin Parisien et le Massif Central. Plusieurs équipes ont aussi commencé à travailler sur la typologie des milieux ouverts.
- l'étude de l'autécologie des essences résineuses se poursuit avec le pin Laricio de Corse en pays de Loire et région Centre et l'achèvement de l'étude du cèdre en Provence.
- les relations entre le milieu, la croissance et la qualité du bois des chênes indigènes sont étudiées au travers de deux thèses en partenariat avec le centre INRA de Nancy.

Le fait marquant de l'année est l'organisation par l'équipe de Riom du Colloque de la section IUFRO (Union Internationale des Organisations de Recherches Forestières) "Site classification and évaluation" (classification et évaluation des stations forestières) qui a rassemblé à Clermont-Ferrand du 19 au 22 octobre une centaine de chercheurs et forestiers de 15 pays. Cette réunion cofinancée par le programme européen COMETT, présidée par les animateurs de cette section W. Kilian, A. Franc était centrée sur :

- les relations stations forestières, sols, paysages
- l'écologie forestière et les dynamiques de végétation
- l'étude des humus et leur classification
- les relations station-production et qualité du bois.

Les actes du colloque seront publiés par les annales des sciences forestières.

Les chercheurs du CEMAGREF ont largement participé aux exposés et débats sur l'analyse du milieu et ses relations avec la croissance, la qualité du bois, la sylviculture et la gestion forestière.

## **PROGRAMME PROTECTION DES FORETS CONTRE L'INCENDIE**

Pour participer activement à la protection des forêts contre l'incendie (PFCI), la Division Forêt Méditerranéenne du CEMAGREF d'Aix en Provence conduit deux opérations de recherche-développement avec comme objectif de créer des outils pratiques directement utilisables par les services chargés de la forêt et de l'aménagement du territoire.

### **1) Evaluation du niveau de risque des zones sensibles aux incendies de forêts.**

Elle repose sur l'analyse des facteurs du milieu naturel et humain. Elle doit aboutir à la cartographie des zones sensibles à l'incendie, document d'aide à la décision surtout utile aux services chargés de l'aménagement du territoire et de la protection de la forêt.

Elle implique trois sous-études spécialisées :

- une étude d'aérologie en coopération avec les services de la Météo Nationale
- une cartographie du combustible en liaison avec la Faculté St Jérôme de Marseille
- une cartographie de la variabilité spatiale de l'état hydrique de la végétation . Cette dernière opération est menée en partenariat avec le laboratoire commun ENGREF/CEMAGREF de Télédétection. Elle fait appel aux techniques de Télédétection en Infra Rouge Thermique et radar.

Les résultats attendus seront intégrés comme plans thématiques dans un SIG Arc-Info. Chaque carte thématique sera une source d'information élémentaire pour aboutir sous le logiciel Arc-Info à la carte finale de zones sensibles.

### **2) l'étude des caractéristiques techniques et des modes de mises en valeur des grandes coupures stratégiques.**

Depuis plusieurs années, dans certains départements méditerranéens, les services chargés de la protection de la forêt ont mis en place un réseau de coupures ayant pour but de rompre la continuité des massifs forestiers, causes du développement des grands incendies non maîtrisables. Elles

font le plus souvent l'objet d'une mise en valeur agricole ou pastorale destinée à assurer leur efficacité et leur pérennité.

A partir de l'analyse des caractéristiques techniques et des modes de mise en valeur des grandes coupures existant dans les 15 départements méditerranéens, la division réalisera une note technique fournissant les clauses d'établissement et d'entretien des grandes coupures stratégiques prescrites par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

## **PROGRAMME PROTECTION PHYTOSANITAIRE DE LA FORET**

### **Dépérissement des forêts**

L'enquête dite "réseau bleu" menée au niveau national par la DERF et l'ONF se termine en 1993. Seules les actions prévues dans le cadre du réseau de l'Union Européenne en collaboration avec le Département de la Santé des Forêts, continuent. L'analyse des données a commencé pour les 3 dernières années.

### **Surveillance des ravageurs forestiers (insectes et maladies)**

L'étude des fluctuations de population des défoliateurs par piégeage se poursuit pour la cheimatobie et la tordeuse verte. les résultats montrent une augmentation de la densité de ces insectes dans le quart nord-est de la France.

Ces populations d'hylobe, à l'aide de pièges à kairomones sont déterminées en fonction de l'âge après la coupe rase, pour préciser les risques encourus par les jeunes plantations.

De même, le niveau des ravageurs est suivi dans les vergers à graines et les taillis à courte rotation. Une nouvelle étude a été engagée dans le cadre du programme "Forêts subnaturelles d'altitude" pour caractériser le niveau de présence de la flore fongique et de l'entomofaune.

### **Lutte et gestion des ravageurs forestiers**

En pathologie, une étude a été menée pour caractériser les périodes d'intervention contre l'oïdium du chêne et les risques entraînés par cet agent pathogène sur la croissance de jeunes plantations de chênes.

Dans le cadre des risques phytosanitaires liés à l'élagage, on recherche d'éventuels agents de pourriture dans le bois d'arbres élagués depuis quelques années et abattus. Un protocole d'essais d'un projet de lutte contre le Fomes a commencé à être discuté avec les partenaires INRA et DSF.

Plusieurs essais ont été pratiqués en 1993

- pour limiter l'incidence des cicadelles sur des feuillus précieux
- pour lutter contre le pissode du pin, contre le *Megastigmus* du douglas, contre le puceron du merisier en plantation
- pour protéger les grumes de pin et d'épicéa
- en vue de l'homologation d'un nouvel insecticide biologique contre le bombyx disparate. Parallèlement, on a pu déterminer des repères phénologiques de cette espèce pour décider de la meilleure date d'intervention.

## **PROGRAMME RELATIONS FORET-GIBIER**

**La prise en compte des cervidés dans l'aménagement forestier et la sylviculture constitue l'un des axes majeurs de ce programme.**

L'objectif est de permettre aux gestionnaires forestiers d'adapter, comme ils savent le faire face à d'autres contraintes naturelles, leurs méthodes et techniques à la présence de grands animaux, au lieu de chercher à limiter leurs populations.

C'est une opération drastique compte tenu des effectifs existants et de ce fait inacceptable dans notre société actuelle

La mise au point d'indicateurs floristiques révélateurs de l'état d'équilibre de l'habitat forestier et des populations a été poursuivie, en partenariat avec les acteurs classiques des milieux forestiers et cynégétiques, par le suivi de la relation faune/flore sur 3 sites expérimentaux : Dourdan (78), Montargis (45) et Prénovel (39), la réalisation et l'interprétation de 9 inventaires de gagnages (dont 8 hivernaux), et la mise en oeuvre, pour validation, de la méthode sur 18 sites de surface unitaire comprise entre 750 et 1500 hectares.

Un dispositif de suivi de l'apparition de la végétation au sol après première éclaircie a été mis en place dans des bas-perchis de chêne ; l'impact des premières éclaircies de jeunes peuplements résineux, et celui des premiers entretiens de régénérations naturelles assistées de chêne, ont fait l'objet d'un suivi attentif.

Après 4 années de réduction progressive mais importante, la part de l'appui technique consacrée à l'estimation des populations a, en raison d'une demande extrêmement pressante, considérablement augmenté : les surfaces "recensées" sont en effet passées de 45 000 ha en 1992 à 140 000 ha (répartis sur 11 départements) pour le cerf (+ 211 %), et de 35 000 ha à 48 000 ha (répartis sur 10 départements) pour le chevreuil (+ 37 %).

La recherche a néanmoins permis de mettre en évidence, pour les populations de chevreuils, l'influence du niveau de prélèvement de certaines classes d'âge de l'effectif "chevrettes" sur le taux d'accroissement pratique. Dans certains cas, il peut devenir notablement inférieur aux 35 % traditionnellement admis.

D'autre part, l'exploitation des données recueillies en 1992 en forêt domaniale de Tronçais (03) a permis de constater la convergence des différentes approches (cotation indiciaire des peuplements, indices floristiques, évaluation des dégâts) d'un diagnostic de l'état d'équilibre entre le cerf et son habitat. Cette étude établit un constat opposable aux

tiers par le gestionnaire, propose des actions, et aussi vérifie qu'il ne faut pas confondre l'offre alimentaire disponible et son utilisation réelle par le cerf.

En ce qui concerne les dégâts forestiers, et compte tenu du relatif insuccès des démarches antérieures, une étude pluriannuelle du déterminisme de la consommation des essences forestières par le chevreuil a été lancée en association avec le Centre National de la Recherche Scientifique et le GREGE .

Son premier objectif est de définir, sur des animaux captifs et leur progéniture, les mécanismes d'acquisition des préférences et aversions vis-à-vis de la végétation forestière ; la 1ère tranche (1993) de cette étude a été consacrée à la mise au point des méthodologies de recueil des données relatives au comportement des animaux et à l'utilisation de la végétation. Le travail de thèse en cours sur "l'identification de molécules végétales répulsives à l'égard du chevreuil" avait permis dès 1991 d'identifier l'ajugareptansine, extraite du Bugle rampant (*Ajuga reptans*) ; l'année 1993 a permis de franchir des étapes importantes de la synthèse de cette molécule ; par contre, et à la différence des extraits bruts obtenus à partir du végétal lui-même, les extraits purifiés n'ont pas montré l'efficacité anti-appétente attendue, à la dose supposée existante dans la plante ; il est donc probable que la non-consommation du bugle dans le milieu naturel soit due à la présence de métabolites agissant en synergie avec l'ajugareptansine.

Les expérimentations traditionnelles de méthodes de protection contre les dégâts, et le suivi dans le temps de peuplements sensibles (pin maritime et chêne) ont été poursuivis parallèlement à ces recherches de base ; deux études préliminaires ont été lancées en 1993, l'une sur les relations entre les modalités d'entretien des régénérations et l'intensité des dégâts, l'autre sur la sensibilité des jeunes peuplements en fonction des modalités des traitements sylvicoles qui leur sont appliqués.

## **PROGRAMME FORET DE MONTAGNE**

### **ETUDE DE LA STRUCTURE ET DE LA STABILITE DES PEUPELEMENTS FORESTIERS DE MONTAGNE**

A la suite de la conférence de Strasbourg sur la protection des forêts en Europe (décembre 1990), le ministère de l'agriculture et de la pêche (DERF) a confié au CEMAGREF une étude sur la stabilité et les modes de gestion de la forêt de protection dans les Alpes du Nord françaises.

Les travaux qui se sont déroulés sur trois ans, se sont attachés principalement, sur la base de 11 sites pilotes représentatifs, à définir une méthode de description de ces forêts très irrégulières, à proposer des éléments de diagnostic objectifs sur leur niveau de stabilité et à développer en vrai "grandeur" des opérations sylvicoles expérimentales.

A l'issue de cette première phase, qui s'est terminée début 1994, la typologie générale proposée pour les forêts résineuses des Alpes du Nord sera validée à l'occasion de descriptions de parcelles et fera l'objet de formations auprès des gestionnaires.

Des placettes permanentes seront installées dans des peuplements représentatifs d'un type de structure, afin de constituer un véritable "référentiel" sylvicole, utilisable à des fins techniques, pédagogiques et scientifiques.

### **ANALYSE DES FONCTIONS DE PROTECTION DES FORETS DE MONTAGNE**

Une première partie de cette étude, réalisée dans le cadre d'une thèse, a consisté en un zonage des fonctions de protection du département de la Savoie au regard des aléas déclarés. L'utilisation d'un système d'information géographique a permis de proposer aux services gestionnaires des cartes de localisation des forêts à fonction de protection importante et constitue ainsi un très intéressant outil d'aménagement.

La deuxième partie, en cours, est développée en liaison avec la division nivologie et concerne le zonage des risques potentiels d'avalanches, actuellement annihilés par le couvert forestier. Pour cette partie, l'utilisation de modèles et le développement de systèmes experts doit

apporter une contribution scientifique importante pour une meilleure connaissance des relations forêt-neige.

## **MODELISATION DE LA CROISSANCE DES PEUPEMENTS IRREGULIERS**

Le perfectionnement des connaissances dans le domaine de la dynamique des peuplements irréguliers et l'anticipation des effets d'une action sylvicole passent par une meilleure compréhension des mécanismes qui les gouvernent. Un des objectifs de la modélisation est donc de pouvoir formaliser et quantifier ces processus.

Les travaux de thèse, en cours, s'attachent à approfondir l'approche méthodologique proposée dans un premier temps à l'occasion d'un DEA.

L'intégration dans le modèle de paramètres relatifs au potentiel de croissance de l'arbre (liés à ses dimensions), à son état physiologique et à l'effet de la compétition vis-à-vis de la lumière, constitue actuellement le principal élément de cette recherche.

## **BILAN ET SYNTHESE DES REBOISEMENTS EXPERIMENTAUX DE HAUTE ALTITUDE**

Les reboisements de haute altitude sont étudiés depuis une vingtaine d'années par le CEMAGREF de Grenoble, à la fois du point de vue des essences et du point de vue des techniques.

Une campagne de mesures réalisée en 1993 a permis de mettre à jour l'essentiel des données survie-croissance des principaux dispositifs expérimentaux.

Les essais concernant l'introduction des conifères exotiques ont été plus particulièrement analysés. Un résultat important a consisté à proposer une liste des espèces et des provenances les plus performantes pour des conditions écologiques données.

Une étude, plus fine, sur les conditions de milieu, réalisée sur le site du Chazelet devrait permettre d'améliorer les connaissances sur la physiologie des plants et de mieux comprendre la réussite ou l'échec d'un reboisement.

## **ETUDE DES FORETS SUBNATURELLES DE L'ARC ALPIN**

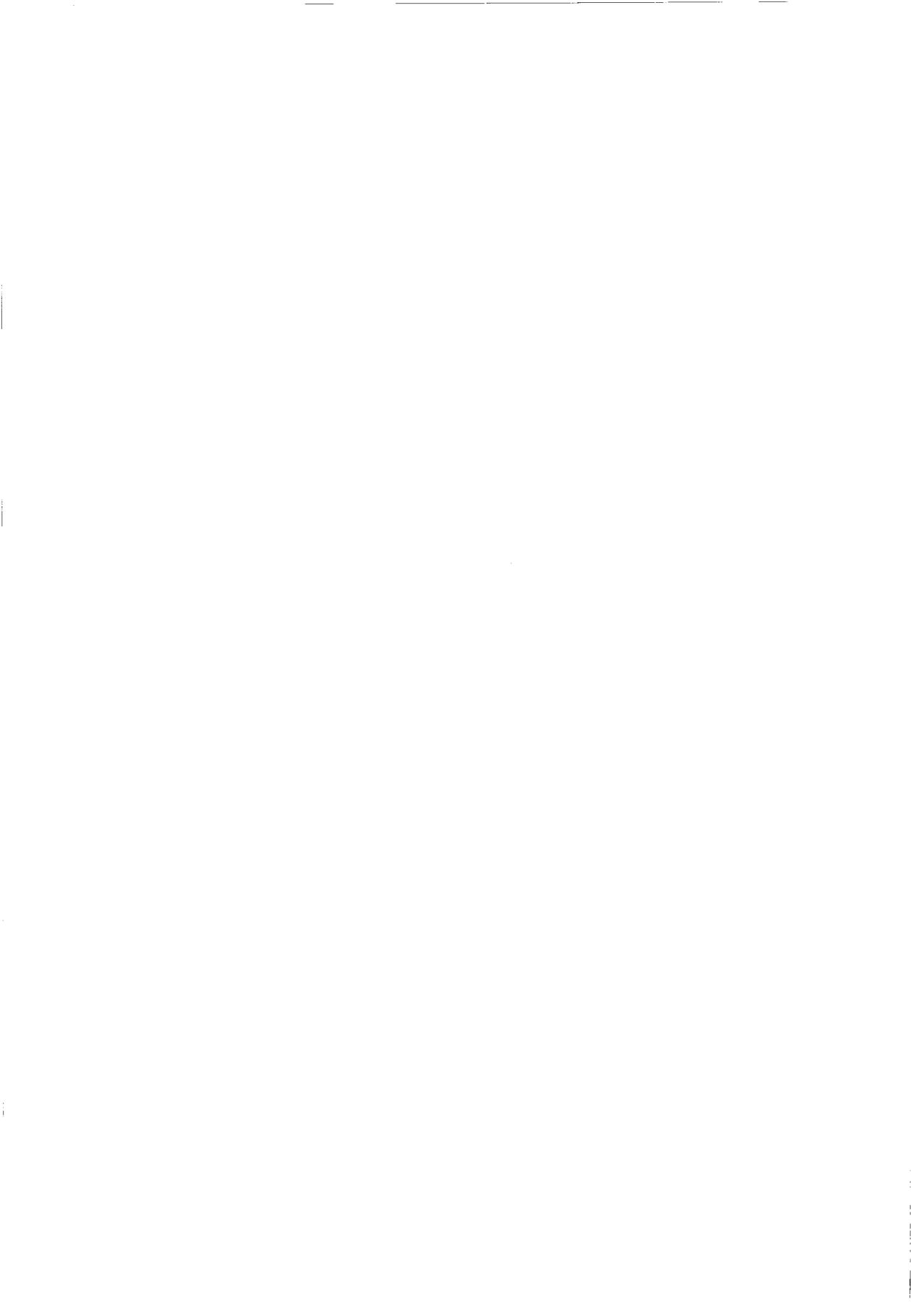
Le programme de recherche sur les forêts subnaturelles de montagne initié en 1992, a véritablement démarré en 1993. Le caractère nécessairement pluridisciplinaire et à long terme de cette étude ne s'accommoderait guère d'une "gestion" trop séparée de ses différentes composantes, l'objectif déclaré étant bien dès le départ l'établissement de relations à différentes échelles entre scientifiques d'origines et de spécialités différentes.

Une première tâche prioritaire du CEMAGREF, coordonnateur de l'étude, a donc été d'élaborer un programme synthétique de départ, précisant les sites d'étude, les échelles d'analyses, les échéances prévues pour les mises en commun des résultats parcellaires ainsi que les différentes équipes scientifiques associées.

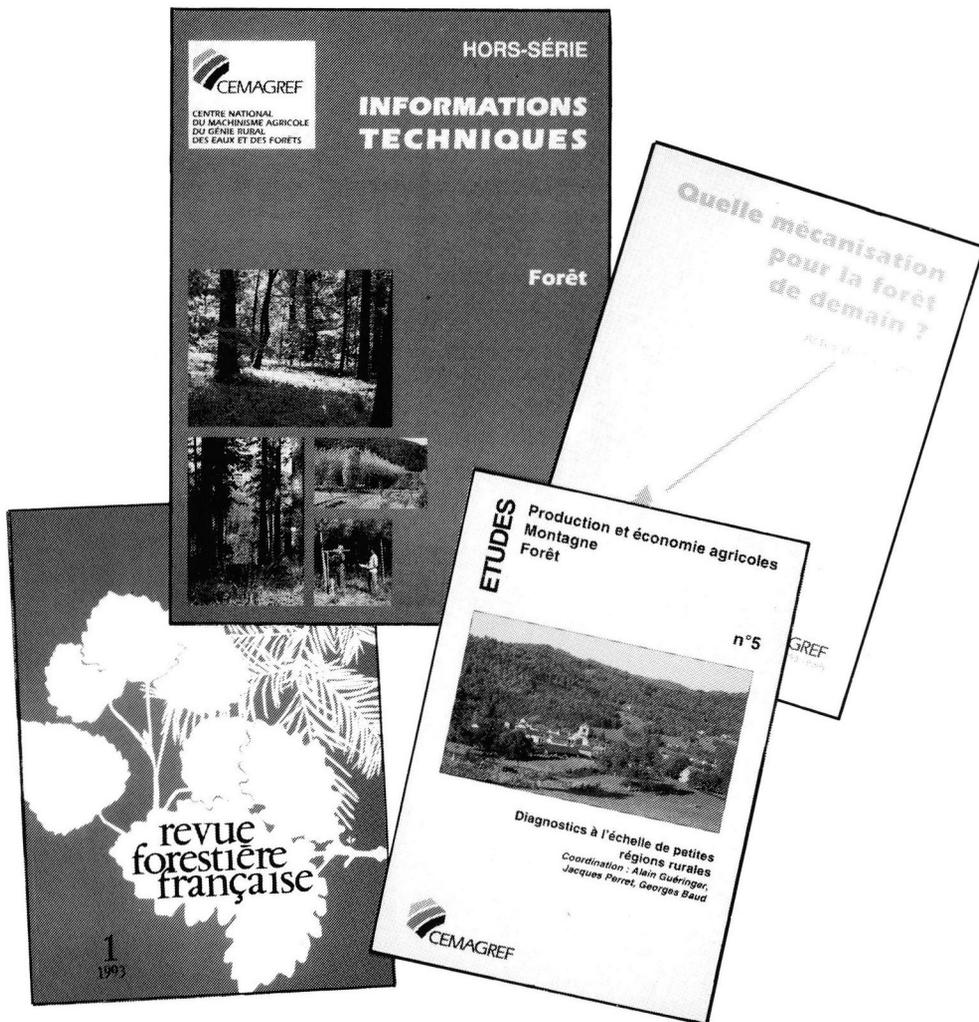
Les travaux menés en 1993 ont consisté pour l'essentiel à mieux préciser l'objet de l'étude (définition et inventaire des forêts subnaturelles, proposition d'une typologie) et à proposer pour deux des sites pilotes retenus, une description de l'état existant tant pour les peuplements forestiers que pour les principaux facteurs du milieu (inventaire phytoécologique et des structures).

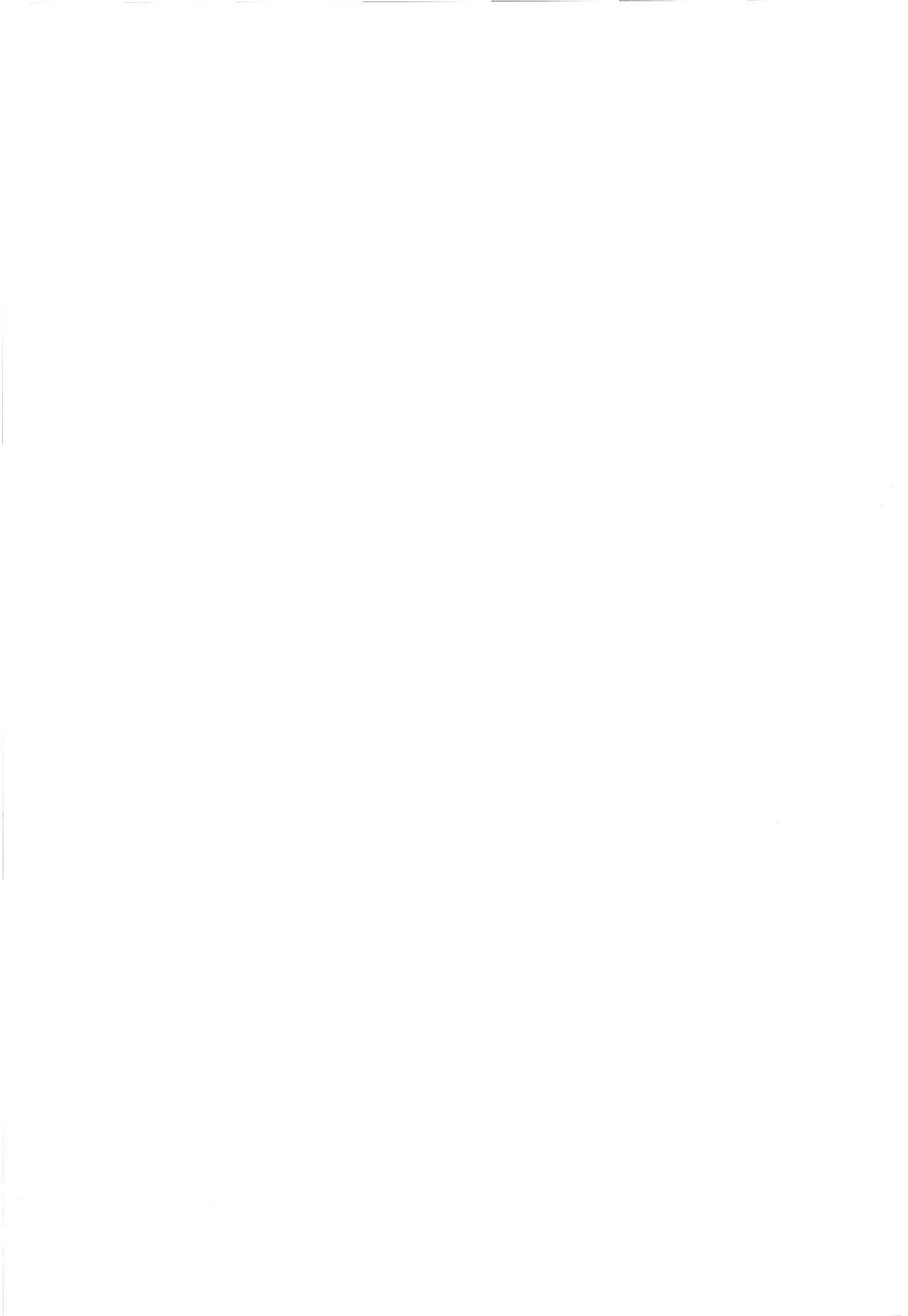
Par ailleurs, des recherches visant à compléter la connaissance des sites ont été initiées sur le plan historique (histoire ancienne : pédoanthracologie, histoire plus récente : archives, photo-interprétation) et écologique (diagnostic sanitaire, étude des ravageurs).

En 1994 (et les années suivantes), les recherches devront s'orienter prioritairement vers une meilleure compréhension du fonctionnement de l'écosystème "forêt non gérée" et en particulier le compartiment humus et les relations arbre-sol, et prendront en compte la dimension dynamique de l'évolution des formations végétales décrites (histoire, régénérations, successions, etc...).



## 2. Publications de l'année 1993





## **PROGRAMME AGROFORESTERIE**

**GUITTON J.L., DUPRAZ C., DE MONTARD F.X., RAPEY H. -1993 Vingt ans de recherche agroforestière en Nouvelle Zélande : Quels enseignements pour l'Europe ? 2ème partie - Revue Forestière Française - XLV 1- 1993 pp. 43-58**

Cet article qui fait suite à un premier texte paru précédemment dans la Revue Forestière Française reprend dans une première partie les particularités de l'agroforesterie Néo-zélandaise, principalement la possession d'une essence *Pinus radiata* particulièrement productive.

L'article analyse ensuite les transpositions possibles en France :

- le renouveau du bocage
- l'ouverture d forêts au pâturage non seulement en région méditerranéenne mais encore en moyenne montagne humide dans des plantations résineuses
- la plantation de prairies pâturées avec des feuillus précieux protégés dans la plantation par des tubes abris ou l'association d'arbre et de cultures intercalaires.

**GUITTON J.L. - GINISTY C., 1993 - Les plantations à grands espacements - Informations Techniques du CEMAGREF n° 90, note 1 8 pages**

Après avoir précisé la notion de plantation à grands espacements et insisté sur le fait qu'elle était indissociable de la notion de culture d'arbres, les auteurs analysent le problème en terme d'avantages et d'inconvénients sur les plans techniques, écologiques et socio-économiques. L'argumentation économique intervient fortement, notamment pour les feuillus précieux lorsque les protections contre les dégâts de gibier sont obligatoires. L'intérêt de ces plantations est mpajeur lorsque le propriétaire peut effectuer les travaux de tailles de formation et d'élagages par lui-même

**SOLIGNAC M. 1993, Influence de la lumière sur la production d'herbe en système agroforestier : cas concret de l'essai de Clermont-Mondésir (Herbe sous noisetier) - Rapport de stage BTS Productions Végétales - CEMAGREF-INRA-CNPR - 47 p.**

Ce rapport établit dans une première partie une analyse de l'action de la lumière sur les végétaux. Dans une deuxième partie, il présente et traite les résultats pour la production d'herbe d'un essai agroforestier associant herbe et noisetier. La production en biomasse des graminées est modélisée à partir de différents facteurs dont le déficit en humidité de l'air et le rapport ETP/ETM.

## **PROGRAMME AMELIORATION GENETIQUE DES ARBRES FORESTIERS**

**BALDET P., 1993 - "CEMAG" une nouvelle repiqueuse pour plants forestiers. Info. Tech., n° 89, note 3, 8 p.**

Le repiquage est une technique courante de production de plants forestiers, elle permet de changer la densité des végétaux en cours d'élevage afin d'obtenir des plants équilibrés (rapport hauteur/diamètre au collet).

En l'absence de machines spécifiques, le pépiniériste forestier utilise depuis les années soixante des repiqueuses horticoles. Ces appareils, conçus pour de faibles profondeurs de repiquage, engendrent sur le matériel forestier de fréquentes déformations racinaires. Le principe rotatif de mise en terre de ces machines ne convient pas à une installation profonde requise pour les plants forestiers.

Afin de limiter l'apparition de ces déformations, une nouvelle cinématique "linéaire" a été imaginée, elle permet d'amener le végétal dans un sillon parfaitement ouvert et de ne le libérer qu'après complète plantation. Après les essais concluants d'un modèle probatoire un brevet a été déposé puis cédé aux Etablissements GREGOIRE-BESSON qui ont élaboré une machine baptisée "CEMAG" exploitant le principe de la pose linéaire.

**CAZET M., DUFOUR J., VERGER M., 1993. - Multiplication du merisier par bouturage herbacé. PHM Revue Horticole 338, p 27-29 et 339, p 9-13.**

A partir de nombreuses expérimentations conduites depuis une dizaine d'années, tant à Nogent-sur-Vernisson (CEMAGREF) qu'à Olivet (INRA) ou à Guémené-Penfao (Pépinière Administrative), différents itinéraires techniques sont proposés pour la multiplication du merisier par bouturage horticole.

Dans la 1ère partie, l'analyse des facteurs endogènes, génétiques ou physiologiques, aboutit à des règles pour la gestion des pieds mères et le prélèvement des boutures.

Dans la 2ème partie, les facteurs exogènes, concernant notamment l'ambiance et le substrat de bouturage, sont analysés dans leur complexité et leurs interactions en tenant compte de divers systèmes d'éducation des boutures, disponibles chez les pépiniéristes...

Enfin, quelques principes sont proposés pour le repiquage et l'élevage des boutures en pépinières.

**DURAND N., 1993 - Création d'un système de base de données pour la gestion d'un réseau d'expérimentations populicoles - Mémoire DUT, 25 p.**

Face à l'augmentation rapide du nombre de dispositifs d'évaluation de peupliers et au nombre croissant de variétés testées, la construction d'un système de base de données permettant la gestion de ces informations étant indispensable.

Réalisée sous dBase IV, cette application est constituée de trois bases de données principales renfermant les caractéristiques de chaque essai et de chaque clone. La saisie de données et la recherche de dispositifs ou de clones en fonction de critères multiples sont facilitées par des menus déroulants. Première étape dans l'élaboration d'un système complet de gestion informatisée du réseau d'expérimentation populicole du CEMAGREF, ce travail a permis de définir la structure et le contenu des fichiers de base.

**FERNANDEZ R., 1993 - Forest reproductive material of pedunculate oak (*Quercus robur* L) and sessile oak (*Quercus petraea* Matt Liebl) in France : problems and results. Ann. Sci. For., suppl. 1 , pp. 435.438.**

Les matériels forestiers de reproduction de chênes pédonculé et sessile en France : difficultés et résultats.

L'amélioration génétique des chênes indigènes (pédonculé et sessile) en est à ses débuts, mais une première étape a été franchie avec la mise en application de la directive CEE de 1966 pour la récolte et la commercialisation des matériels forestiers de reproduction (graines et plants) : 2 difficultés d'application sont analysées (pureté spécifique des peuplements et des lots de matériels forestiers de reproduction , validité des régions de provenance) et un bilan est tiré après presque 20 ans d'application de la réglementation.

**FERNANDEZ R., 1993 - Les matériels forestiers de reproduction sélectionnés : analyse critique et bilan. ONF Bulletin Technique n° 25, pp 23-34.**

Le classement des peuplements porte-graines (catégorie sélectionnée) est effectué en fonction de critères génétiques (pureté et variabilité), phénotypiques (homogénéité du peuplement et caractères individuels de forme) et des critères pratiques de fructification et de récolte.

Les régions de provenance sont définies suivant un concept original et propre à la France : une région est constituée d'un ensemble de peuplements (conception associative) et non d'une portion de territoire

fixe (conception partitionniste). Ces unités sont définies selon des critères génétiques, phénotypiques, écologiques et/ou climatiques.

Plutôt que de réglementer l'utilisation des matériels, la France préfère apporter seulement des conseils d'utilisation en fonction de la région du boisement.

En vigueur depuis 1973, la sélection a entraîné le classement de 73 000 ha de peuplements (21 essences) dont la presque totalité des graines utilisées est issue.

**GALUP D., 1993 - Bilan des études d'un clone de peuplier deltoïdes : 'Alcinde'. Mémoire BTS - 31 p.**

Le clone de Populus deltoïdes 'Alcinde', sélectionné par la SEITA, présente des niveaux de résistance satisfaisants aux principaux pathogènes connus, à l'exception de Xanthomonas populi. Sa faculté d'enracinement et de croissance en pépinière permettent la production commerciale de plançons de deux ans sur boutures. Ce clone trouve son optimum de croissance en plantation sur stations riches et méridionales où il s'avère toutefois moins performant que les cultivars euraméricains les plus productifs. Grâce à la qualité de son bois, reconnue par les utilisateurs, en déroulage notamment, ce clone constitue une alternative intéressante dans la moitié sud de la France et il vient enrichir un catalogue national mal pourvu en clones de P. deltoïdes de valeur.

**HERAUD T., 1993. Optimisation de la densité de semis appliquée à la production de plants de chêne. Mémoire ENITHP, 38 p.**

L'élevage en pépinière des plants de chêne rouvre, pédonculé et rouge est déterminé à partir de la densité de semis des glands. L'objectif de l'étude est de connaître la densité optimale pour la production de plants plantables en forêt.

Les conditions de compétition modifient l'équilibre hauteur/diamètre des plants, leur qualité de racines et de tiges ainsi que le rendement graines-plants. La meilleure performance technique est obtenue avec des semis à faible densité. Or, le prix de revient minimum du plant plantable est obtenu à densité forte. Cette divergence des densités optimales entre les niveaux technique et économique doit aboutir à un compromis dans le choix de la densité de semis.

**PELLICER V., 1993 - Contribution à la mise au point de la multiplication végétative en vrac du Douglas (Pseudotsuga menziessi [Mirb] Franco) - Mémoire de fin d'étude ENITHP, 32 p.**

L'étude vise à optimiser les facteurs de croissance des plants mères de Douglas dans le cas d'un forçage très intensif en serre.

Trois types d'éclairage sont comparés : l'éclairage naturel, l'éclairage photopériodique et l'éclairage photosynthétique (en complément). Seul l'éclairage photosynthétique procure un gain de croissance significatif à l'âge de 6 mois.

Un essai de nutrition des plants a été conduit en faisant varier la balance  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  et la concentration des solutions nutritives. Un manque d'oligo-éléments peut constituer un facteur limitant.

Enfin, trois niveaux d'irrigation croisés à deux types de substrats (un substrat commercial et un mélange 1-1 tourbe + écorce 5/10) sont comparés. Une humidité moyenne (correspondant à un potentiel hydrique compris entre -2,5 et -1,6 KPa) donne la meilleure croissance. Le substrat commercial contenant une faible proportion de sable (20 %) autorise des humidités plus fortes (jusqu'au potentiel de -1 KPa) et donc une plus grande souplesse dans l'irrigation.

**TERRASSON D., VALADON A. - Conséquences du marché unique sur la gamme de peupliers proposés aux reboiseurs ; contexte réglementaire et conseils d'utilisation - Info. Tech. CEMAGREF n° 92, note 1, 7 p.**

L'évolution de la réglementation sur le commerce des matériels forestiers et la création de l'Union Européenne permet désormais la libre circulation et production de plants de peupliers homologués dans chaque Etat membre.

Les populeculteurs disposent donc aujourd'hui d'un choix théorique de 128 variétés mono ou multiclones. Les informations techniques sont disponibles pour la plupart de ces variétés mais toutes n'ont pas été testées dans les conditions populecoles françaises. Les planteurs devront dans ce cas être particulièrement prudents dans l'emploi de ces matériels mal connus.

En première approximation, les cultivars de peupliers ont été classés en quatre catégories : à proscrire - risque sanitaire grave ; sans intérêt - croissance faible ou comportement sanitaire médiocre ; culture possible au moins sur une partie du territoire national ; comportement inconnu - prudence indispensable.

Plus de liberté de commerce ne signifie cependant pas absence de tout contrôle et mise en production de matériel expérimental. De plus, cette liberté de choix augmente la responsabilité de l'utilisateur et des organismes de vulgarisation vis à vis de la collectivité afin d'éviter notamment l'emploi de clones à risques pathologiques élevés.

**VALADON A., 1993 - La populiculture en France - Principaux clones et aptitudes au boisement. Actes colloque Compiègne 13-14/10/1993, 13 p.**

Après un rappel de la composition de la liste des clones de peupliers homologués en France, sont soulignés les principaux facteurs d'évolution dans l'utilisation des cultivars. Les exigences stationnelles de ces clones, regroupés en quatre ensembles - peupliers deltoïdes, peupliers baumiers, hybrides interaméricains et euraméricains- sont précisées en insistant sur l'importance de divers facteurs limitants, édaphiques, climatiques ou pathologiques. Divers tableaux résument les connaissances actuelles du comportement des clones du catalogue national.

Une utilisation raisonnée de cultivar permet une diversification clonale sur le territoire national. Le poids des pratiques locales ou régionales peut provoquer des situations de cultures quasi-monoclonales. L'ouverture du marché unique aura pour conséquences un élargissement des choix techniques possibles que les organismes de vulgarisation devront nécessairement traduire en termes concrets pour des utilisateurs souvent à la recherche utopique de variétés "miracles".

## **PROGRAMME CREATION ET CONDUITE DE PEUPELEMENTS FORESTIERS**

**CAZAUX J.P. et Al., 1993 - Le mélèze hybride en plantation. Résultats provisoires sur 17 sites en France. Informations Techniques du CEMAGREF, n° 91, note 5, 8 p. (en liaison avec le programme PEF)**

L'article rappelle un certain nombre de références bibliographiques sur les constats de la bonne croissance des différentes formules de mélèze hybride, supérieures à leurs concurrents dans différents sites.

Il fait le point sur l'une des formules (203) que le CEMAGREF avait installée il y a dix ans dans des conditions variables de milieu. Cette formule manifeste sa bonne croissance en zone de moyenne et basse montagne mais présente sur certains sites des fentes longitudinales inquiétantes.

**GUERIN B. - 1993 - Bilan de placettes expérimentales sur le balivage du frêne - Rapport de stage BTSA - CEMAGREF - Division Techniques Forestières Nogent-sur-Vernisson - 30 p. + annexes.**

L'étude a permis de tirer des enseignements après 15 ans de suivi des balivages. Le dispositif à densité la plus faible après balivage a eu pour conséquences la diminution de la hauteur dominante, la dynamisation de la croissance en circonférence, l'ensemble des classes de diamètre ayant bénéficié de la mise en lumière, le développement du houppier des frênes, y compris les arbres ayant un houppier déséquilibré, la mise en croissance libre de certains arbres dont la forme du houppier s'est modifiée.

Il n'a pas entraîné de dépréciation de la qualité des tiges par apparition de gourmands, ni de phénomène important de courbure.

Les autres balivages ont permis une reprise de la croissance en circonférence, quand on a désigné 55 à 80 arbres d'avenir dominants, et qu'on les a éclaircis fortement par le haut, les placettes ne pourront théoriquement être exploitées qu'entre 70 et 80 ans, et environ 110 ans pour l'une d'entre elles, les variations de l'accroissement courant sur la circonférence semblent dépendantes des fluctuations du stress hybride dans les conditions de stations décrites.

**GUITTON J.L. - GINISTY C., 1993 - Les plantations à grands espacements**

(voir article publié plus loin)

**VALLEE B., COULAUD S., GINISTY C., STEINMETZ G. - 1992 - Evaluation des plants résineux en mottes et conteneurs, document de synthèse - CEMAGREF - Nogent-sur-Vernisson - Ministère de l'Agriculture et de la Forêt - 12 p. (version courte). 30 p. (version complète).**

Ce document présente la méthode d'étude et les résultats obtenus d'un travail d'enquête relatifs à l'utilisation, en France et hors région méditerranéenne, de plants résineux en motte ou conteneur. Après description des systèmes racinaires observés sur des plants arrachés dans une trentaine de plantations âgées de 5 à 10 ans de pin laricio, pin maritime et douglas, les risques pris par l'utilisation de tels plants sont évalués et discutés.

## **PROGRAMME ECOLOGIE ET PAYSAGE FORESTIER**

**BONNAUD A. 1993 - L'exploitation en moyenne-Maurienne, une valorisation possible d'un patrimoine naturel pour le développement d'une zone de montagne en déclin. DESS d'aménagement, Magistère d'Aménagement, Université de Paris I et Paris VII, CEMAGREF Grenoble, 207 pages et annexes**

**BREMAN P., 1993 - L'approche paysagère de la forêt. Forêts de France, n° 365, 13-17**

Le propriétaire forestier pourrait être légalement obligé un jour prochain à montrer de quelle manière il prend en compte l'environnement, et notamment le paysage à l'occasion de la rédaction de certains documents de gestion ou même à l'occasion de la réalisation de certains travaux. Avant d'aborder la méthode, quelques principes de base sont abordés : importance de la forme et de la superficie des zones d'intervention, importance des lignes dites verticales, l'aspect des lisières,...

La méthode, qui ne concerne que la seule transformation des peuplements suggère le maintien de certaines parties des peuplements existants selon des critères sylvicoles, écologiques, cynégétiques, paysagers, pour garantir une intégration optimale des travaux dans le milieu.

**BREMAN P., CALMEJANE C., 1993. Lire les paysages, une évidence à revoir. Regards sur le foncier, n° 34, 15-18.**

Les critères d'appréciation joueront un rôle de plus en plus grand dans les actes d'aménagement en milieu rural, y compris en milieu forestier.

C'est dans la psychologie appliquée et dans l'éthologie humaine que l'on trouve de nombreux éléments de réponse relatifs à l'appréciation des paysages même si le traitement de l'image par le cerveau humain reste avant tout très personnel. L'appréciation passe aussi par la compréhension plus ou moins complète des logiques progrès à l'organisation du paysage : les logiques fonctionnelle, écologique et visuelle sont étroitement liées et indissociables.

Développés pour répondre aux besoins des gestionnaires forestiers, ces critères semblent pouvoir s'appliquer en milieu rural.

**BREMAN P., MOIGNEU T., 1992 - Directives paysagères ONF. Direction Régionale Ile de France de l'ONF, 66 p + annexes.**

Ce document destiné aux personnels techniques de la Région Ile de France de l'ONF comporte trois parties :

1. Aspects paysagers : sont traités respectivement les principaux problèmes paysagers rencontrés dans la région, le zonage des forêts en fonction des paysages remarquables et des sensibilités paysagères, la forme et la dimension des zones d'intervention, des approches techniques spécifiques, les conséquences sur l'aménagement des forêts et les conséquences sur la gestion.

2. Méthode d'approche paysagère : le cas des coupes.

3. Exemples illustrés de la démarche : méthodologie d'approche paysagère des coupes.

**BRUHIER S. 1993 - Contributions pour l'étude des écotones d'altitude - Eléments conceptuels et méthodologiques - Application au bassin versant du Bonrieu (moyenne-Maurienne). DEA Ecologie générale et Productions végétales - Université de Paris XI et Paris VI , CEMAGREF Grenoble, 30 pages et annexes**

**CARCAILLET C. 1993 - Approches pédoanthracologiques de l'évolution des lisières forestières de hautes altitudes sur l'adret de St Michel de Maurienne (Savoie). DEA Ecosystèmes continentaux méditerranéens et montagnards -Université d'Aix-Marseille III, CEMAGREF Grenoble**

**CHARRETON Ph. 1993 - Cas exemplaire de traitement paysager dans les opérations forestières : (3 fiches, 12 pages)**

**Régénération par coupe rase -Forêt communale de Montmaur (Hautes Alpes) Canton de Trésubenq**

**Boisement de terrains communaux agricoles (pâturages) - La petite Ceüse - Commune de Sigoyer (Hautes Alpes)**

**Création d'une route forestière - Forêt domaniale des Sauvas (Hautes Alpes)**

**CHENAVIER L. & BRUN J.J. 1993 - Répartition spatiale du chevreuil en zone de déprise agricole de montagne - Analyse par relevés d'indices de présence - Rapport final pour le compte du Ministère de**

**l'Environnement Direction de la Nature et du Paysage , 50 pages et annexes**

**DELCROS Ph. 1993 - Ecologie du paysage et dynamique végétale post-culturale en zone de montagne - Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble I laboratoire de biologie végétale, CEMAGREF Grenoble, 263 pages et annexes**

**GROSSI J.L. & BRUN J.J. - 1993 - L'humus et la dynamique des forêts de montagne -Volet déprise agricole- Rapport final pour le compte du Ministère de l'Environnement, DRAEI, EGPN CEMAGREF Grenoble, 42 pages et annexes**

**LALLIER-GOLLET S. 1993 - Approches morphologiques et fonctionnelles dans l'étude des humus de montagne -mémoire de Maîtrise de biologie des organismes et des populations Université Joseph Fournier Grenoble, CEMAGREF Grenoble, 25 pages.**

**LE FLOCH S., 1993 - La prairie, l'oiseau et le peuplier. Réalités et représentation du peuplier à travers l'analyse d'un conflit dans les Basses Vallées Angevines - mémoire de DEA "Jardins-Paysages-Territoires", Ecole d'architecture de Paris-la-Villette, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson, 71 p.**

L'étude a pour objectif d'identifier des modèles de représentations du peuplier à partir de l'analyse d'un conflit dans les Basses Vallées Angevines.

La première partie de l'étude se propose de définir les objectifs et hypothèses de travail, ainsi que les méthodes utilisées.

Dans la deuxième partie est présenté le contexte. Le paysage est marqué par des pratiques agro-pastorales traditionnelles et est, depuis peu, bouleversé par l'introduction du peuplier qui fait suite aux difficultés de l'activité d'élevage.

La troisième partie porte sur l'analyse du conflit. Les acteurs sont nombreux et émettent à propos du peuplier des arguments d'ordres écologique, fonctionnel et esthétique. Plus que critiques raisonnées, les arguments correspondent à des modèles de représentations du peuplier.

La quatrième partie tire quelques enseignements qui peuvent être pris en compte dans l'aménagement et la gestion des Basses Vallées Angevines.

**LE FLOCH S., 1993 - Le peuplier dans les Basses Vallées Angevines : de la mutation paysagère au conflit social. Synthèse et propositions - CEMAGREF de Nogent-sur-Vernisson, 10 p. + cartes et illustrations.**

La note a pour objectif de présenter aux acteurs de la gestion du territoire des Basses Vallées Angevines les enseignements découlant de l'analyse du conflit centré sur la populiculture.

Elle rappelle la situation du peuplier en France : importance économique, particularités de la culture, diversité paysagère, multiplication des conflits.

Ensuite sont analysés d'une part, l'historique de la populiculture dans les Basses Vallées Angevines et les conséquences paysagères, d'autre part le jeu des acteurs et l'utilisation du peuplier dans le conflit. De cette double analyse sont tirées des mises en garde et des propositions concrètes pour la prise en compte du paysage et la définition d'une place au peuplier dans l'aménagement et la gestion de ce territoire particulier.

**LE FLOCH S., TERRASSON D., BREMAN P. - La peupleraie dans le paysage. Analyse visuelle d'une formation forestière pas comme les autres - Info. Tech. du CEMAGREF, sept. 1993, n° 91, note 4, 7 p.**

De plus en plus fréquemment, des critiques sont portées contre la culture du peuplier : elles se caractérisent notamment par certaines connotations esthétiques.

De manière à clarifier les discours, l'article propose de décrire la spécificité visuelle de la peupleraie, selon les critères d'analyse couramment utilisés en architecture, arts plastiques ou paysagisme. Il souligne l'identité forte de la peupleraie du fait de ses caractères de géométrie et de perméabilité, l'importance de sa variabilité dans l'espace et dans le temps et, enfin, la spécificité des paysages auxquels elle participe.

Ce dernier point amène à conclure qu'au-delà de la seule échelle de la peupleraie et du seul aspect visuel, il est important de considérer les paysages également sous l'angle technico-économique et sous celui des représentations sociales : à cette condition, il devient possible de comprendre les situations existantes -et notamment les conflits- et les évolutions et de proposer des réponses satisfaisantes en matière de gestion des territoires.

**PIQUERET Y. 1993 - Etude de la répartition du chevreuil en moyenne montagne sur un secteur en déprise agricole - Perspectives et limites de la méthode par relevés d'indices de présence - Mémoire de BTSA Productions Forestières - ENITEF - CEMAGREF Grenoble, 42 pages et annexes.**

## **PROGRAMME MECANISATION ET ROBOTISATION DES TRAVAUX FORESTIERS**

**ARMANDE N. 1993 - Application des différents types de raisonnements aux modèles hiérarchisés : application au diagnostic de panne d'un bras hydraulique - rapport de DEA / LIRM Montpellier, 59 pages.**

Les dispositifs de maintenance des machines complexes nécessitent d'une part une représentation des connaissances et d'autre part des mécanismes d'exploitation de ces connaissances à l'aide de raisonnements: il s'agit de diagnostics. Afin de réaliser un dispositif adapté aux bras hydrauliques à commande numérique, une typologie des raisonnements en intelligence artificielle a été faite. Il en ressort que les raisonnements non rigoureux sont les plus adaptés: la stratégie préconisée permet de construire un ensemble d'hypothèses sur l'état du système qui peuvent alimenter un raisonnement plus affiné. C'est une méthode qui procède par apprentissage.

**BONICELLI B., THOLLOT J., ROUX P., ROGER J-M. 1993 - Les nouvelles voies de la robotique forestière - SIMA 93, Colloque "Quelle mécanisation pour la forêt de demain", 2 pages.**

Alors qu'il y a quelques années il était envisagé d'introduire des machines complètement autonomes en forêt, il s'agit aujourd'hui d'utiliser au mieux les techniques de la robotique qui permettent d'améliorer l'ergonomie de pilotage des engins. Les principales techniques étudiées par le CEMAGREF sont les dispositifs de simplification de la conduite, de programmation de cycles répétitifs et de rationalisation des structures mécaniques, électroniques et informatiques pour mieux contrôler le fonctionnement des machines. Ces techniques ont l'avantage d'être applicables aussi bien à de puissantes machines de récolte qu'à de mini machines d'élagage. Les travaux du CEMAGREF sont menés en étroite collaboration avec l'ARMEF.

**BOUVAREL L., BONICELLI B. 1993 - L'exploitation forestière en France, une interaction main-d'oeuvre/mécanisation - Informations Techniques du CEMAGREF, Mars 1993, 7pages.**

Contrairement à une idée reçue, en France l'exploitation forestière est mécanisée à plus de 90% et représente un marché important en Europe loin devant les autres pays de l'Europe. Le cas du bûcheronnage est toutefois différent puisqu'on considère que seules 2,5% des quantités abattues le sont par machines alors qu'on constate une crise de vocation des bûcherons. La mécanisation de cette opération peut donc vraisemblablement apporter une solution à ce problème. L'analyse de cette situation par les chiffres permet de mettre en relation la main d'oeuvre, la production, les types de matériels et les systèmes de formation. Les orientations choisies par les principaux partenaires visent l'amélioration de la situation et le développement harmonieux de la filière.

**HERMAN T. 1993 - Contribution à la synthèse d'une commande "énergétique optimale" pour le contrôle en position de systèmes hydrauliques de puissance - Rapport de thèse /ENSER.Bordeaux 150 pages de texte et 140 pages d'annexes.**

Le contrôle classique des actionneurs hydromécaniques (vérins asservis) ne permet pas d'atteindre des rendements énergétiques satisfaisants. Les systèmes de manipulation de puissance qui équipent les machines d'exploitation forestière peuvent ainsi nécessiter une puissance considérable pour fonctionner à des cadences rapides. Une stratégie de commande "ballistique" ou "bang-bang" a été développée pour pallier ces défauts: les mouvements se décomposent en une première phase d'accélération à ouverture maximale des valves de contrôle puis en une deuxième phase de freinage par inversion des flux qui permet de récupérer une grande partie de l'énergie cinétique. Cette commande a été réalisée grâce à une identification en ligne des paramètres de contrôle puis par un calcul de l'instant de commutation. Le dispositif a été étudié pour une implantation sur un système réel.

**LAURIER JP., CONSTANTIN E., SARRAUSTE N., BONICELLI B. 1993 - Machines et méthodes pour les éclaircies et les coupes sélectives - Séminaire FAO sur l'utilisation des machines et des matériels à fonctions multiples dans les opérations forestières, OLENINO Fédération de Russie Août 93, 24 pages**

La production Française de bois ronds s'est accrue ces dernières années avec la modernisation des industries de la pâte à papier. La mécanisation de l'exploitation forestière est un facteur qui s'est progressivement développé pour répondre aux besoins des différents acteurs de la filière.

Pour évaluer les besoins nouveaux de la filière la Direction de l'Espace Rural et de la Forêt du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche coordonne les principaux organismes de recherche et développement Français. A partir de l'étude de l'état actuel de la mécanisation en France, les principaux développements concernant l'amélioration des équipements et des méthodes pour la sylviculture des résineux sont décrits.

**RAYSSAC P. 1993 - Gestion des perturbations en commande décentralisée d'un bras hydraulique - rapport de DEA/LIRM Montpellier, 42 pages**

Les machines forestières évoluent en milieux très agressifs. Des dispositifs technologiques permettent de réduire leur vulnérabilité par une réduction de la connectique électronique et hydraulique, ce qui conduit à un contrôle décentralisé. Les interactions entre les différents composants des machines sont autant de perturbations qui agissent sur les contrôleurs locaux. Les techniques de commande classiques ne permettent pas de prendre en compte ces perturbations. Pour résoudre ces problèmes, une évaluation des " commandes adaptatives " a été faite par simulation puis sur banc d'essai. Les résultats mettent en évidence que ces techniques apportent de très nettes améliorations du comportement général des machines.

**ROGER J-M. 1993 - La maintenance intelligente des machines forestières robotisées - SITMA Liaison, Avril 1993, 10 pages**

Les machines forestières bénéficient de technologies de plus en plus sophistiquées pour répondre aux contraintes techniques d'efficacité qu'impose leur exploitation. La maintenance de ces machines devient alors un véritable problème. Pour les résoudre, il est envisager d'implanter sur dans les ordinateurs de bord des machines des dispositifs informatiques permettant de diagnostiquer l'origine des pannes. Ces systèmes nécessitent d'une part une représentation adéquate des connaissances mises en jeux, et d'autre part des mécanismes efficaces d'exploitation de ces connaissances à l'aide de raisonnements. Ces techniques constituent une branche importante et prometteuse de la recherche en Intelligence Artificielle.

## **PROGRAMME POTENTIALITE DES ECOSYSTEMES FORESTIERS**

**BERGES L., 1993 - Stratégie d'échantillonnage en vue d'analyser les relations entre le milieu et la qualité interne du bois des chênes sessile et pédonculé (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. et *Q. robur* L.) - Application aux chênaies du Bassin Parisien et de l'Est de la France, rapport technique de DEA d'analyse et de modélisation des systèmes biologiques, URA - CNRS - n° 243 - Université Claude Bernard Lyon I, 46 p.**

Ce rapport bibliographique et technique de DEA vise à définir une stratégie d'échantillonnage en vue d'analyser les relations entre le milieu et la qualité interne du bois des chênes sessile et pédonculé.

L'échantillonnage du milieu est basé sur une stratification "à priori", à partir de la combinaison de 3 descripteurs analytiques : le déficit hydrique annuel relatif, la réserve utile en eau du sol et sa richesse minérale; La qualité du bois de chêne sera appréciée par des mesures microdensitométriques, sur carottes de sondage.

La stratégie adoptée, combine à la fois un échantillonnage stratifié et un échantillonnage par degré, avec un équilibre de l'échantillon aux différents niveaux de structuration, afin de pouvoir analyser de façon simple la variabilité de la qualité du bois entre ces différents niveaux (zone climatique, combinaison de facteurs hydrique, trophique, placettes, arbre) et de rendre plus efficace une analyse de variance de la qualité du bois entre les strates de l'échantillon (combinaisons de 3 facteurs du milieu).

**BOISSEAU B., 1993 - Autécologie des essences et typologie des stations forestières. Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne. La Grande Motte (France) 6-7 Octobre 1992 Série les Colloques de l'INRA, n°63, 15-32.**

Cet article présente le programme de recherche de la division forêt méditerranéenne sur l'autécologie des essences forestières méditerranéennes et la typologie des stations forestières.

Après un rappel des principes et méthodes de ces deux types d'étude, l'état d'avancement du programme est donné. Ces travaux sont illustrés par les résultats les plus récents :

- en typologie des stations, par l'exemple de l'étude du massif Sainte Victoire ;

- en autécologie par les principales caractéristiques des Pins brutia et eldarica, du Pin de Salzmann et du Cèdre de l'Atlas.

**BOISSEAU B., 1993 - Ecologie du Pin pignon (Coll. Les Cahiers de la forêt méditerranéenne, n° 1). CEMAGREF, Aix-en-Provence, 26 p.**

**BOISSEAU B., 1993 - Ecologie du Pin pignon. Informations Techniques du CEMAGREF, décembre 1993, n° 92, note 5, 8 p.**

Afin d'optimiser le choix des essences de reboisement en région méditerranéenne française, un programme de recherche a été développé sur le comportement écologique et la croissance en hauteur des essences forestières en fonction des conditions du milieu naturel.

Cette étude sur le Pin pignon (*Pinus pinea* L.) s'appuie sur plus de 200 peuplements existant dans l'ensemble de la région. Des relevés écologiques et dendrométriques sont réalisés de façon systématique pour les caractériser. Un indice de fertilité est calculé pour chaque relevé.

Les principales caractéristiques du Pin pignon peuvent être résumées ainsi :

- aime la chaleur ;
- mais est sensible comme toutes les essences au bilan hydrique ;
- a une préférence nette pour les situations plates ;
- redoute cailloux et rochers (difficulté de prospection racinaire) ;
- est sensible au caractère calcaire ou acide des roches ;
- préfère les substrats meubles aux roches compactes.

Sur le plan pratique, cette étude aboutit à l'élaboration d'un tableau et d'une clé de détermination de l'indice de fertilité selon les conditions du milieu naturel.

**CAZAUX J.P., CHEVALIER R., GILBERT J.M., GINISTY C., 1993 - Le Mélèze hybride en plantation. Résultats provisoires sur 17 sites en France. Informations techniques du CEMAGREF - n° 91, note 5-8 p.**

L'article rappelle un certain nombre de références bibliographiques sur les constats de la bonne croissance des différentes formules de mélèze hybride, supérieures à leurs concurrents dans différents sites.

Il fait le point sur l'une des formules (203) que le CEMAGREF avait installé il y a dix ans dans des conditions variables de milieux. Cette formule manifeste sa bonne croissance en zone de moyenne et basse montagne mais présente sur certains sites des fentes longitudinales inquiétantes.

**CHEVET D., 1993 - Approche de l'autécologie du pin laricio de Corse dans le Maine et Loire, rapport de stage de Technicien Supérieur option Productions Forestières, LEGTA du Chesnoy - Antenne des Barres, CEMAGREF - Division Techniques Forestières de Nogent-sur-Vernisson, 33 p.**

A partir de 116 relevés phytoécologiques et dendrométriques réalisés dans des peuplements de pin laricio de Corse du Maine et Loire, le stagiaire a cherché à mettre en relation un indice de fertilité de l'essence étudiée (hauteur dominante à 35 ans) avec les facteurs écologiques décrits.

Les tendances d'un caractère plastique de l'essence sont reconnues ainsi que les bonnes performances obtenues en général sur les milieux échantillonnés.

**Collectif - 1993 - Guide pour le choix des essences forestières dans la Châtaigneraie cantalienne, CEMAGREF/CRPF Auvergne, 24 p.,**

L'objectif de ce guide est d'aider le propriétaire forestier et le sylviculteur de la Haute et de la Basse Châtaigneraie Cantalienne, ainsi que de la Bordure Limousine, à choisir les essences forestières les mieux adaptées aux conditions écologiques, à partir d'observations simples et rapides effectuées sur le terrain.

12 types de stations sont distinguées en fonction de la position topographique, de la texture du sol et du type d'humus.

**CURT T. 1993 - Genèse des paysages : la glace et le feu, La dépêche du Parc, n° 7, supplément scientifique pp. 6-9**

Cet article présente succinctement les grandes étapes géologiques qui ont abouti à l'individualisation des grands types de paysages morphologiques auvergnats. L'auteur insiste sur le rôle des héritages morphoclimatiques (modèles et formations superficielles), caractéristiques des anciens climats, et qui jouent encore un rôle important dans les potentialités agronomiques et forestières des terroirs auvergnats.

**CURT T. 1993 - Les stations forestières du Massif Central : étude pour la typologie de la bordure Est, Etudes Forêt n° 10 pp. 69-79**

Cette étude de typologie des stations forestières porte sur une région d'un plus d'un million d'hectares dont environ 302 200 ha boisés, formant une longue bande depuis le sud du Morvan jusqu'aux Hautes Cévennes, sur la bordure Est du Massif Central. L'objectif d'une typologie de stations forestières est de "fournir au forestier une description du milieu qui,

couplée avec une connaissance de la sylviculture et du matériel génétique, lui permettra de prendre une meilleure décision en terme d'aménagement forestier ou de travaux sylvicoles".

**CURT T. 1993 - Utilisation de la cartographie des formations superficielles pour la caractérisation du bilan hydrique d'un écosystème forestier (Réal-Collobrier, massif des Maures, Var)- 30 pages + cartes**

Dans le cadre du GIP-ECOFOR, l'objectif de ce travail était de cartographier la réserve en eau contenue dans les formations superficielles d'un bassin versant expérimental du massif des Maures. Une campagne de terrain basée sur des sondages systématiques et sur un découpage de l'espace en unités morphopédologiques élémentaires a permis de dresser une carte à 1/10 000 et de chiffrer la réserve en eau sur le bassin versant. L'étude fait apparaître une forte variabilité spatiale de cette valeur de réserve en eau, liée au contexte géologique et géomorphologique très contrasté. Une étude complémentaire devrait permettre de mettre en évidence la relation entre réserve en eau et la croissance ou la qualité des peuplements forestiers.

**GILBERT J.M., BERGEVIN G. 1993 - Préétude de la variabilité écologique de la région des Pays de la Loire, CEMAGREF, Division Techniques Forestières de Nogent sur Vernisson, 31 p.**

Cette préétude est destinée à faciliter l'exploitation de relevés dendrométriques et écologiques effectués dans la région des Pays de la Loire, en vue de mieux cerner l'autécologie du pin laricio de Corse. Ce document passe en revue les principaux éléments de variabilité du milieu : relief, climat, géologie, pédologie et présente, la forêt et la place occupée par le pin laricio, actuellement très utilisé par les reboiseurs de cette région.

**GILBERT J.M., CHEVALIER R., DUMAS Y., 1993 - Autécologie du pin laricio de Corse en Pays de la Loire - Analyse des données - Approche factorielle - Rapport intermédiaire, CEMAGREF, Division Techniques Forestières de Nogent sur Vernisson**

Cette étude utilise 202 relevés phytoécologiques et dendrométriques effectués en 1992 dans des peuplements de pin laricio de Corse, en couvrant la variabilité écologique de la région des Pays de la Loire. Chaque relevé est caractérisé par un individu fertilité (hauteur dominante à 35 ans). Les indices de fertilité sont croisés avec les principaux facteurs

écologiques reconnus. Ils seront un bon niveau général de fertilité des milieux échantillons ainsi qu'une plasticité étonnante de l'essence.

Les principaux facteurs limitants sont d'ordre pédologique : niveau trophique, profondeur l'apparition d'argile et/ou d'une hydromorphie marquée.

Les conclusions restent à préciser par une étude multifactorielle et une approche stationnelle des milieux.

**GIRARD M., 1993 - Extension de la typologie des stations forestières des plateaux et monts de Vaucluse, de la montagne de Lure et du Ventoux (Versant Sud) aux milieux ouverts. Mémoire de DAA, CEMAGREF Aix-en-Provence, ENSA de Montpellier. 87 p., ann.**

Cette étude a été entreprise à la demande des organismes chargés de la gestion du territoire en zone de moyenne montagne méditerranéenne calcaire : plateaux et monts de Vaucluse, versant Sud du Mont Ventoux et de la Montagne de Lure. La région est très touchée par la déprise agricole. Ces organismes doivent faire face à ce problème et considérer les nouvelles mesures européennes concernant le boisement des terres agricoles. La forêt représente une option séduisante de gestion des espaces délaissés par l'agriculture.

Une typologie forestière des milieux boisés étant en cours dans cette région, l'intérêt était de vérifier si les résultats de ces travaux pouvaient être étendus aux milieux ouverts. Pour ce faire une méthodologie a été mise au point, utilisant le protocole d'échantillonnage de la typologie en cours. Elle est basée sur la comparaison des sols rencontrés sous forêts et sous milieux ouverts, et vise à rechercher une homologie, c'est à dire une similitude conférant les mêmes potentialités forestières aux deux types de milieux (méthode des "couples homologues"). L'existence d'une homologie permettrait le rattachement aux mêmes types de stations.

A l'issue des travaux, la méthodologie ne s'est pas révélée parfaitement adaptée aux conditions de milieu de cette région (forte variabilité spatiale de certains facteurs écologiques). Elle a néanmoins permis de constater de nombreuses différences entre les sols sous forêts et les sols sous milieux ouverts.

L'étude des potentialités de ces milieux passe certainement par la réalisation d'une typologie qui leur est propre et qui pourra ensuite être rapprochée de la typologie des milieux boisés.

**GUIRIEC S. 1993 - Les unités morpho-pédologiques de la bordure Nord-orientale des Monts Dore : apports à la typologie des stations forestières, CEMAGREF/Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand, mémoire pour l'obtention d'une maîtrise en géographie, 46 pages + cartes**

Ce travail de cartographie détaillée a pour objectif de tester la méthode morphopédologique pour évaluer les potentialités forestières d'une région de moyenne montagne volcanique.

Deux vallées sont particulièrement étudiées par cette méthode qui consiste à diviser le paysage en unités spatiales élémentaires, homogènes au plan géologique, géomorphologique et pédologique. Une clef permet à l'utilisateur de suivre le même cheminement sur le terrain pour reconnaître chaque unité.

Cette cartographie a servi de base pour l'échantillonnage et les relevés de l'étude station -production pour l'Epicéa commun (G. Marmeys, 1993) qui a confirmé la validité de ce découpage spatial.

**LADIER J., BOISSEAU B., 1993 - Typologie des stations forestières du massif de Sainte Victoire. CEMAGREF, Aix-en-Provence, DIREN, ONF, Syndicat intercommunal du massif de Sainte Victoire, Edition Narration, 32 p.**

Ce document destiné à un large public présente les principes, buts et méthodes d'une étude de typologie des stations forestières.

Y sont aussi exposés les principaux résultats et les possibilités d'application pour le massif Sainte Victoire où une étude de ce type a été réalisée.

Plusieurs exemples de cartographie des stations sont donnés à différentes échelles. En particulier un zonage du massif permet d'avoir une vision d'ensemble des potentialités forestières.

**LADIER J., BOISSEAU B., 1993 - Typologie des stations forestières du massif de Sainte Victoire. Forêt méditerranéenne, XIV (4), 275-290.**

Le massif Sainte Victoire, situé à l'est d'Aix-en-Provence, a été parcourue par le feu en 1989.

Avant de se lancer dans des reboisements pour réhabiliter le site, une étude des conditions de croissance des arbres dans le massif était souhaitable. C'est pourquoi une typologie des stations forestières a été réalisé du début 1991 à la mi-1992. Croisant des données climatiques, géologiques, pédologiques, topographiques et floristiques, ce travail aboutit à un catalogue des types de milieux qui est un outil pratique pour le forestier.

Malgré sa petite surface, le massif Sainte Victoire est caractérisé par une diversité des substrats et des climats. La flore, qui normalement reflète bien cette diversité, a été très perturbée par l'incendie, perdant ainsi une partie de sa valeur indicatrice. Tout cela faisait de cette première étude de typologie en Provence calcaire un travail complexe.

Après de nombreuses observations sur le terrain, le traitement des données recueillies a permis de définir 26 types de stations, discriminés en premier lieu par le substrat. Pour chacun de ces types de stations, une liste d'essences adaptées est proposée, et les potentialités pastorales sont esquissées.

**LADIER J., RIPERT C., BOISSEAU B., 1993 - Typologie des stations forestières du Massif des Maures, du Tanneron et du Cap Sicié. Rapport intermédiaire, 36 p.**

La typologie des stations forestières du massif des Maures, du Tanneron et du Cap Sicié a débuté fin 1992 et s'achève fin 1994. La zone d'étude, bien qu'éclatée, constitue une entité géologique puisqu'elle regroupe l'ensemble des roches métamorphiques de Provence. Le rapport intermédiaire, publié en novembre 1993, fait le point sur les enseignements de la pré-étude et oriente la phase de terrain à suivre.

Les données climatiques mettent en évidence un découpage en bandes parallèles à la côte et aux principales lignes de relief, selon un gradient pluvio-thermique. Par ailleurs, les roches sont disposées en bandes Nord-Sud, et ont notamment une influence sur les formes du relief. La superposition de ces deux découpages et de la carte topographique aboutit à une carte délimitant des secteurs écologiques, homogènes du point de vue climatique et géologique. Cette carte est la base du plan d'échantillonnage pour les relevés phytoécologiques.

Parallèlement, une typologie des substrats a été établie. Les sols étant peu évolués, cette typologie s'appuie sur des critères de roche et de matériau : nature de la roche, type d'altération de la roche, nature et épaisseur de la formation superficielle.

Une fiche est ensuite proposée pour les relevés phytoécologiques, assez simple car intégrant les résultats de l'étude des substrats.

**MARMEYS G. 1993 - Etude des relations station-production pour l'épicéa commun dans les Monts Dore (Auvergne) - Rapport de stage de B.T.S. Productions Forestières, CEMAGREF Division Techniques Forestières moyenne montagne - 30 pages + annexes.**

L'Epicéa commun est la principale essence de reboisement en Auvergne (45 000 ha) mais sa croissance en fonction des types de stations est encore mal connue.

Dans le cadre d'un travail de typologie des stations forestières en zone volcanique d'Auvergne, il est apparu nécessaire d'étudier les relations entre types de stations forestières et la production de cette essence, sur sols volcaniques dans l'étage montagnard moyen et supérieur.

102 placettes ont fait l'objet de relevés dendrométriques et écologiques. le traitement des données a mis en évidence le fait que les stations discriminent la fertilité. Les hauteurs dominantes à 40 ans sont comprises entre 16,7 et 24,4 mètres.

Le rôle de l'altitude et du type de sol sur la fertilité a été confirmé. La réserve utile du sol ne permet pas de discriminer la croissance de l'Epicéa dans ce contexte montagnard frais et humide.

**NOUALS D., BARITEAU M., 1993 - Les pins Brutia et Eldarica en France : éléments sur l'autécologie et la génétique. Perspectives d'utilisation. Forêt méditerranéenne, XIV (3), 199-217.**

Des résultats synthétiques de deux recherches simultanées, l'une sur l'autécologie, et l'autre sur la génétique des pins brutia et eldarica sont exposés. Ils proviennent, d'une part des boisements réalisés depuis les années 1950-1960 jusqu'à 1980 en France, d'autre part de deux plantations comparatives de provenances de pins de la section halepensis, situées dans le sud de la France (Vitrolles et Ceyreste), analysées 11 et 13 ans après leur mise en place.

*Pinus eldarica* a été utilisé en France dans les conditions les plus extrêmes du climat méditerranéen. Il s'y est bien comporté, sans toutefois manifester jusqu'à présent une nette supériorité tant en croissance qu'en qualité de peuplement par rapport au Pin d'Alep.

*Pinus brutia*, dont l'extension a été un peu plus large, n'a toutefois pratiquement pas été installé dans les conditions correspondant à l'optimum de son aire naturelle, situé en climat méditerranéen atténué.

Peu sensible aux grands froids, il a par contre manifesté un moindre résistance que *Pinus halepensis* à la sécheresse, mais dans les bonnes stations, a montré une croissance plus rapide et formé des peuplements de qualité à couvert bien fermé.

A la suite de l'étude écologique et statistique des boisements français, on peut, dans la zone d'introduction actuelle de ces pins, prédire la hauteur dominante d'un peuplement en fonction de critères simples faisant intervenir la flore, le sol et le climat à l'aide d'une clé d'évaluation de la fertilité.

Les sélections opérées dans les plantations comparatives par le gel et la sécheresse, ainsi que les connaissances déjà acquises dans l'aire naturelle, permettent de proposer un choix de provenances pour la zone supra-méditerranéenne française (étage du chêne pubescent), en fonction des risques potentiels de sécheresse. Sous réserve d'éviter la plantation à proximité des beaux peuplements de *Pinus halepensis*, on réservera à *Pinus brutia*, dans la zone d'introduction actuelle, les seules stations où l'on peut espérer obtenir une première ou deuxième classe de fertilité.

*Pinus brutia* donnerait des résultats encore supérieurs dans les zones françaises correspondant à celles de l'aire naturelle à fortes productions

(climat méditerranéen atténué, notamment sur roches marneuses, ainsi que les substrats acides).

Dans chacune de ces deux situations, un choix de provenances est proposé, qui est en cours de validation par l'Office national des forêts.

**NOUALS D., JAPPIOT M., BOISSEAU B., 1993 - Plateaux et monts de Vaucluse, versants sud de Lure et Ventoux. CEMAGREF Aix-en-Provence, ONF, Rapport intermédiaire, 60 p., ann.**

Cette typologie des stations forestières s'inscrit dans le cadre des études spécifiques à la région méditerranéenne menées au CEMAGREF.

Ces 110.000 ha, compris entre les massifs de Lure, du Ventoux et des Monts de Vaucluse se situent dans une zone de calcaires durs à l'étage du Chêne pubescent.

Dans cette région très fortement anthropisée, la mise au point d'une méthodologie spécifique était nécessaire.

Nous avons dans un premier temps élaboré un modèle de système emboîté par découpages successifs de la zone en secteurs puis en unités en fonction du relief, de la géologie et de la distribution des matériaux.

Suite à la première campagne de terrain, un traitement manuel de nos relevés nous a permis de décrire 23 «types» basés sur la géomorphologie. Ces résultats ont confirmé les unités individualisées précédemment et ont montré également la nécessité d'un découpage supplémentaire. Ainsi, une organisation spatiale progressive de l'espace intégrant la compréhension de la répartition des matériaux et des sols s'avère adaptée à l'élaboration de types de stations dans cette région.

L'aspect climatique, que l'on peut ensuite approcher par la végétation, vient compléter cette première structuration du milieu.

**RIPERT C., BOISSEAU B., 1993 - Ecologie et croissance du Cèdre de l'Atlas en Provence (Coll. Les Cahiers de la forêt méditerranéenne, n° 2) CEMAGREF, Aix-en-Provence, 20 p.**

**RIPERT C., BOISSEAU B., 1993 - Ecologie et croissance du Cèdre de l'Atlas en Provence. 81 p., bibl., ann.**

Le Cèdre de l'Atlas a été introduit au siècle dernier dans le Sud-Est de la France où il s'est très bien adapté et se régénère naturellement.

Depuis une vingtaine d'années, c'est une des essences de reboisement les plus importantes en région méditerranéenne française.

Les résultats obtenus toutefois sont assez inégaux, d'autant plus qu'il est introduit dans des situations de plus en plus variées. Aussi, une

connaissance plus approfondie de ses exigences écologiques et des facteurs limitant sa croissance s'est très vite avérée nécessaire.

Une étude autécologique a donc été entreprise à partir des nombreux boisements de cèdre existants.

Sur le domaine d'étude, la croissance en hauteur du cèdre est conditionnée en premier lieu par le climat (pluie totale, température, altitude).

En Provence calcaire, l'optimum climatique pour la croissance du cèdre se situe plutôt dans l'arrière pays.

Hors de cette zone et notamment aux altitudes les plus basses (< 400 m) son introduction reste possible si les conditions, de sol en particulier, peuvent compenser les effets défavorables du climat (pluviométrie totale annuelle < 650 mm).

Sur le plan édaphique, le volume de substrat prospectable par les racines est le facteur principal pour sa croissance.

L'évaluation de ce volume ne se limite d'ailleurs pas au sol. Le cèdre est capable de prospecter en profondeur grâce à un système racinaire puissant. Dès lors, les qualités du sous-sol et notamment la fissuration de la roche mère joue aussi un rôle important dans l'évaluation de la fertilité.

Les résultats obtenus se présentent sous deux formes :

- une description qualitative du comportement écologique du cèdre sur la zone étudiée,
- une clé de détermination de l'indice de fertilité en fonction des conditions de milieu rencontrées.

Cette clé de détermination doit permettre au forestier, par un diagnostic rapide, d'apprécier si le cèdre est adapté au site et présentera une bonne croissance.

Le domaine de validité de la clé couvre la Basse Provence calcaire et l'Arrière Pays Méditerranéen soit les départements des Bouches du Rhône, du Var calcaire, du Vaucluse et les parties les plus méridionales des Alpes de Haute-Provence et de la Drôme.

Hors de ce domaine et notamment dans les Préalpes du Sud, le climat nettement plus favorable au cèdre devrait favoriser d'avantage encore la croissance de cette essence.

Pour le Languedoc-Roussillon, on se référera aux résultats exposés dans le Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français.

## **PROGRAMME PROTECTION DES FORETS CONTRE L'INCENDIE**

**LECOMTE P., MILLO C., 1993 - Les grandes coupures. Informations DFCI, n° 29, septembre 1993, 7 p.**

**LECOMTE P., MILLO C., 1993 - Caractéristiques des grandes coupures. Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne. La Grande Motte (France) 6-7 octobre 1992 Série les Colloques de l'INRA, n° 63, 251-260**

**MAILLET A., 1993 - Information géographique et SIG. Informations DFCI, n° 28, juin 1993, 4 p.**

**MAILLET A., 1993 - La variabilité spatiale du risque d'incendie en forêt. Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne. La Grande Motte (France) 6-7 octobre 1992 Série les Colloques de l'INRA, n° 63, 193-200.**

**MAILLET A., 1993 - La variabilité spatiale du risque d'incendie : Influence des facteurs du milieu naturel et humain. Rapport d'étape, 54 p.**

**MAILLET A., VIDAL A., 1993 - La télédétection, une source d'information géographique. Information DFCI n° 28, juin 1993, 1 p.**

**NICOLETIS E., 1993 - Typologie des grandes coupures pour la protection des forêts contre l'incendie. CEMAGREF Aix en Provence, ENGREF Nancy, Rapport de stage, 109 p.**

**VIDAL A., DEVAUX-ROS C., MAILLET A., 1993 - Forest fire risk monitoring using Thematic Mapper thermal infrared and ERS-1 SAR data. Proceedings of the workshop on Thermal Remote Sensing, La Londe Les Maures, France, 20-23 septembre 1993**

**VIDAL A., DEVAUX-ROS C., BEAUDOIN A., MAILLET A., 1993 - Forest fire risk monitoring using TM thermal IR and ERS-1 SAR data. Proc. International Workshop on Satellite Technology and GIS for Mediterranean Mapping and Fire Management, Thessalonique, 4-6 November 1993.**

**VIDAL A., DEVAUX-ROS C., BEAUDOIN A., MAILLET A., 1993 - Suivi du risque d'incendie de forêt par l'utilisation de données IR thermique de Landstat TM et SAR d'ERS-1. Journées GIS Réal-Collobrier, Avignon, 22-23 novembre 1993. A paraître dans les Etudes de géographie physique.**

**VIDAL A., PINGLO F., DURAND H., DEVAUX-ROS C., MAILLET A., 1993 - Evaluation of temporal fire risk in mediterranean forests from NOAA-AVHRR thermal IR data. Workshop on Remote Sensing of Soils and Vegetation, Phoenix Az, January 1993.**

**VIDAL A., PINGLO F., DURAND H., DEVAUX-ROS C., MAILLET A., 1993 - Evaluation of a temporal fire risk index in mediterranean forests from NOAA thermal IR. Acepté dans : Remote Sensing of Environment.**

## **PROGRAMME RELATION FORET-GIBIER**

**BALLON Ph., 1993 - Dégâts de gibier : la solution des répulsifs. Arbre actuel, n° 5, 46-48.**

Cet article fait le point sur les limites à l'utilisation des produits répulsifs pour protéger les jeunes régénérations forestières. Des considérations sont apportées sur le coût des techniques ainsi que sur les recherches actuelles en la matière.

**CEMAGREF, GERE, GREGE, 1993 - Landes de Gascogne : bilan de l'impact des populations de cervidés sur le pin maritime. Plaquette co-éditée par l'ONC et les Fédérations Départementales des Chasseurs des Landes, de la Gironde et du Lot et Garonne, 16 p.**

Cette plaquette diffusée à 5 000 exemplaires marque l'aboutissement logique d'une étude débutée en 1986. Elle résume à l'attention des forestiers et des chasseurs les principales informations concernant l'importance des dégâts de cervidés sur ce massif, leurs conséquences ainsi que les moyens de prévention utilisables.

**DENIS M., 1992 - La fin de l'été, une période cruciale pour les chevreuils, Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse, n° 174, 10-14.**

L'analyse de l'offre alimentaire estivale de six territoires à chevreuils de densités contrastées montre qu'au fur et à mesure de l'approche du déséquilibre faune-flore, ce n'est pas seulement la qualité de l'alimentation de fin d'été qui peut-être un facteur limitant de l'accroissement de la population mais également, tout simplement, la quantité de nourriture offerte ; son abondance est alors voisine de celle présente en fin d'hiver. Ceci conforte les hypothèses de BOBEK (1977) et d'ELLENBERG (1979) prétendant que la nourriture estivale a une influence considérable sur la condition physique des chevrettes et par conséquent, sur le succès reproducteur.

**DENIS M., 1992 - Food composition, winter diets of the roe deer and relative feeding capacity of forest stands in some areas in France. in Global Trends of Wildlife Management, Vol. 2, 583-588, Ed. BOBEK,**

**PERZANOWSKI and REGELIN, Swiat Press, Krakow-Warszawa 1992 (publié en 1993).**

Il est fait la synthèse de cinq inventaires floristiques hivernaux de territoires à haute densité de chevreuils ( $d > 20$  têtes/100 ha) ; les résultats concernent à la fois les préférences alimentaires, les régimes alimentaires, les relations entre offre alimentaire et son utilisation par l'espèce et l'influence des stades de développement des peuplements forestiers sur l'abondance et l'importance de la flore pour le chevreuil. L'auteur propose de coter ces stades sous forme d'indices de valeur alimentaire, lesquels conduisent à une évaluation de la forêt et surtout à la définition d'objectifs en terme de densités optimales pour des interactions satisfaisantes entre le chevreuil et son habitat forestier.

**FICHT C., 1993 - Etude des niveaux d'abondance de la flore utilisable par les cervidés dans la Réserve Nationale de Chasse de la Petite Pierre en liaison avec l'essence (*Fagus sylvatica* et *Abies alba*) et la sylviculture. Mémoire FIF 3ème année, 64 p + annexes.**

A partir d'un inventaire systématique de la végétation hivernale disponible dans les hêtraies et dans les sapinières, il a pu être montré que les peuplements de sapin offrent un gagnage bien plus important que les hêtraies. Dans les deux types de peuplements l'étude de l'abondance de la végétation révèle qu'elle est souvent négativement corrélée à la surface terrière et à la densité de tiges. Cette étude révèle également des problèmes quant à la conduite des engrillagements.

**GUIBERT B., 1993 - Dégâts de gibier en forêt : exemple des cervidés dans le massif des Landes de Gascogne. Actes du colloque international "Protection et gestion de la faune sauvage en milieu rural et forestier" (Bordeaux, 29 et 30 septembre 1992), 275-298.**

Après une présentation rapide du milieu et des populations de cervidés du massif des Landes de Gascogne, l'auteur présente les résultats d'une étude régionale sur les dégâts de cervidés en milieu forestier. Dans le cas du pin maritime, les abrouissements apparaissent comme très dépendant de la densité des cervidés présents, les frottis sont rares, enfin les écorçages certes spectaculaires restent cependant localisés. Après un examen des conséquences de ces atteintes, l'auteur présente les moyens actuellement disponibles pour s'en prémunir.

**GUIBERT B., MAIZERET Ch., BALLON Ph. et MONTES E., 1993 - Potentialités alimentaires des Landes de Gascogne pour le chevreuil**

**(Capreolus capreolus) : rôle de la gestion sylvicole. Gibier-Faune Sauvage, Vol. 10, 21-38.**

Cette étude réalisée conjointement avec le GERE et le GREGE analyse les effets de la sylviculture intensive du pin maritime sur les disponibilités alimentaires des chevreuils. La lande mésophile, largement dominée par la fougère aigle est la plus pauvre. Les landes sèches et humides ont des meilleures potentialités. Dans les zones les moins favorables (lande mésophile et lande sèche) les disponibilités alimentaires dépendent largement de la fréquence des entretiens du sous bois.

**GUIBERT B., MAIZERET Ch., BALLON Ph. et MONTES E., 1993 - Influence de la station et de la gestion sylvicole sur les populations de chevreuils des Landes de Gascogne - Annales 1992 du Département Forêts du CEMAGREF, 151-175.**

**LANGUMIER C., 1993 - Evaluation des dégâts de cervidés en forêt domaniale de Tronçais. Rapport de stage BTS Productions forestières, 25 p. + annexes.**

Ce rapport fait état dans le massif de Tronçais de la nature et de l'abondance des dégâts commis par le cerf élaphe sur les régénérations de chênes. Il apparaît que la situation actuelle reste très préoccupante même si la pression des cervidés sur les jeunes peuplements a tendance à diminuer depuis 1 ou 2 ans.

**LECOMPTE F., 1993 - La capacité alimentaire en cervidés des peuplements résineux est-elle favorisée par les éclaircies ? Rapport de stage BTS Productions forestières, 29 p + annexes.**

A partir de relevés de végétation disponible dans des dispositifs expérimentaux d'éclaircie en région centre il a pu être montré le caractère positif des éclaircies sur le plan alimentaire vis-à-vis des cervidés. Cependant cet effet est à relativiser en fonction du type d'éclaircies et des conditions stationnelles.

**LEONARD Y., 1993 - Indice kilométrique et indice ponctuel : des bio-indicateurs hivernaux ? Mémoire CSTC, CFPPA Vendôme, 22 p.**

Dans le cadre de la mise au point de techniques de suivi des populations de chevreuils en habitat mixte, plaines et bois, l'auteur évalue l'efficacité de quelques techniques légères et montre que l'indice ponctuel

d'abondance mis en oeuvre en phase nocturne (deuxième tiers de la nuit) est plutôt performant, voire supérieur aux divers indices kilométriques, dans l'habitat considéré.

**POIREL C, 1993 - Mise au point d'anti-appétents pour le chevreuil. Bulletin Mensuel de l'Office National de la Chasse, n° 180, 18-23.**

Cet article fait le point de travaux préliminaires dans le cadre d'une thèse sur la mise au point d'antiappétents pour le chevreuil. Il explique la démarche utilisée dans le cadre de cette recherche. Les premiers résultats obtenus très encourageants sont décrits.

**PROUDHON P., 1993 - Etude de l'utilisation des peuplements forestiers par les grands cervidés dans le massif d'Is-sur-Tille (21). Mémoire FIF 3ème année, 51 p. + annexes.**

Le travail réalisé a permis de mettre en évidence l'intérêt de certains peuplements vis-à-vis des cervidés. L'originalité de la méthode a consisté à partir d'un inventaire statistique stratifié selon l'âge et la position topographique des peuplements, de croiser une typologie de fréquentation des milieux (basée sur des indices de présence et d'abrutissement) avec une typologie de peuplement. Cette méthodologie nouvelle mériterait d'être reproduite dans d'autres massifs.

## **PROGRAMME FORET DE MONTAGNE**

**BERGER F. 1993 -Etude des forêts à fonction de protection du département de la Savoie - Synthèse générale. CEMAGREF Grenoble (compte-rendu de recherche). 36 pages et annexes.**

L'étude des forêts à fonction de protection nécessite la réalisation d'une clé de classification et de caractérisation des peuplements en fonction de leur rôle de protection. L'élaboration d'une telle clé est basée sur les croisements cartographiques des cartes de localisation des aléas naturels avec les cartes forestières.

L'outil cartographique utilisé pour ces recoupements a été le système d'information géographique Arc Info. Les zones de l'inventaire forestier national du Beaufortain, des Aravis et de la Maurienne ont été ainsi cartographiées.

Le domaine de validité et la robustesse des grilles de classifications proposées dans cette étude, ont été testés statistiquement et des études de terrain.

La surface analysée représente une surface totale de 44 038 ha dont 14 514,1 ha ont été classés en forêt à fonction de protection, soit 32,8 % de la surface de la zone étudiée. Ces forêts ont fait l'objet d'une classification en zone d'intervention forestière prioritaire.

Cette étude a aussi permis de définir la nature et de donner une estimation financière des interventions forestières nécessaires pour préserver ou augmenter la fonction de protection des forêts.

En dehors des aspects de zonage et de programmation, cette étude devra permettre de réaliser à partir de scénari fixés par les gestionnaires (modifications des données économiques, aggravation de la donnée aléas naturels...) de simuler l'évolution future de ces peuplements.

**BERGER F. - RENAUD J.P. 1993 - Stabilité et fonction de protection des forêts de montagne dans les Alpes françaises. L'exemple de la forêt domaniale de Rioupéroux (Isère).**

*I - Caractérisation et cartographie des peuplements forestiers à fonction de protection par l'utilisation du système d'information géographique Arc Info et la réalisation d'un modèle numérique de terrain. Article proposé et*

accepté par le Revue Forestière Française, à paraître en 1994. CEMAGREF de Grenoble.

Cet article permet d'illustrer, à travers l'exemple d'une forêt de l'Isère particulièrement exposée aux risques naturels, une méthodologie de cartographie des forêts à fonction de protection.

L'utilisation d'un système d'information géographique et le croisement de données spatialisées concernant la forêt, les aléas naturels et les enjeux menacés, ont permis de cartographier de manière automatique des zones d'intervention forestière prioritaire (ZIFP). Une grille logique de classification combinant différents facteurs permet de proposer une hiérarchisation des priorités et constitue, à terme, un véritable outil d'aide à la décision pour les aménagistes et gestionnaires.

**COURBAUD B. (1) - HOUILLER F. (2) - RUPE C. (3) 1993 - Un modèle de croissance en hauteur des arbres en pessière pure irrégulière de montagne. Annales des sciences forestières (1993) 50, 337-351. (1) CEMAGREF Grenoble - (2) ENGREF, laboratoire ENGREF/INRA de recherches en sciences forestières, unité dynamique des systèmes forestiers - (3) ONF, service départemental des Hautes-Alpes.**

Un modèle de croissance en hauteur des arbres en pessière pure irrégulière de montagne est présenté. De type "arbre dépendant de la distance", il permet de simuler pas à pas l'évolution d'une placette dans laquelle chaque arbre est considéré à la fois comme individu modélisé et comme compétiteur potentiel pour les autres arbres de la placette. Pour chaque pas de calcul de  $t$  à  $t + Dt$ , l'accroissement d'un arbre  $i$  est calculé par l'équation :

$$\Delta H_{i,t} = POT_{i,t} \times RED_{i,t} \quad \text{avec } POT_{i,t} = f(H_{i,t}) \quad \text{et} \quad RED_{i,t} = g(OMB_{i,t})$$

$\Delta H_{i,t}$  = accroissement en hauteur de l'arbre  $i$  de  $t$  à  $t + Dt$  ;  $POT_{i,t}$  = accroissement potentiel sans compétition ;  $RED_{i,t}$  = réducteur de croissance = effet de la compétition ;  $H_{i,t}$  hauteur de l'arbre  $i$  à l'instant  $t$  ;  $OMB_{i,t}$  = indice d'ombrage reçu par l'arbre  $i$  à  $t$ . Pour ajuster le modèle, l'histoire de la croissance d'une placette de 56 arbres située en forêt de Chamonix a été reconstituée. Le modèle de compétition a permis de représenter un tiers de la variabilité interindividuelle. Testé également de manière théorique, il s'est montré capable de reproduire la diversité des formes des courbes de croissance en hauteur rencontrée en forêt irrégulière et les évolutions de la structure d'une trouée forestière. Des perspectives d'utilisation de ce modèle sont présentées : simulation des modifications de la structure d'une placette et comparaison de différentes conditions de croissance.

**GRESLIER N. 1993 - Inventaire des forêts subnaturelles de l'arc alpin français. Mémoire de 3ème année. CEMAGREF Grenoble - FIF ENGREF. 65 pages et annexes.**

Suite à la conférence Paneuropéenne de Strasbourg, en 1990, les ministères de l'environnement et de l'agriculture ont chargé plusieurs organismes de recherche, dont le CEMAGREF de Grenoble, l'ENGREF et plusieurs universités, de l'étude des forêts peu transformées par l'homme ou abandonnées par lui depuis longtemps (forêts subnaturelles), dans les Alpes françaises.

Il s'agissait, notamment, de définir le seuil éventuel de gestion minimale à assurer pour restaurer ou conforter la stabilité des forêts de montagne, dont le rôle de protection contre les risques naturels et plus particulièrement l'érosion, n'est plus à prouver. Cette préoccupation est d'autant plus importante dans les conditions socio-économiques actuelles qui conduisent à gérer les forêts de façon de plus en plus extensive, en particulier dans les zones d'accès difficile et dans un contexte de forêts généralement vieilles.

Cet inventaire des forêts subnaturelles de l'arc alpin français entend donc fournir une typologie des différents écosystèmes forestiers abandonnés et une classification de ces forêts selon une échelle de subnaturalité.

Il constitue ainsi un outil de choix pour déterminer les sites de recherche les plus caractéristiques et permet une évaluation originale des peuplements dans un objectif de protection et d'études pluridisciplinaires.

Ces considérations apparaissent fondamentales dans le contexte européen actuel, très favorable à la création d'espaces naturels à la fois "conservatoires et observatoires".

**MOURIER N. 1993 - Choix d'espèces exotiques dans les reboisements à vocation de paravalanche. Quelques enseignements tirés des reboisements expérimentaux du CEMAGREF dans les Alpes françaises. CEMAGREF Grenoble (compte-rendu de recherche). 49 pages et annexes.**

Les reboisements de haute altitude sont étudiés depuis une vingtaine d'années par le CEMAGREF de Grenoble, à la fois du point de vue des essences et du point de vue des techniques.

De tels boisements peuvent avoir une vocation de protection, soit vis-à-vis de l'érosion, soit des risques d'avalanches. C'est sur ce dernier aspect que le CEMAGREF et des services RTM ont mis l'accent.

La forêt de haute altitude est soumise à des conditions écologiques très rudes, elle présente une grande fragilité et un fonctionnement extrêmement complexe.

Il était donc nécessaire de mieux connaître l'écologie de ces forêts artificielles, afin de gérer au mieux les futurs reboisements. Pour cela, les efforts du CEMAGREF se sont portés, depuis 1976, sur l'étude des conditions écologiques relatives aux sites de haute altitude, et sur l'autécologie des essences implantées.

Des dispositifs expérimentaux ont été installés dans 14 sites des Alpes françaises et 1 site pyrénéen. Les expériences portent sur les essences autochtones, mais également sur différentes provenances de conifères exotiques.

Cette étude propose donc une sélection des meilleures essences, mais aussi des meilleures provenances d'une même espèce pour les reboisements de haute altitude dans les Alpes françaises ; ceci dans le but de fournir un outil de gestion aux services RTM.

Parallèlement, les relations milieu (microstation) - plant (espèce ou provenance) ont été plus précisément étudiées sur un des sites expérimentaux.

**RENAUD J.P. - MERMIN E. 1993 -Caractérisation et organisation spatiale des structures d'une pessière non exploitée en Haute-Savoie : la forêt de Belle Face à Sixt. CEMAGREF Grenoble (compte-rendu de recherche). 20 pages et annexes.**

Cette étude constitue, selon la même démarche exposée plus haut pour le Bois du Chapitre, le premier volet d'un programme de recherche pluridisciplinaire sur les forêts subnaturelles de l'arc alpin.

Elle a permis de mettre en évidence la structure spatio-temporelle de cette forêt non exploitée, mais fortement perturbée par des phénomènes naturels (avalanches). L'installation sur des types structuraux caractéristiques de placettes permanentes doit permettre de développer plus finement les recherches sur la dynamique de ces peuplements irréguliers et sur les relations sol-végétation.

**RENAUD J.P. (1) - RUPE C. (2) - LECLERC D. (3) 1993 - Stabilité et fonction de protection des forêts de montagne dans les Alpes françaises. L'exemple de la forêt domaniale de Rioupéroux (Isère).**

*II - Analyse des structures et diagnostic sylvicole dans une forêt à fonction de protection. Modes de gestion et stabilité.* Article proposé et accepté par la Revue Forestière Française, à paraître en 1994. (1) CEMAGREF de Grenoble - (2) ONF service départemental des Hautes-Alpes - (3) ONF STIR Alpes.

Dans une zone à forts enjeux de protection, l'étude a porté sur l'analyse, sur 40 ha environ, des structures de peuplements dans une hêtraie-sapinière fortement déstabilisée par des chablis, les attaques de scolytes, la pollution fluorée (vallée de la Romanche).

La méthode de description, testée également sur 10 autres sites dans les Alpes du Nord permet de proposer une typologie basée essentiellement sur le degré d'ouverture et la stratification verticale du couvert des structures. Cette analyse débouche sur un diagnostic de la stabilité des peuplements et des propositions de règles sylvicoles mises en oeuvre avec les gestionnaires.

**SANDOZ J.C. 1993 - Caractérisation et organisation spatiale des structures d'une hêtraie-sapinière non exploitée des Hautes-Alpes : le Bois du Chapitre. Mémoire de 3<sup>ème</sup> année. CEMAGREF Grenoble - ENSAIA Nancy. 30 pages et annexes.**

Le Bois du Chapitre est une hêtraie-sapinière située dans les Hautes-Alpes (Dévoluy) dont l'arrêt d'exploitation se situe entre 1934 et 1951. Le haut de la forêt n'a même jamais été géré ; en cela, on peut l'assimiler à une forêt subnaturelle.

Afin de mieux connaître l'organisation structurale de ce type de peuplement, 43 ha de cette forêt ont été sélectionnés et un grand nombre de données qualitatives (composition, aspect, vitalité) et quantitatives (d'inventaires, dendrométriques...) prélevé selon un quadrillage à mailles carrées unitaires de 25 a.

Le traitement statistique des données qualitatives (AFCM, CAH) a permis d'obtenir 9 groupes typologiques. Une cartographie des groupes a montré l'existence de 3 facteurs fondamentaux expliquant la répartition spatiale des groupes : l'altitude, la géomorphologie et l'opposition de versants.

Cette étude était le premier niveau d'un programme pluridisciplinaire qui doit se poursuivre par l'établissement de placettes permanentes étudiant plus en détail la dynamique d'évolution des peuplements.





**Photo 5 - Plants repiqués avec la machine CEMAG exempts de déformations racinaires (P. Baldet, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)**

**Tableau 3 - Premiers résultats obtenus avec la repiqueuse CEMAG**

Essence	Age	Hauteur moyenne en cm	Diamètre au collet en mm	Glissement constaté (%)	% refusés (b)	% acceptés (b)	% indemnes (a)
Pin contorta	1 + 2	37	11	10.3	2	98	85
Epicea commun	1 + 2	22	6	5.2	0.5	99.5	98

(a) Plants n'ayant aucune déformation apparente du système racinaire imputable au repiquage.

(b) Au titre de la norme réglementaire.

Cette machine avait encore quelques problèmes de synchronisation qui apparaissent aujourd'hui à l'arrachage des plants deux ans après leur mise en place (cf. tableau 3).

Les pins sont plus affectés que les épicéas, probablement en raison du fort développement de leur partie aérienne qui a dû contribuer au patinage du convoyeur.

Depuis, de nombreux constats ont été effectués et contribuent à prouver que cette machine est opérationnelle et améliore notablement la qualité des systèmes racinaires (photo 5).

Un essai comparatif de grande envergure a été mis en place en 1992, les premiers résultats seront publiés fin 1993.

## Conclusion

Au cours de ces dernières années, des efforts considérables ont été accomplis pour améliorer la qualité génétique du matériel végétal mis à la disposition des reboiseurs. Ces efforts n'ont de sens que dans la mesure où les techniques de production en pépinière et de plantation permettent à ce matériel d'exprimer ses potentialités.

Par ailleurs, plus le niveau d'amélioration est élevé, plus la graine devient rare et onéreuse. Cela impose donc une recherche permanente d'augmentation du rendement de transformation graine/plant.

Au-delà du simple intérêt économique des pépinières forestières, la repiqueuse à pose linéaire s'inscrit donc parfaitement dans cette double logique d'accroissement simultané de la qualité et du rendement.



**Photo 4 - Convoyeur principal et convoyeur secondaire avec repères de densité (détail)**  
(S. Coulaud, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)

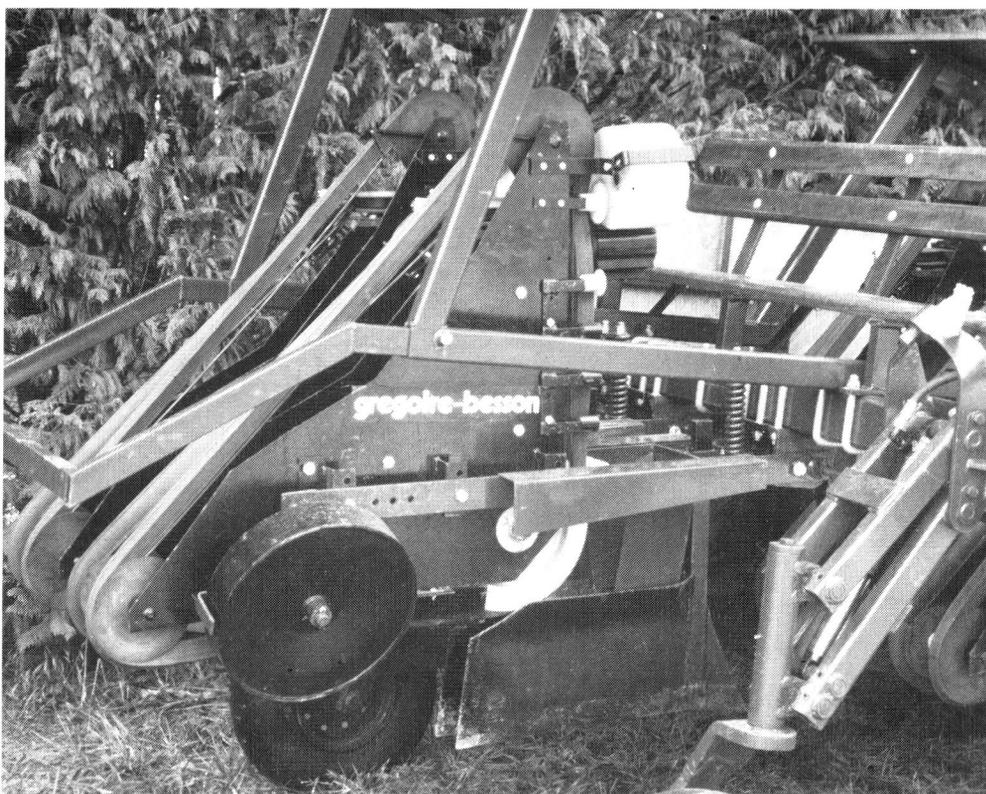
du signal vitesse. Ce dernier est amplifié pour subvenir à la mise en œuvre synchrone des éléments repiqueurs. Ce procédé donne entière satisfaction. Il peut assurer le bon fonctionnement simultané de dix éléments.

• *Essais du prototype "CEMAG"*

Plusieurs séries d'essais ont été effectuées au CEMAGREF ainsi que dans la pépinière forestière expérimentale de Peyrat-Le-Château.

Ces essais ont permis de terminer la mise au point de cette machine qui est maintenant parfaitement opérationnelle.

Afin de gagner une année de végétation, nous avons repiqué des semis de pin et d'épicéa âgés d'un an, malgré une mise au point partielle du modèle dont nous disposions alors.



**Photo 3 - Élément repiqueur unitaire** (P. Baldet, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)

Les courroies principales constituent en elles-mêmes un préhenseur continu. Ceci permet de choisir une densité par simple changement du tapis d'alimentation formant le convoyeur secondaire.

La machine, comme la plupart des repiqueuses, comprend un châssis principal sur lequel sont disposés des éléments repiqueurs unitaires au gré de l'utilisateur.

Le problème de la synchronisation a nécessité la mise en œuvre d'un dispositif d'entraînement original, car chaque élément requiert pour sa mise en mouvement un couple proche de 2 m/kg. L'obtention synchrone de ce mouvement pour plusieurs éléments à l'aide d'une roue d'entraînement posée au sol était en effet très aléatoire.

Après étude, le CEMAGREF a proposé l'adoption d'un système de synchronisation mécanique assisté par un amplificateur de couple hydraulique. Dans cette cinématique, la roue posée au sol n'est utilisée qu'en "émetteur"

- *La densité de plantation*

Avec les repiqueuses conventionnelles, il est possible de modifier la densité de plantation en faisant varier la vitesse des distributeurs rotatifs.

La pose linéaire ne permet pas à l'identique de telles possibilités. C'est la densité de chargement qui définit la densité de plantation.

- *La nature du convoyeur*

L'alternance de mouvements linéaires et rotatifs du convoyeur nécessite l'utilisation d'une structure souple telle que chaîne ou courroie sur laquelle sont disposés les organes de préhension des végétaux.

### **La repiqueuse "CEMAG"**

Après construction d'un modèle probatoire et vérification de ses performances (cf. tableau 2), un brevet a été déposé puis cédé aux Etablissements GREGOIRE et BESSON, qui ont produit une repiqueuse exploitant le principe de la pose linéaire baptisée "CEMAG" (photo 2).

Chaque élément repiqueur unitaire (photo 3) est constitué : d'un soc, d'un convoyeur principal constitué de deux bandes de caoutchouc mousse entre lesquelles les végétaux sont tenus, et d'un convoyeur secondaire qui assure l'alimentation en plants et définit la densité (photo 4).

**Tableau 2 - Essai du modèle probatoire à pose linéaire**

Essence	Age	Hauteur moyenne en cm	Diamètre au collet en mm	% plants refusés (b)	% plants acceptés (b)	% plants indemnes (a)
Epicea commun	1 + 2	-	-	1	99	93
Epicea commun (Jura)	1 + 2	-	-	1	99	95
Epicea commun (chablais)	1 + 2	-	-	1	99	96
Douglas darrington	2 + 1	63	11	1	99	97
Sapin grandis	2 + 2	25	7	1	99	99
Pin laricio	1 + 2	26	9	1	99	97

(a) Plants n'ayant aucune déformation apparente du système racinaire imputable au repiquage.

(b) Au titre de la norme réglementaire.



**Photo 2 - Repiqueuse CEMAG (vue d'ensemble)**  
(S. Coulaud, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)

Ce concept permet d'amener le plant à la verticale entre les deux parois du soc. Ceci procure l'assurance de disposer d'un sillon parfaitement ouvert. La machine avançant, le sillon se referme sur le végétal qui sort du soc pour être progressivement planté grâce à l'effondrement des parois du sillon et l'action du dispositif de tassement. Ce n'est qu'après cette ultime phase de tassement que le végétal est libéré du convoyeur.

### **Contraintes liées à la pose linéaire**

- *La synchronisation*

Le principe de la pose linéaire implique la synchronisation de la vitesse de défilement du convoyeur et de l'avancement de la machine. Cette condition est impérative. Des essais sur site ont démontré que le seuil de 5 % de différence ne doit pas être dépassé.

L'examen de plusieurs centaines de plants a mis en évidence qu'une écrasante majorité des déformations apparaissent à une profondeur de 8 à 10 cm.

## Les remèdes

### Le principe de la pose linéaire

L'amélioration des machines précédemment citées consistait donc à aménager une portion du convoyeur de telle sorte que le végétal soit assez longuement tenu vertical et immobile par rapport au sol.

Ceci a été réalisé en séparant les zones d'approche et de retrait du convoyeur par un segment à défilement, non plus rotatif mais linéaire (figure 2). La vitesse du convoyeur est égale en valeur et opposée en direction à celle de la repiqueuse.

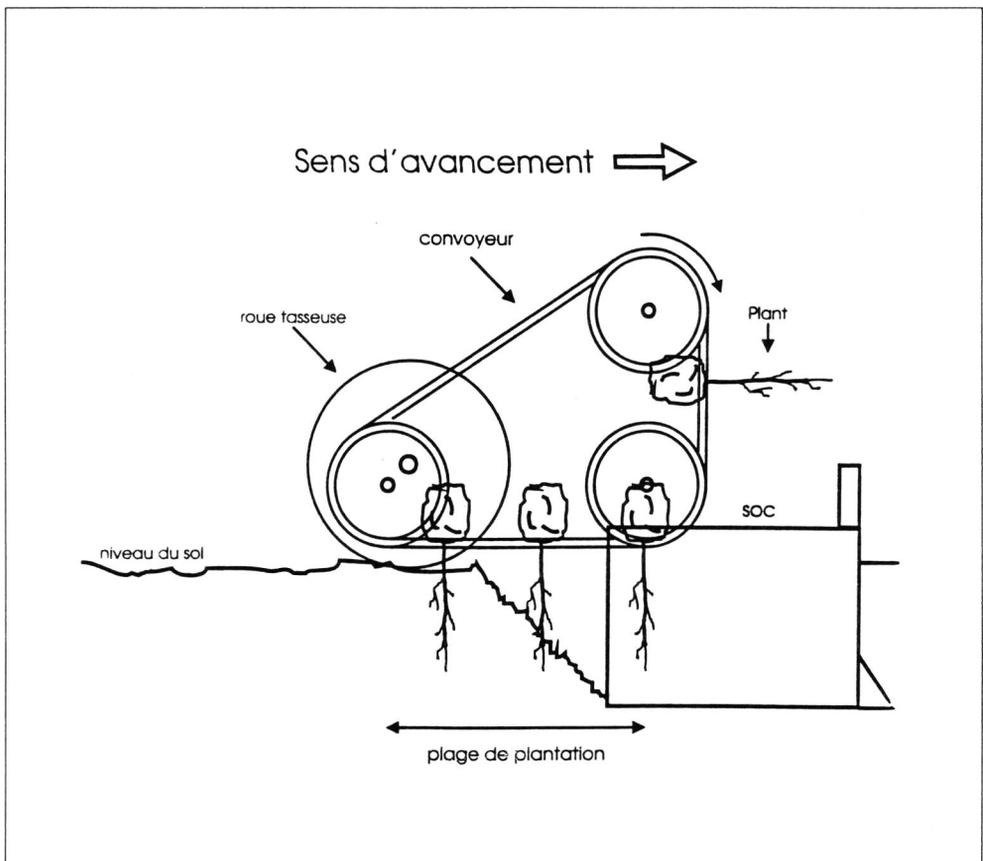
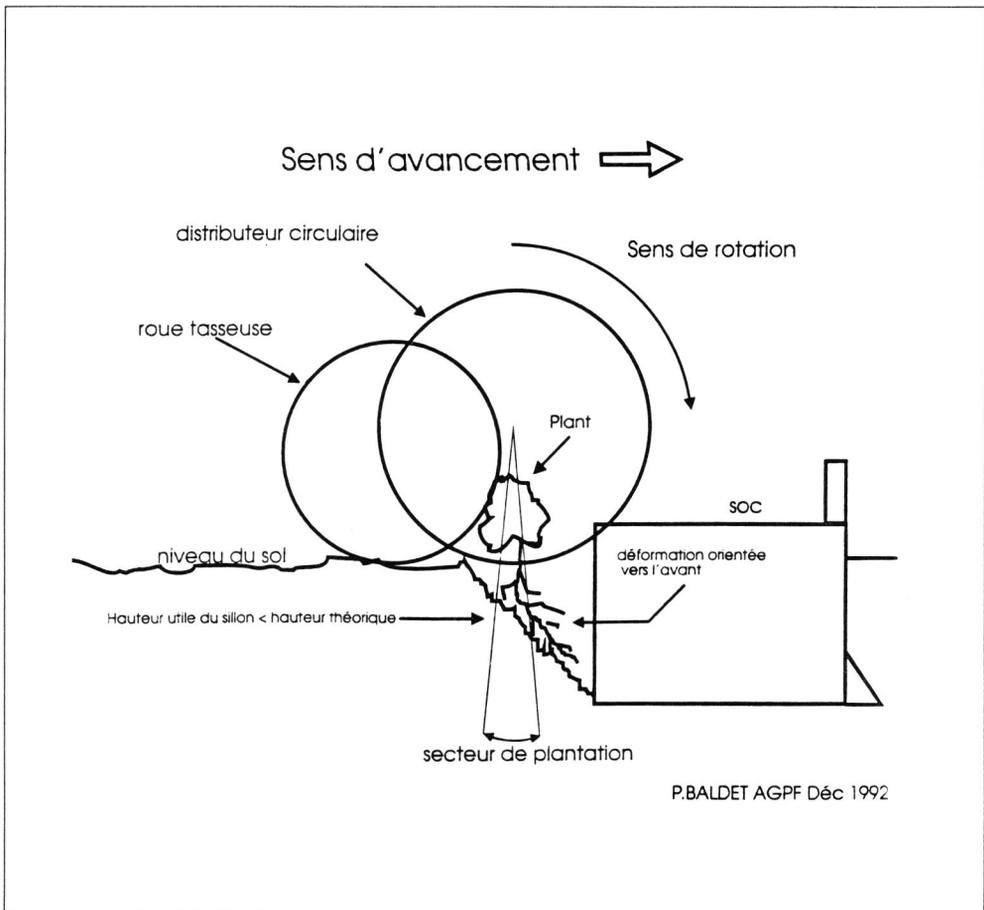


Figure 2 - Pose linéaire

Cette déformation est mineure dans les sols à forte cohésion et peut se révéler très importante dans les sols fluides ou secs.

En fait, le réglage des machines utilisées jusqu'alors doit être corrigé dès que les conditions de sol changent afin de faire coïncider au mieux la position de lâcher du semis et l'aptitude du sol à refermer plus ou moins promptement le sillon.

Afin de limiter l'apparition massive de ces déformations, l'habillage sévère des jeunes semis est souvent pratiqué. Malheureusement, il rend la reprise plus difficile, ce qui peut conduire à un taux élevé de mortalité. A l'opposé, un semis peu ou pas habillé a une meilleure reprise mais se trouve plus exposé aux risques de déformations.



**Figure 1 - Pose rotative conventionnelle**

**Tableau 1 - Pourcentage de plants déformés lors d'un repiquage en conditions difficiles**

Essence	Age	Hauteur moyenne en cm	Diamètre au collet en mm	% plants refusés (b)	% plants acceptés (b)	% plants indemnes (a)
Sapin nordmann	2 + 2	-	-	69	31	17
Sapin grandis	1 + 2	18	7	51	49	8
Sapin nordmann	2 + 2	20	7	48	52	27
Douglas	1 + 1	25	5	48	52	27
Pin laricio	2 + 1	14	6	63	37	26

(a) Plants n'ayant aucune déformation apparente du système racinaire imputable au repiquage.

(b) Au titre de la norme réglementaire.

### ***Les causes des déformations racinaires***

Depuis le début des années soixante, les pépiniéristes forestiers utilisent, pour réaliser le repiquage, des machines horticoles conçues pour la mise en place de certains légumes tels que poireaux, choux, etc.

Le principe de fonctionnement de ces machines repose sur l'utilisation d'un soc qui ouvre un sillon dans lequel le semis est posé par un dispositif effectuant un mouvement circulaire (figure 1).

Ce dispositif rotatif peut être équipé de différents systèmes de préhension (pince individuelle, ou maintien entre deux disques souples). Les semis sont positionnés manuellement dans la partie supérieure du disque et libérés dans sa partie inférieure. Or, la réalisation d'une plantation exempte de déformations racinaires exige la succession de trois phases :

- ouverture d'un sillon d'une profondeur suffisante,
- positionnement du plant,
- maintien du plant pendant toute la période de rebouchage.

Le dispositif rotatif convient parfaitement pour les deux premières phases, mais s'avère inadapté pour une exécution correcte de la troisième. En effet, la fermeture du sillon n'est pas instantanée et ne peut donc pas coïncider avec le laps de temps très court pendant lequel le semis est en position verticale.

De plus, le semis est posé dans un sillon en cours de rebouchage ; il en résulte souvent l'apparition d'une déviation des racines dans la direction du sens d'avancement de la machine.

Le repiquage a donc pour principal objet de donner à la plante l'espace optimum en fonction de son stade de développement. Usuellement, le semis est réalisé à la densité moyenne d'environ 500 germes vivants par m<sup>2</sup>, et le repiquage entre 60 et 100 individus par m<sup>2</sup>.

Par ailleurs, lors de cette opération, les racines, et notamment le pivot, sont naturellement, voire intentionnellement, sectionnés, ce qui favorise la division du système racinaire. Or, des contraintes pratiques de manipulation des plants et de plantation conduisent à raccourcir (= habiller) les racines qui dépassent une certaine dimension. Il est donc préférable d'avoir un système racinaire plus compact et ramifié, la reprise en plantation étant également fortement influencée par la masse du système racinaire.

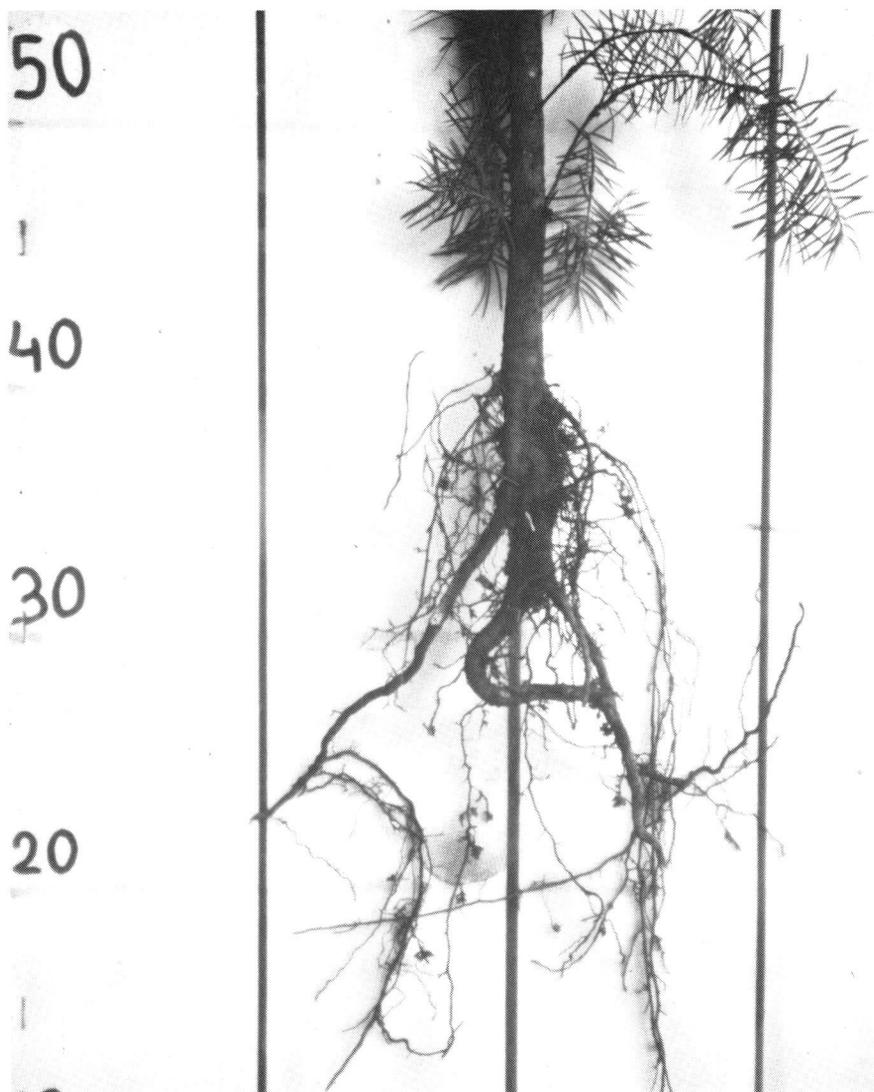
### ***Les conséquences du repiquage***

A l'occasion du repiquage, des déformations parfois importantes du système racinaire peuvent être provoquées (photo 1). Ces déformations sont susceptibles d'altérer à terme la stabilité et la croissance des arbres. Ceci a conduit l'administration à établir des normes de qualité extérieure des plants forestiers, visant à éliminer les plants présentant des déformations racinaires excessives.

Les principales dispositions réglementaires quant au choix des plants forestiers sont reprises dans le guide "*Réussir la Forêt*" édité par le ministère de l'Agriculture. Elles prévoient notamment que les plants dont la racine principale est gravement déformée, ou plus généralement forme avec la tige un angle inférieur à 110°, ne sont pas de qualité loyale et marchande, et doivent donc être mis au rebut.

Des enquêtes en pépinière ont montré que le taux de plants non commercialisables du fait des déformations racinaires consécutives au repiquage pouvait varier de 10 % à 80 %. Toutes les essences ne sont pas également concernées, mais il semble que les genres *Abies* et *Pinus* soient les plus touchés. Un comptage effectué dans la pépinière administrative de Peyrat-Le-Château sur des parcelles où le repiquage s'était avéré difficile, a donné les valeurs mentionnées dans le tableau 1.

Ces chiffres sont probablement très supérieurs à la moyenne nationale, mais il semble que le taux de plants éliminés par suite des déformations racinaires soit au minimum de 10 %.



**Photo 1 - Déformation racinaire due au repiquage avec une repiqueuse conventionnelle** (P. Baldet, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)

d'autre part, les jeunes semis sont exposés à de multiples agressions (pathogènes, oiseaux, rongeurs...).

De plus, le rendement des semis est généralement meilleur pour des densités nettement supérieures à la densité finale d'élevage, du fait de la coopération entre semis.

# "CEMAG", une nouvelle repiqueuse pour plants forestiers

*Patrick Baldet*

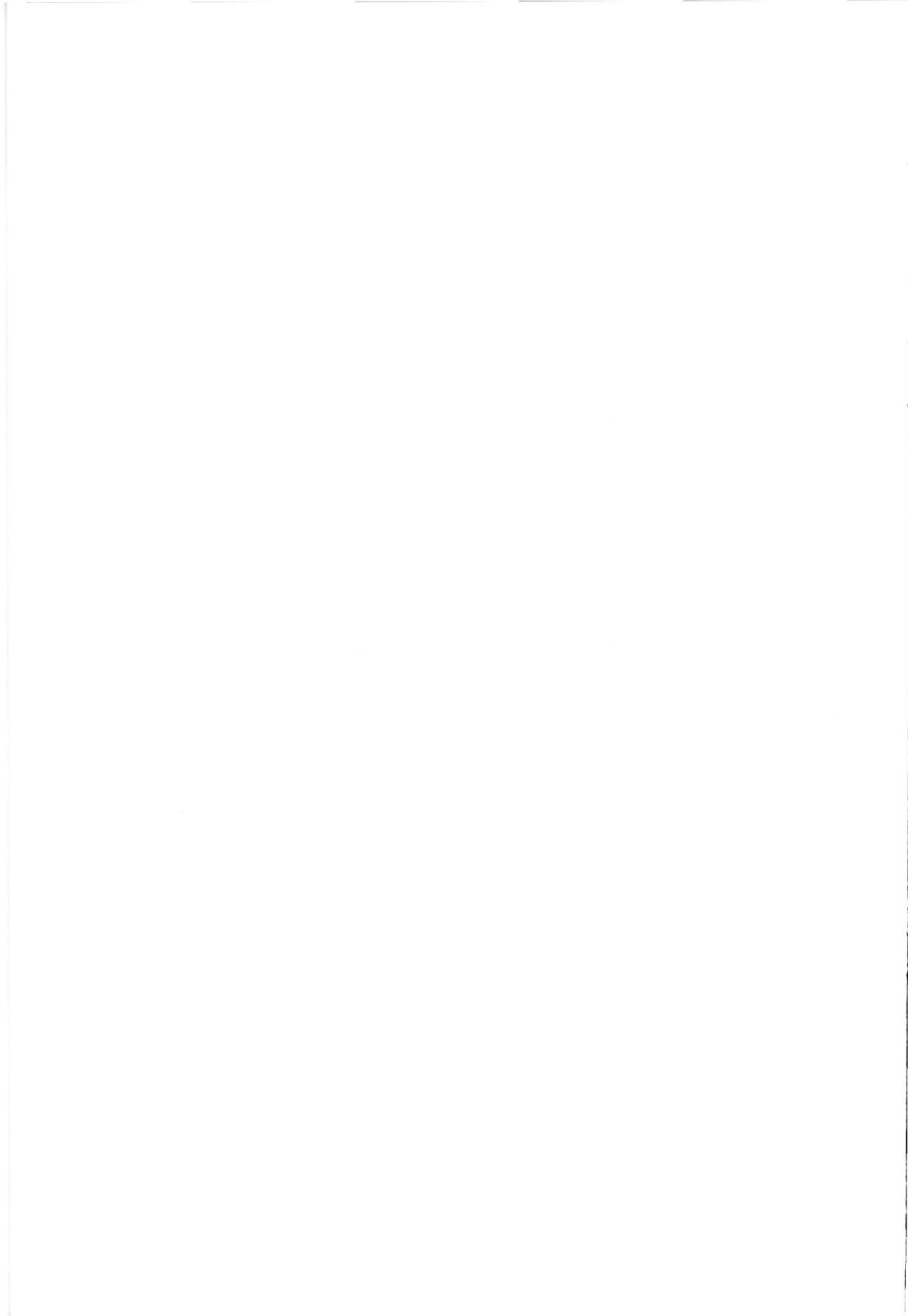
**E**n 1990, les pépinières françaises ont commercialisé 100 millions de plants forestiers dont 1,4 million en conteneurs et 98,6 millions à racines nues.

Pour ces derniers, l'élevage peut se faire à densité constante pendant toute la durée de la présence en pépinière, ou bien être séparée en deux étapes successives. On a alors une phase initiale de semis à forte densité, suivie après transplantation d'une phase de grossissement à plus faible densité. Cette opération intitulée repiquage se pratique une à deux années après le semis. Elle est mentionnée dans le classement normatif des plants par l'utilisation du signe "+" séparant la durée en années des deux phases d'éducation : on parlera de plants 1 + 2, 2 + 2...

Dans la pratique, les résineux font très généralement l'objet d'un repiquage, alors que cette technique est rarement utilisée pour les essences feuillues. En 1990, environ 60 millions de plants repiqués ont été commercialisés.

## **L'intérêt du repiquage**

L'aptitude à la reprise des plants forestiers après leur installation en forêt est fortement conditionnée par le rapport entre leur diamètre au collet et leur hauteur au bénéfice des plants "trapus". Ceci a conduit à fixer des normes minimales, dont le respect impose au pépiniériste une densité régulière et pas trop élevée en pépinière. Or, il est difficile d'obtenir une régularité satisfaisante dans un semis du fait que, d'une part toutes les graines ne germent pas (la faculté germinative dépend de l'essence, des conditions de fructification, de la durée et des méthodes de conservation...), et que,



# 3. Informations Techniques



## INFORMATIONS TECHNIQUES



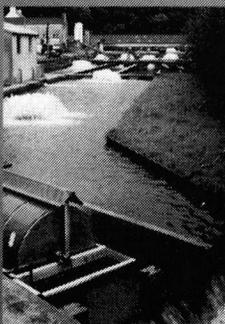
**Œnologie et pollution**

**Europe et peupliers**

**Déchets ménagers**

**Pisciculture et  
environnement**

**Forêt**



**Décembre 1993 - N° 92**

Néanmoins, il faut bien considérer que le secteur des pépinières forestières en France constitue un marché limité, qui rend difficile la production industrielle de machines spécialisées.

Le parc français des repiqueuses forestières peut être estimé à environ 120 machines, ce qui donne un marché moyen d'environ 10 à 20 machines par an.

La repiqueuse "CEMAG" n'a en fait pu être industrialisée avec succès que dans la mesure où cette technique se prête à d'autres applications. Les maraîchers sont notamment confrontés au même problème pour certaines cultures comme le poireau, le chou ou encore le tabac. Ils ont montré un vif intérêt pour le prototype et ont acquis 95 % des machines commercialisées à ce jour.

Enfin, il faut noter qu'au sortir de la pépinière, la plantation en forêt, qu'elle soit manuelle ou mécanisée, est également à l'origine de fréquentes déformations racinaires. Le principe de la pose linéaire pourrait également être mis en œuvre à ce niveau. Cette extension demanderait néanmoins des adaptations, compte tenu de l'hétérogénéité et de la topographie des milieux forestiers.

### Bibliographie

**Direction de l'Espace Rural et de la Forêt.** 1992. Résultats de l'enquête statistique effectuée dans les pépinières forestières en 1990, *DERF*, 10 p.

**MARTINEZ F., FABRE D.** La planteuse SIFER 7802 dans les reboisements en eucalyptus. *Annales de la Mécanisation Forestière*, 1983, 33 p.

**LACAZE J.F.** Influence des déformations racinaires au repiquage sur la croissance des plants d'épicéa en pépinière. *Revue Forestière Française*. Septembre-octobre 1968, 3 p.

**CHAMPEAUX H.** Démonstration de la machine à planter CEMAG. *L'Horticulture Française*. Octobre 1991, 1 p

#### Adresse du constructeur :

**GREGOIRE ET BESSON, 49230 MONTIGNE/MOINE. Tél. : 41 64 72 67**

Tarif CEMAG 1992 (prix culture départ usine) :

Repiqueuse 2 rangs sur un châssis : 40.400 F. HT

Repiqueuse 5 rangs sur un châssis : 70.400 F. HT

Repiqueuse 5 rangs sur deux châssis : 86.500 F. HT

• 1 châssis : inter-rang mini 50 = cm

• 2 châssis : inter-rang mini 25 = cm



# **Production d'une variété multiclonale d'Épicéa commun**

*Sandrine Coulaud  
Michel Verger*

**I**l y a plus de 30 ans, l'INRA a engagé un programme d'amélioration génétique de l'Épicéa commun. Celui-ci avait pour objectif de déterminer les sources de graines les mieux adaptées aux reboisements réalisés en dehors de l'aire naturelle de l'Épicéa commun, notamment les reboisements de basse et moyenne altitude (Ferrand J. Ch., 1986). Des tests de provenances ayant montré une nette supériorité des provenances polonaises pour les critères de vigueur, tardiveté de débourrement, et qualité du bois, des arbres ont alors été sélectionnés dans ces populations.

A partir des graines récoltées sur ces arbres, et semées en pépinière, deux voies de diffusion ont été exploitées :

- la voie générative, par la constitution de vergers à graines ;
- la voie végétative, aboutissant à une variété multiclonale issue du bouturage des meilleurs individus.

Seule cette seconde voie sera abordée dans cet article.

Les gains attendus avec la variété multiclonale sont de 32 % sur la hauteur à 8 ans, par rapport à la meilleure provenance polonaise (Istebna). Sur le débourrement, ils sont de 8 jours de tardiveté par rapport à la provenance française Bonnétage, réputée tardive.

Les travaux concernant la mise au point de la méthode de production à grande échelle de cette variété ont débuté en 1980, et ont été menés de concert par l'INRA et le CEMAGREF.

Les essais ont eu lieu à l'INRA d'Orléans (Loiret) et au CEMAGREF de Nogent-sur-Vernisson (Loiret), ainsi qu'à la pépinière administrative de Peyrat-le-Château (Haute-Vienne), cette dernière étant plus particulièrement chargée

de la transposition des essais à une échelle plus importante.

Trois facteurs sont pris en compte dans la mise au point de la méthode :

- le pourcentage d'enracinement ;
- la qualité du système racinaire développé ;
- la forme générale du plant obtenu, l'objectif étant de produire des plants d'une qualité analogue à celle des plants issus de semis.

La production de plants issus de boutures comprend trois étapes :

- une phase de production du matériel végétal à bouturer, autrement dit de gestion des pieds-mères ;
- une phase de bouturage sensu-stricto, comprenant le prélèvement, l'insertion et l'enracinement des boutures en conditions contrôlées ;
- une phase d'élevage en pépinière des boutures enracinées, dernière phase avant la sortie de plants commercialisables.

## **La gestion des pieds-mères**

Les pieds-mères sont les plants ou les arbres sur lesquels sont prélevées les boutures. La gestion de ces pieds-mères vise à assurer une production en quantités suffisantes de boutures, et à maintenir une bonne aptitude au bouturage.

En ce qui concerne cette deuxième qualité, il semble que le vieillissement des pieds-mères affecte significativement :

### ● *le pourcentage d'enracinement*

Dans la bibliographie, une diminution importante du pourcentage d'enracinement avec la maturation des pieds-mères, est généralement observée. Ce phénomène semble d'autant plus marqué que les boutures sont prélevées dans les parties les plus éloignées du pôle racinaire (Roulund H., 1973).

### ● *la forme des plants*

Outre une diminution du pourcentage d'enracinement, on observe également une plagiotropie (croissance horizontale) relativement persistante (parfois plus de 4 ans) et qui entraîne un ralentissement de la croissance pouvant avoir des répercussions jusque sur le volume des arbres à 10 ans (Martin B., 1977).

S'il est difficile d'enrayer totalement le vieillissement des pieds-mères, il semble possible de le ralentir grâce à l'une ou l'autre des deux techniques de conduite suivantes (St-Clair J.-B., et al. 1985) :

● *le bouturage en cascade*

Cette méthode suppose une sélection précoce des clones au stade pépinière. Les ortets (individus têtes de clones) de 3-4 ans sélectionnés sont alors multipliés par bouturage (1<sup>er</sup> cycle de bouturage). Les ramets (copies végétatives des ortets) de première génération obtenus sont élevés en pépinière pendant 3-4 ans, puis bouturés à nouveau (deuxième cycle de bouturage) pour donner des ramets de deuxième génération rebouturés 3-4 ans plus tard (troisième cycle), etc. A chaque cycle de multiplication, les ramets sur lesquels sont prélevées les boutures sont ensuite commercialisés pour le reboisement, ou (cas des premiers cycles) installés dans des tests clonaux destinés à vérifier la validité de la sélection précoce et à réaliser la sélection définitive, (figure 1).

Avec cette méthode, la variété est donc mise en production commerciale avant que la sélection définitive ait été réalisée. Des clones y sont ajoutés ou retirés, selon les résultats obtenus dans les tests clonaux en cours de croissance.

Outre les risques encourus par la diffusion de clones sélectionnés à un stade très juvénile, cette méthode peut entraîner des modifications de la composition génétique de la variété par perte de clones lors des cycles successifs de

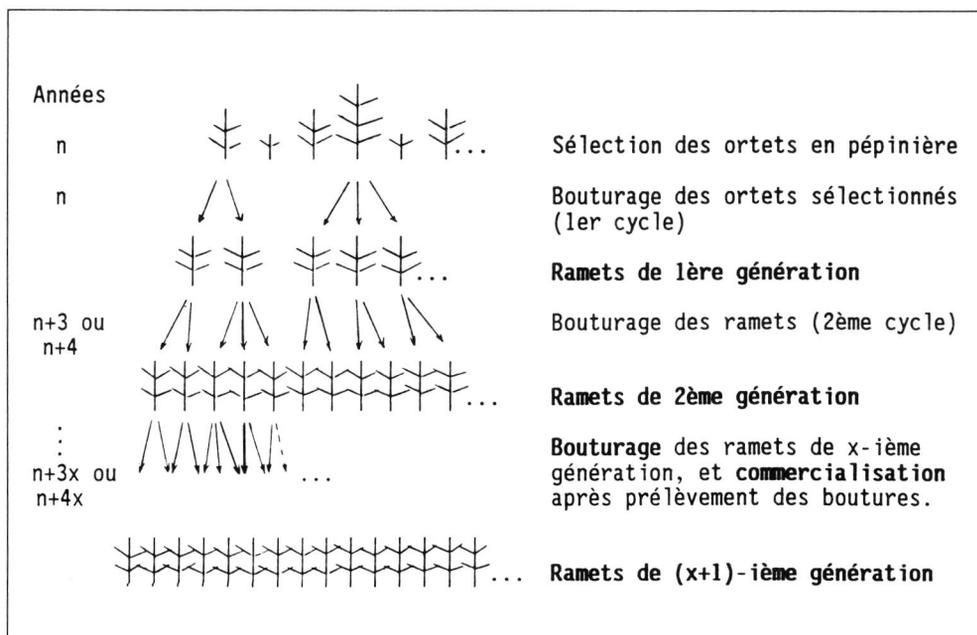


Figure 1 - Principe du bouturage en cascade

multiplication. De plus, elle oblige à multiplier régulièrement l'ensemble des clones, même lorsqu'aucun besoin n'est pressenti.

Néanmoins, elle présente les avantages d'économiser le coût d'entretien et d'occupation du sol d'un parc à pieds-mères classique, et de pouvoir faire varier plus facilement la composition de la variété multiclonale pendant la phase de sélection.

Le bouturage en cascade est pratiqué en routine par l'AFOCEL et l'institut de recherche forestière d'Escherode (Allemagne).

*NB : cette méthode peut également être utilisée dans le cadre d'une rejeunissement de pieds-mères âgés (le 1er cycle de bouturage se fait alors à partir des vieux ortets à rajeunir). Son efficacité est actuellement testée par l'INRA, en comparaison avec la méthode de gestion de parcs à pieds-mères taillés en haies.*

#### ● La taille en haie

Les pieds-mères sont maintenus pendant plusieurs dizaines d'années dans un parc "permanent", et sont taillés tous les ans.

À l'INRA comme au CEMAGREF, c'est cette deuxième option qui a été retenue afin d'amoindrir le risque de perte de clones et de dérive génétique, pendant toute la durée des tests nécessaires à la réalisation de la sélection définitive. Actuellement, deux parcs à pieds-mères de 7 et 12 ans installés à la pépinière de Peyrat-le-Château et un parc à pieds-mères de 12 ans présent à l'INRA d'Orléans, sont en mesure de fournir la quantité nécessaire de boutures. Ces pieds-mères sont des boutures de première et deuxième générations issues d'ortets semés en 1972.

La densité d'installation optimale de ces pieds-mères sur les deux sites est de 10.000/ha, correspondant à des écartements de 1,50 m entre lignes, et 0,7 m sur la ligne. Ils sont étêtés chaque année, après le prélèvement des boutures (mars) à 1 m-1,50 m de hauteur. Ils sont également taillés latéralement pour constituer une haie de 1 m de large environ (photo 1). Une fertilisation N-P-K est apportée chaque année à raison de 120-60-120 unités.

Par ailleurs, le CEMAGREF teste actuellement d'autres méthodes de gestion des pieds-mères : notamment les pulvérisations d'hormones (Gibbérellines, cytokinines) et le greffage sur jeunes plants, méthodes citées dans la littérature pour leurs propriétés rejeunissant (Bouriquet R. et al., 1984).



**Photo 1 - Parc à pieds-mères taillés en haie (Peyrat-le-Château) (S. Coulaud, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)**

## **La technique de bouturage**

### ***Le prélèvement des boutures***

Sur *Épicéa commun*, il existe deux techniques de bouturage donnant des résultats satisfaisants (Rauter R.M., 1982) :

- le bouturage "ligneux" des pousses lignifiées qui a lieu au printemps avant le débourrement des pieds-mères ;
- le bouturage "herbacé" de tiges en cours d'aoûttement, réalisé en fin d'été.

Cependant, le second type de bouturage se révèle moins rustique que le premier, du fait d'une plus grande fragilité des boutures et de la nécessité d'organiser leur hivernage. C'est, par conséquent, le bouturage ligneux qui a été adapté par l'INRA et le CEMAGREF.

Les boutures sont prélevées assez tôt, fin février-début mars. Ce sont des pousses de l'année précédente (bois d'un an) pourvues de leur bourgeon terminal et ramenées à une longueur de 8-10 cm par sectionnement à la base.

## **Préparation et insertion des boutures**

### **Conservation au froid des boutures**

La mise en place des boutures dans le milieu d'enracinement a lieu immédiatement après le prélèvement ou après un court séjour en chambre froide, si nécessaire.

Des essais de l'INRA sur la conservation au froid des boutures avant mise en enracinement ayant révélé un effet négatif de ce traitement sur le pourcentage d'enracinement, la durée de stockage au maximum a été fixée à deux semaines.

On trouve cependant dans la littérature des résultats contradictoires. Il semble, en effet, que l'action du froid et de la durée de stockage varie en fonction de la date de prélèvement. Plus celle-ci est précoce, plus le froid serait bénéfique, et plus la durée de stockage pourrait être allongée (Riedacker A., 1976).

Par ailleurs, certaines précautions sont à prendre quant aux conditions de conservation : maintien de l'humidité par l'ensachage des boutures dans des sacs en plastique, températures proches de 0°C. Ces mesures ont pour but de limiter les pertes en eau et en substances de réserves dues à la transpiration et la respiration des boutures, mais aussi de réduire le développement des champignons pathogènes.

### **Hormonage**

Juste avant l'insertion, la base des boutures est trempée dans une poudre d'hormone composée de talc mélangé à de l'AIB à 0,1 %. Mais d'autres dosages avec d'autres hormones appartenant toujours à la famille des auxines (AIA, ANA...) donnent parfois de bons résultats.

L'efficacité des hormones sur l'enracinement des boutures a été mise en doute dans des expériences concordantes de l'INRA et du CEMAGREF. Dans ces essais, les résultats d'enracinement des boutures hormonées n'étaient pas meilleurs que ceux des boutures non traitées.

Néanmoins, il semblerait qu'une certaine efficacité se confirme pour des périodes de prélèvement trop précoces ou pour le bouturage de pieds-mères âgés (Kleinschmit J., 1974).

Ne connaissant pas exactement l'état physiologique des pieds-mères lors du prélèvement des boutures, l'hormonage systématique constitue donc une sécurité dans la mesure où, même s'il est inefficace, il ne nuit pas à l'enracinement aux doses pratiquées.

### **Substrat d'enracinement**

Après l'hormonage, les boutures sont insérées en bâches hors-sol dans un substrat commercial composé d'écorce de pin compostée et de fibre végétale fertilisées.

Il existe une gamme très variée de substrats susceptibles d'être utilisés. Il faut signaler que la présence de matériaux organiques stimule la formation de racines nombreuses, fines et ramifiées (Rauter R.M., 1979).

Des expériences du CEMAGREF et de l'INRA testant différents substrats, et notamment le gravier, ont mis en évidence l'inadaptation de ce dernier, aussi bien quantitativement (pourcentage d'enracinement faible) que qualitativement (peu de racines, charnues et très fragiles).

Cependant, de manière plus générale, la nature du substrat influence davantage la qualité des racines produites que le pourcentage d'enracinement.

### **Densité d'insertion**

A Peyrat-le-Château, les boutures sont insérées à une densité de 500 par m<sup>2</sup>. Le choix de cette densité répond à des objectifs :

- techniques : elle résulte d'un compromis entre le maintien d'un microclimat humide autour des boutures (par une densité élevée), et un amoindrissement des risques de développement de champignons pathogènes (par une densité faible) ;
- économiques : un encombrement spatial minimum est recherché.

Parfois, l'enracinement se fait en conteneurs, à raison d'une bouture par alvéole, de manière à limiter le stress de repiquage au moment de la mise en place en pépinière. La densité d'insertion est alors fonction du type de conteneur adopté.

### **La phase d'enracinement des boutures** (photo 2)

L'ambiance de bouturage est d'extrême importance pendant la phase d'enracinement. Les facteurs à considérer sont l'humidité et la température.

#### **L'humidité**

A l'insertion, les boutures n'ont aucun moyen de s'alimenter en eau du fait de l'absence de racines. Aussi, jusqu'à l'apparition de ces dernières, il est nécessaire de limiter leur déshydratation.

Ainsi, afin d'éviter une transpiration excessive des boutures, il faut maintenir une atmosphère humide, proche de la saturation (humidité relative d'environ 90 %), surtout en cas de températures élevées.



**Photo 2 - Serre de bouturage - 3 mois après l'insertion des boutures** (S. Coulaud, CEMAGREFG Nogent-sur-Vernisson)

Pour des températures basses (15°C), une humidité relative de 60-70 % peut être acceptée.

Il existe plusieurs moyens de conserver cette humidité : par un confinement sous couverture plastique, par un fog (brouillard très fin), ou par un mist intermittent (brumisation). C'est cette dernière option qui a été adoptée à Peyrat-le-Château et à l'INRA.

Lorsque les boutures ont développé un système racinaire suffisamment important, une phase de sevrage est engagée. Cette étape, visant à endurcir les boutures en préparation du repiquage en pépinière, intervient environ 3 mois après l'insertion et dure 1 mois à 1 mois et demi. Elle est marquée par deux importantes modifications du milieu :

- une baisse de l'hygrométrie par une diminution progressive des fréquences de brumisation, et par une aération périodique des serres ;
- des apports d'engrais (cf. paragraphe "Fertilisation").

## **La température**

La température idéale pour l'enracinement des boutures est 20-22°C. Cependant, compte tenu de l'époque de bouturage, le maintien d'une température d'au moins 10°C dans la serre paraît suffisant.

Le facteur le plus important semble être la température du substrat. Une valeur de 18-20°C est préconisée pour accélérer l'enracinement des boutures.

Aussi, à Peyrat-le-Château, un chauffage de fond fournit une température du substrat d'environ 18°C, tandis que l'air est maintenu à 8-10°C grâce à une chaudière à air pulsé. Cette dernière ayant par ailleurs des effets desséchants non négligeables, il est nécessaire de brumiser très souvent les boutures en enracinement.

D'autre part, l'air ambiant dans la serre doit être protégé des excès de température fréquents en juin-juillet, par un blanchiment des parois, et/ou la pose d'une ombrière. L'utilisation d'un cooling-system (système de refroidissement de l'air par aspiration à travers une cloison poreuse humidifiée) peut également se révéler utile.

## **Les traitements phytosanitaires**

Les conditions optimales de bouturage (humidité et température élevées) favorisent également le développement de champignons pathogènes, notamment le *Botrytis cinerea*, dont il faut prévenir l'apparition par des traitements réguliers.

Au moins un traitement phytosanitaire par semaine est nécessaire, compte tenu du lessivage très rapide des produits par les fréquentes brumisations appliquées aux boutures.

Des fongicides à base de bénomyl, dichlofluanide, iprodione phoséthyl-al, oxyquinoléine... sont utilisés en alternance de manière à éviter l'apparition de souches résistantes.

## **La fertilisation**

De manière générale, une fertilisation est apportée après l'apparition des racines. C'est en effet, à ce moment, que des symptômes de carence (jaunissement) apparaissent. Ces besoins s'expriment à un moment où une grande partie des réserves a probablement été consommée pour la formation des racines.

A Peyrat-le-Château, le substrat utilisé contient déjà des éléments minéraux destinés à éviter l'effet dépressif en azote que présentent fréquemment les substrats organiques (notamment les écorces mal compostées). Cependant, une pulvérisation d'engrais (12-4-6 + oligo-éléments) à absorption foliaire

racinaire est réalisée 1 fois/semaine pendant toute la période de sevrage.

Il faut souligner, par ailleurs, que certains auteurs (Girouard R.M., 1974) préconisent la fertilisation dès l'insertion des boutures.

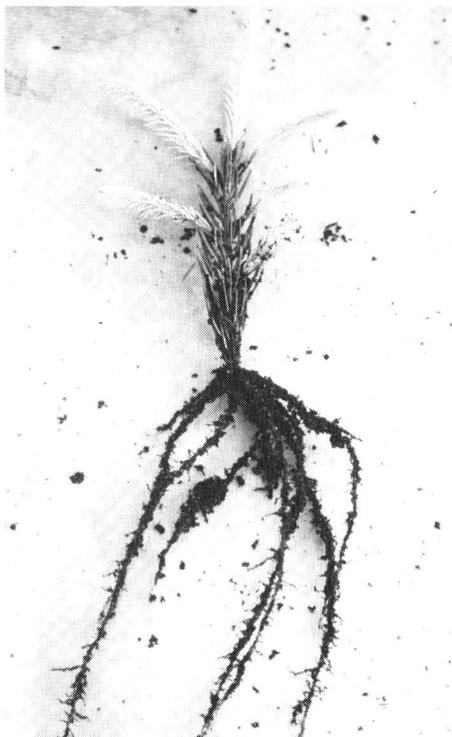
## **Phase d'élevage en pleine terre**

Cette phase est très peu évoquée dans la littérature.

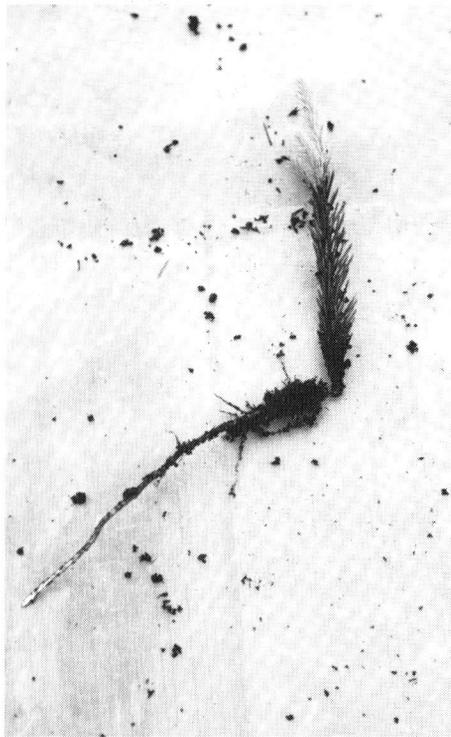
A Peyrat-le-Château, c'est donc en juillet-août que sont repiquées en pépinière, les boutures enracinées.

Les boutures sont triées en sortie de serre. Ne sont conservées que celles qui présentent un système racinaire suffisamment développé pour supporter un repiquage en pleine terre (photos **3** et **4**).

Un système racinaire est jugé apte au repiquage s'il possède au moins trois racines ou des racines divisées, de plus de 3 cm de long.



**Photo 3 - Bouture d'Épicéa commun repiquable en sortie de serre** (S. Coulaud, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)



**Photo 4 - Bouture d'Épicéa commun enracinée, mais non repiquable en sortie de serre** (S. Coulaud, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)

**Tableau 1 - Pourcentages d'enracinements et de boutures sur 5 ans**

Années	% boutures enracinées	% boutures repiquables
1988	55,4	47,6
1989	68,7	49,9
1990 (*)	39,5	18,8
1991	75,8	70,0
1992	63,6	46,0

(\*) un accident phytosanitaire intervenu dans la serre a occasionné des dégâts importants sur les boutures.

Les pourcentages d'enracinement et de boutures repiquables obtenus à Peyrat-le-Château sur les cinq dernières années, sont donnés dans le tableau 1.

Il faut remarquer ici le décalage important qui peut exister entre le pourcentage de boutures repiquables et le pourcentage d'enracinement. La qualité racinaire des boutures est pourtant rarement prise en compte dans la bibliographie, ce qui peut conduire à des interprétations erronées.

Chaque année, les pourcentages d'enracinement varient de 0 à 100 % suivant les clones. Néanmoins, il paraît difficile de désigner les "bons" clones, du fait d'importantes modifications de classement des clones d'une année à l'autre. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer ce phénomène :

- l'évolution divergente de la maturation de chacun des clones ;
- des stades phénologiques, au moment du prélèvement des boutures, variables suivant les clones. Ces derniers pourraient en effet répondre différemment aux signaux climatiques.

Les boutures sont repiquées à la densité classique de 70 plants/m<sup>2</sup> environ. Elles sont immédiatement ombrées afin d'éviter des brûlures et de réduire la transpiration de ce matériel encore très fragile en sortie de serre, malgré le sevrage.

Ce n'est qu'après deux années de végétation supplémentaires (voire trois) en pépinière que les boutures deviennent plantables.

A Peyrat-le-Château, les boutures 0.1+2 mesurent en moyenne 20-25 cm et les 0.1+3 environ 30-35 cm.

Cependant, de graves défauts de forme, à savoir un port parfois "buissonnant" ou "rampant", caractéristique du phénomène de plagiotropie, touchent jusqu'à 60 % des plants en 1<sup>re</sup> année après repiquage. En 2<sup>e</sup> année, 15 à 40 % des plants peuvent encore être concernés, mais cette diminution se poursuit après la plantation (photos 5 et 6). Ces défauts tendent donc à se résorber avec le temps, mais ils entraînent parfois des retards de croissance avec les implications qui en découlent sur le nombre de dégagements nécessaires. Sur ce critère, des effets clonaux ont, comme sur l'enracinement, déjà été constatés. Leur stabilité dans le temps n'a, par contre, pas encore été testée.



**Photo 5 - Bouture d'Épicéa commun 0.1+2 plagiotrope** (J.-M. Amiraault, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)



**Photo 6 - Bouture d'Épicéa commun 0.1+2 orthotrope** (J.-M. Amiraault, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)

Pour tenter d'enrayer ces déformations, le CEMAGREF et l'INRA mènent actuellement des essais à différents niveaux de la procédure complète de multiplication végétative :

- sur les méthodes de gestion des pieds-mères : cf. premier chapitre ;
- sur les méthodes d'élevage en pépinière des boutures enracinées.

Concernant cette deuxième étude, trois facteurs sont actuellement testés :

- la mycorhization contrôlée avec *Laccaria laccata*, celle-ci ayant semble-t-il une action bénéfique sur la forme et la croissance des boutures en pépinière ;
- le cernage des boutures en pépinière (en association avec la mycorhization), cette technique contribuant à améliorer le système racinaire des plants ;
- la densité d'élevage des boutures : l'influence des fortes densités sur l'amélioration du retour à l'orthotropie est testée.

## Conclusion

La méthode de production à échelle commerciale de plants d'Épicéa commun issus de boutures peut désormais être considérée comme opérationnelle.

Il reste néanmoins à s'assurer que les plants produits par voie végétative ont un développement ultérieur conforme à celui de l'ortet dont ils sont issus.

D'autre part, jusqu'à présent, les facteurs économiques n'ont pas été pris en considération. Il est certain que cette technique d'élevage est plus coûteuse qu'une production classique par semis, ce surcoût émanant principalement de la phase de bouturage en serre. Les rapports de coût généralement donnés par la littérature sont de deux à quatre fois le prix d'un plant issu de semis.

Il est, par ailleurs, prévisible qu'une sylviculture différente doit être adaptée à ce type de variété. Monchaux (1992) propose deux schémas ayant pour avantage de limiter le coût de la plantation, et tenant compte de la disparition du rôle de sélection des éclaircies :

- plantation à faible densité : cette solution aurait néanmoins l'inconvénient d'augmenter le nombre d'interventions culturales (dégagements, élagage...), d'altérer la qualité du bois (densité), et aussi celui de limiter les éclaircies et donc les bénéfices qui en découlent ;
- mélange de boutures et de semis classiques en alternance entre les lignes (exemple : une ligne sur deux ou sur trois de semis), et éclaircies prioritairement sur les lignes de semis. Cette solution, dépourvue des inconvénients cités pour la première méthode, semble la plus avantageuse.

La difficulté majeure de production de ce type de matériel vient du vieillissement des pieds-mères, dont les effets ont été décrits précédemment, et qui pourrait donc remettre en cause la longévité de cette variété multiclonale. Compte tenu des délais nécessaires au testage des clones qu'a entrepris l'INRA en vue de la sélection, nos pieds-mères sont aujourd'hui déjà âgés de 20 ans depuis la graine. La maîtrise de la rejuvenilisation, ou tout au moins de ses effets, devient alors une condition nécessaire pour assurer la pérennité de la variété multiclonale.

## Bibliographie

- BOURIQUET R., TSOGAS M., BLASELLE A.**, 1984. Essais de rajeunissement de l'Épicéa par les cytokinines. *Annales AFOCEL*, 173-185.
- COULAUD S.**, 1992. La multiplication végétative de l'Épicéa commun. Rapport bibliographique, *CEMAGREF div. AGPF, Nogent-sur-Vernisson*, 33 p.
- FERRAND J.-Ch.**, 1986. Les programmes d'amélioration : Épicéa commun. *Rev. For. Fr.*, XXXVIII, n° spécial Amélioration génétique des arbres forestiers, 125-128.
- GIROUARD R.-M.**, 1974. Propagation of spruce by stem cuttings. *N Z J For.Sci.*, 4 (2), 140-149.
- KLEINSCHMIT J.**, 1974. A program for large scale cutting propagation in Norway spruce. Proceedings *IUFRO* working party on vegetative propagation of forest trees.
- MARTIN B.**, 1977. Le bouturage des arbres forestiers, progrès récents, perspectives de développement. *Revue Forestière Française*, 4, 245-262.
- MONCHAUX P.**, 1992. L'Épicéa commun en France. Amélioration génétique : matériels de reboisement, variétés polyclonales. *Forêt-entreprise*, 81, 1992/1, 40-48.
- RAUTER R.-M.**, 1979. Spruce cutting propagation in Canada. In Proceedings of *IUFRO* joint meeting of working parties on "Norway spruce provenances and breeding". Bucharest.
- RAUTER R.-M.**, 1982. Recent advances in vegetative propagation including biological and economic considerations and future potential. In Proc. *IUFRO* joint meeting of working parties on genetics about breeding strategies including multiclonal varieties. Sensenstein, september 6-10, 1982, 33-57.
- RIEDACKER A.**, 1976. Rythmes de croissance et de régénération des racines des végétaux ligneux. *Ann. Sci. Forest*, 33 (3), 109-138.
- ROULUND H.**, 1979. Stem form of cuttings related to age and position of scions. *For. Tree Improv.*, 13, 1-24.
- SAINT-CLAIR J.-B. KLEINSCHMIT, J. SVOLBA, J.**, 1985. Juvenility and serial vegetative propagation of Norway spruce clones. *Silvae genetica*, 34 (1), 42-48.

# L'exploitation forestière en France

## Une interaction main-d'œuvre/mécanisation

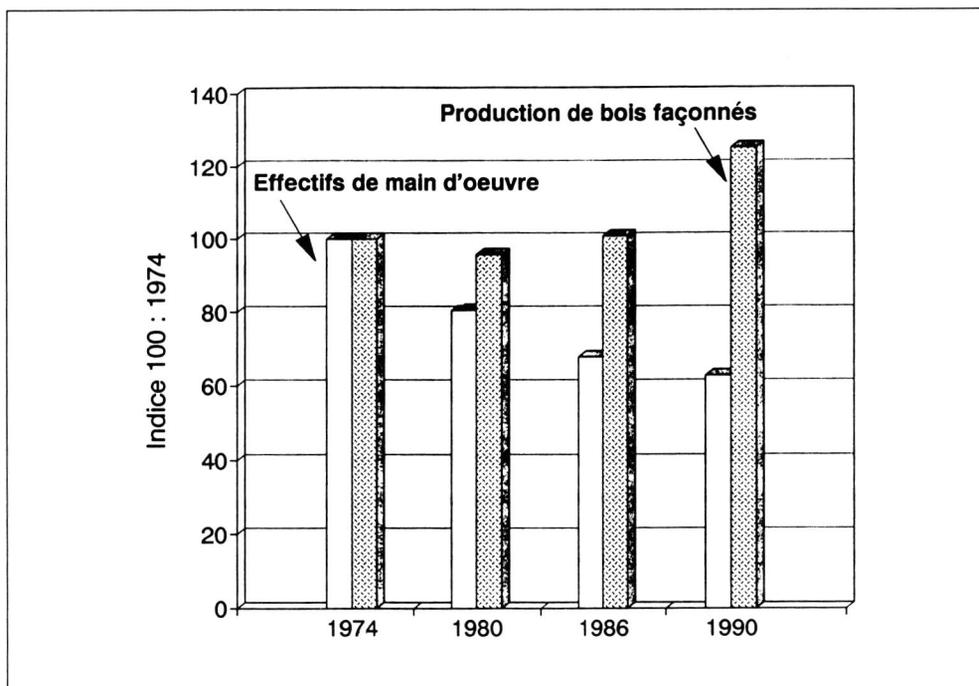
*Bernard Bonicelli  
L. Bouvarel*

**L**a production de bois de la forêt française atteint 40 millions de m<sup>3</sup> ; elle devrait augmenter de 2 millions de m<sup>3</sup> par an durant les cinq prochaines années, pour faire face aux augmentations de capacité et aux créations d'usines de pâtes et de panneaux. Ces prélèvements supplémentaires ne diminuant en rien le capital forestier français (accroissement annuel 72 Mm<sup>3</sup>), mais devant même participer à favoriser une gestion plus dynamique.

D'importants moyens supplémentaires en hommes et matériels seront nécessaires pour récolter les volumes annoncés. Contrairement à une idée reçue, l'exploitation forestière, au moins dans le cas des opérations d'extraction (débusquage et débardage), est mécanisée à plus de 90 %, représentant un marché important en Europe, loin devant les autres pays de la CEE.

Le cas du bûcheronnage est différent, c'est-à-dire les opérations d'abattage et façonnage. On considère qu'actuellement seules 2,5 % des quantités abattues le sont par des machines.

Et parallèlement, on constate, comme dans la plupart des pays forestiers de l'hémisphère Nord, une véritable crise des vocations chez les bûcherons et tout particulièrement auprès de ceux qui opèrent dans les petits bois en France. Alors que les besoins de l'industrie (papier et panneaux) sont en augmentation et s'accroîtront de façon importante dans les années à venir.



**Figure 1 - Evolution comparée des effectifs et de la production en exploitation forestière**  
(Source ARMEF)

Le bûcheronnage mécanisé, qui depuis quelques années se développe, peut vraisemblablement apporter une solution.

## **Evolution de l'exploitation forestière et de la main-d'œuvre de 1974 à 1990**

### ***Production et main-d'œuvre***

Au cours de cette période, la production de la forêt française s'est accrue de 27 %, passant de 31,3 Mm<sup>3</sup> à 40 Mm<sup>3</sup>. Parallèlement, la main-d'œuvre employée en exploitation, comptée en ouvrier équivalent plein temps\* (E.P.T.), a très sensiblement diminué (- 36 %), passant d'un niveau de 39.000 à un niveau d'environ 25.000, selon les estimations faites. La figure 1 illustre ces évolutions.

\*E.T.P. : un ouvrier équivalent plein temps effectue environ 1.800 heures de travail productif par an.

La productivité globale dans le même temps a doublé, traduisant l'utilisation de moyens plus performants et une professionnalisation du secteur.

### Statut des personnels

Sur un plan plus qualitatif, on a enregistré des changements importants au niveau des statuts de la main-d'œuvre, avec un fort développement des entrepreneurs sous-traitants aux dépens des salariés rétribués à l'unité de produit.

Ces données sont confirmées par les statistiques de la Caisse Centrale de Mutualité Sociale Agricole. Au cours de la même période, les effectifs salariés qui lui sont rattachés ont baissé d'environ 50 %.

Année	1975	1980	1986
Pourcentage de sous-traitants	38 %	40 %	57 %

(Source Malaval)

Cette tendance devrait cependant être stoppée, voire inversée, à partir de 1992.

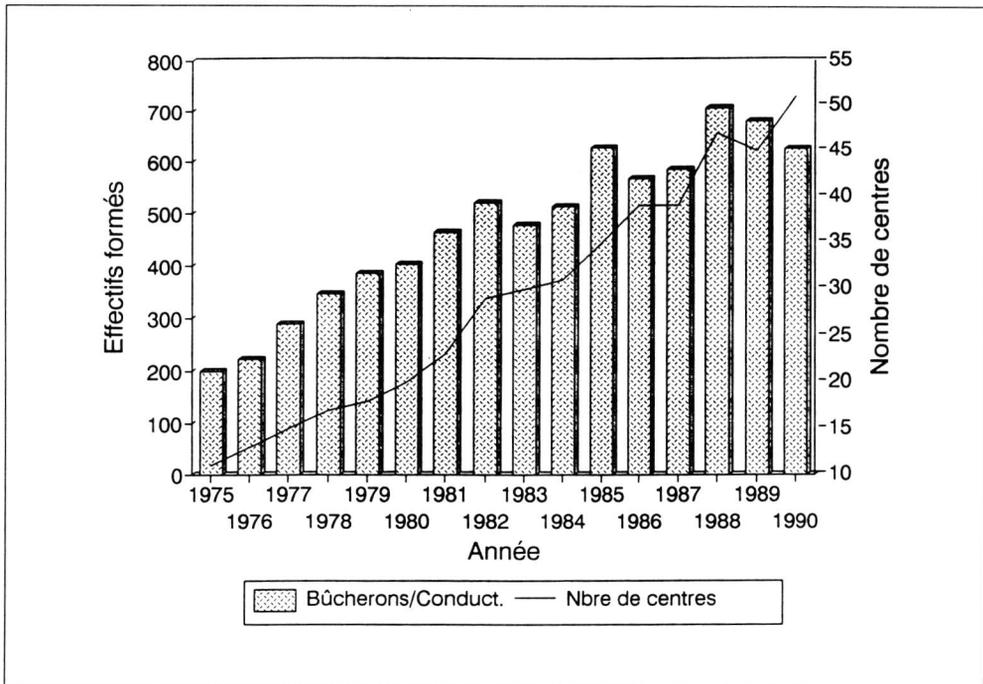


Figure 2 - Evolution du nombre de centres de formation et des effectifs formés de 1974 à 1990 (Source ARMEF)

## Formation des personnels

En matière de formation des ouvriers forestiers, on a assisté à d'importants développements en 15 ans, tant au niveau des écoles que des personnels : triplement des effectifs, multiplication par cinq du nombre de centres (voir figure 2).

## Evolution de la mécanisation de l'exploitation forestière

### Analyse des ventes de matériels forestiers

L'analyse des statistiques de vente des machines d'exploitation forestière montre des variations très importantes au cours du temps, avec des maxima autour de 300 unités et des minima au-dessous de 150. Ces variations sont liées à la conjoncture, mais ne mettent pas en relief d'augmentation du flux dans le temps.

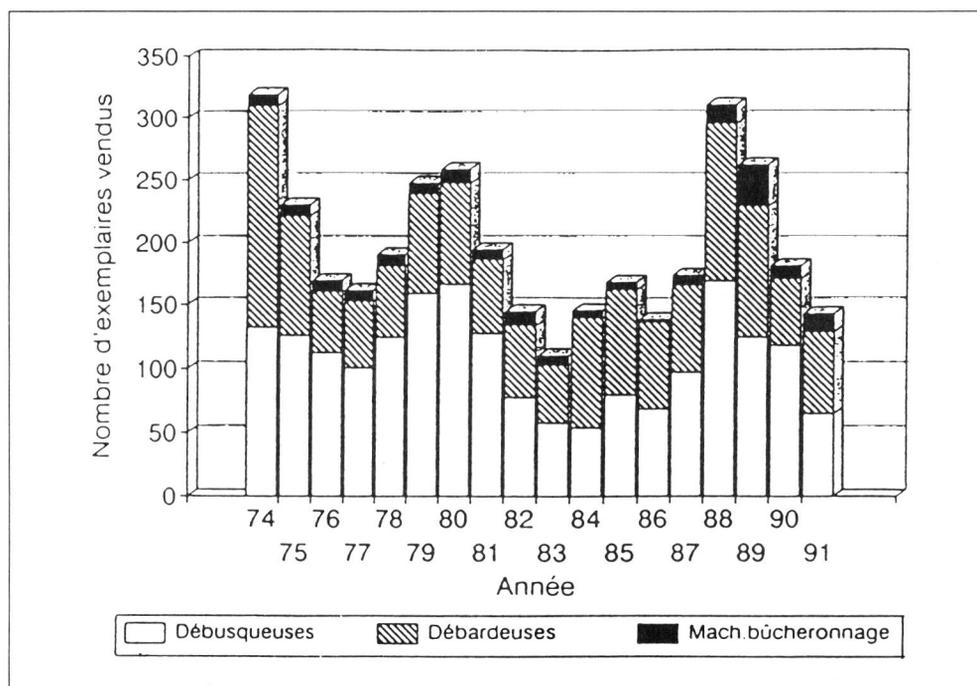


Figure 3 - Analyse des ventes de matériels forestiers (Source ARMEF)

Les machines de bûcheronnage ne constituent qu'une faible partie du marché. Essentiellement orientées sur la récolte de feuillus en plaquettes en 1975, ce sont actuellement des combinés forestiers affectés à l'abattage-façonnage en billons de bois résineux (figure 3).

- Actuellement, les ventes sont très faibles. La crise est mondiale et les constructeurs de matériel ont de grosses difficultés. En 1992, des signes de reprise se font cependant sentir (figure 4).
- Les variations observées sont davantage liées à la conjoncture qu'à l'effet de renouvellement. Les ventes de porteurs et de machines de bûcheronnage sont par exemple assez bien corrélées à la consommation de rondins de papeterie (figure 5).
- Les constructeurs français ont vu leur part de marché s'effondrer ces dernières années au profit de très grands groupes scandinaves ou nord-américains. Certains ont disparu ou ont été absorbés par leurs concurrents.

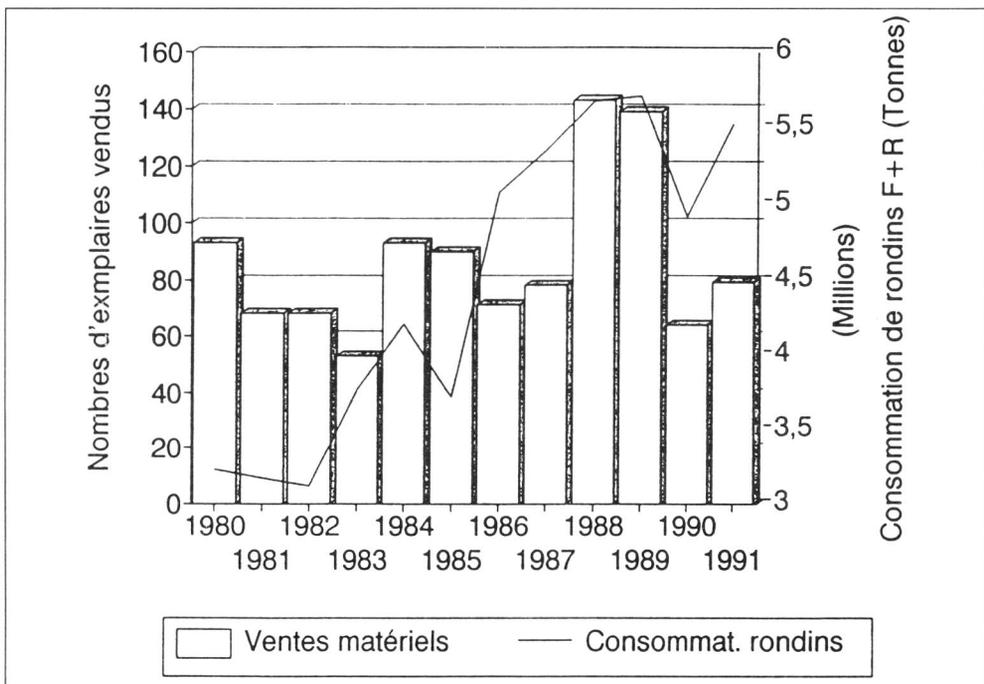


Figure 4 - Evolution du nombre de centres de formation et des effectifs formés de 1974 à 1990 (Source ARMEF)

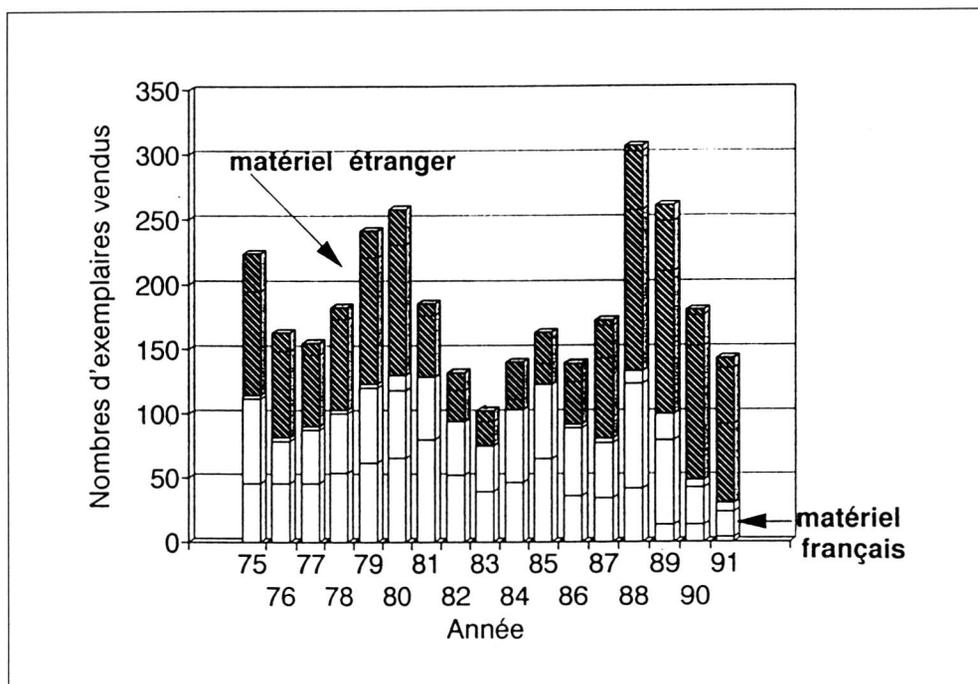


Figure 5 - Evolution de la part du marché à l'étranger (Source ARMEF)

## Situation actuelle et perspectives de l'exploitation forestière et de la mécanisation

### Ressource et récolte en 1990

La production actuellement récoltée (40 Mm<sup>3</sup>), même augmentée du bois autoconsommé ( $\approx$  12 Mm<sup>3</sup>), est assez nettement inférieure à l'accroissement annuel ( $\approx$  72 Mm<sup>3</sup>). Cependant, tout le bois sur pied n'est pas mobilisable et une partie l'est très difficilement, compte tenu du relief, de la diversité des peuplements, de la superficie des parcelles (figure 6).

Dans l'avenir, l'accroissement de production résultera essentiellement de l'exploitation de quelque deux millions d'hectares de jeunes peuplements résineux artificiels plantés depuis 1950.

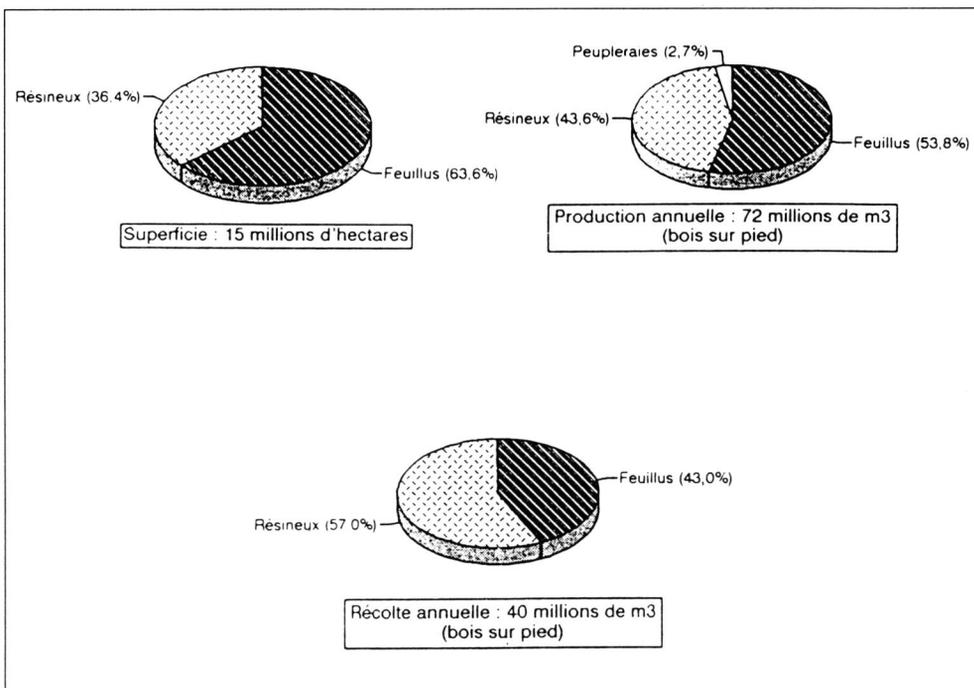


Figure 6 - La forêt française - Ressource et récolte (Source AFOCEL)

## Projets industriels et besoins correspondants

A la fin de la décennie 80, d'importants projets industriels ont vu le jour en France, essentiellement dans les domaines de la pâte à papier et des panneaux. Ils concernent soit l'implantation de nouvelles unités, soit la modernisation et l'extension d'unités existantes. Dans le domaine du sciage, des développements sont également en cours pour le traitement des conifères.

Fin 89, les prévisions établies à l'échelle nationale sur les productions industrielles et les besoins en bois correspondants, montrent des taux d'accroissement qui atteignent 50 % dans certains secteurs (tableaux 1 et 2).

- Globalement, c'est environ 20 % de bois supplémentaire, soit 7 Mm<sup>3</sup>, qu'il était prévu de récolter aux environs de 1995.
- Deux ans après l'établissement de ces données, une grande partie des investissements ou des augmentations de capacité envisagés sont réalisés ou en cours, même si certains projets ont pu être sensiblement retardés et décalés dans le temps.

**Tableau 1 - Production de pâtes, panneaux et sciages** (Source ARMEF)

	Production 1989 (indice 100)	Indice de production 1994/1995
Pâtes à papier (M.t.)	2.2	148
Panneaux (M.t.)	2.4	≈ 149
Sciages feuillus (M.m <sup>3</sup> )	3.6	≈ 100
Sciages résineux (M.m <sup>3</sup> )	6.5	≈ 115

- Cette situation, impliquant que la collecte annuelle augmente de plus de 1 million de m<sup>3</sup> de bois par an pendant cinq à sept ans, nécessite de développer les moyens de mobilisation correspondants.

### **Main-d'œuvre et formation**

Les estimations ou les enquêtes réalisées sur les effectifs en activité ou formés annuellement en matière d'exploitation forestière, donnent les résultats suivants, sans prendre en compte la main-d'œuvre "aricole" qui peut jouer un rôle non négligeable, surtout en ce qui concerne le bois de feu dans certaines régions (tableau 3).

Les personnels sortant des écoles forestières chaque année représentent environ 3 % de la main-d'œuvre potentielle en activité. Il est difficile cependant de connaître avec précision cette dernière, compte tenu notamment des activités à temps partiel.

Pour satisfaire les nouveaux besoins industriels, mentionnés au paragraphe 32, il est nécessaire de recruter et de former **une main-d'œuvre supplémentaire** évaluée à **550 bûcherons** et **180 conducteurs** par an.

Un tel effort représente un doublement des capacités de formation actuelle, si tous les personnels nouveaux passent par des écoles forestières.

**Tableau 2 - Accroissement des besoins en bois** (Source ARMEF)

Volumes sur écorce	Production 1989 (indice 100)	Indice de production 1994/1995
Bois d'oeuvre (M.m <sup>3</sup> )		
- résineux	14.0	≈ 115
- feuillus	9.7	stabilité
- ensemble	23.7	≈ 109
Bois d'industrie (M.m <sup>3</sup> )		
- résineux	7.2	≈ 152
- feuillus	5.3	≈ 125
- ensemble	12.5	≈ 135

**Tableau 3 - Main-d'oeuvre et formation** (Source ARMEF)

	Main-d'oeuvre en activité 1990	Flux de main-d'oeuvre formée par an
Bûcheronnage	15.000 à 20.000	550 à 600
Débardage	5.000 à 7.000	100 à 150
Total	20.000 à 27.000	650 à 750

- Sur le terrain, on assiste actuellement à une tension sur la main-d'œuvre d'exploitation, dont on retrouve les effets à deux niveaux :
  - au niveau des centres de formation forestiers, qui ont du mal à attirer des jeunes performants dans ces matières,
  - au niveau des entreprises, au sein desquelles la pénurie se fait sentir.
- Des actions de portée nationale ont été entreprises pour faire face à cette situation. Elles visent :
  - soit à informer le grand public et revaloriser l'image des métiers de la forêt : opérations "Faire vivre la forêt", "Journée de la vocation forestière", etc.
  - soit à analyser les causes de la désaffection constatée et à rechercher des solutions pour y remédier : colloque "Forestier New-Look".
- Elles sont le résultat de l'engagement d'un certain nombre de partenaires : Caisse de Mutualité Sociale Agricole, industriels, centres de formation, organismes de recherche, pouvoirs publics, etc.
- Par ailleurs, les principales sociétés d'exploitation forestière, filiales de grands groupes papetiers, ont entrepris des efforts très importants :
  - pour former les personnels dont elles ont besoin au sein même de leur entreprise, en collaboration avec certaines écoles forestières,
  - pour mieux intégrer les jeunes sortant des centres de formation.

## **Mécanisation**

Comme pour les personnels, l'ARMEF a réalisé des évaluations sur les parcs de matériels forestiers.

### **Machines de débardage**

- Le parc des machines spécifiques de débardage (porteurs, débusqueurs) de moins de 12 ans d'âge est de l'ordre de 2.000 à 2.500 machines. Les besoins potentiels actuels sont de 3.500 à 4.000 unités, ce qui signifie qu'une partie de l'activité est réalisée :
  - par des tracteurs agricoles,
  - par des engins forestiers d'âge supérieur à 12 ans,
  - par des engins d'occasion importés de l'étranger, non pris en compte dans les statistiques de vente.
- Actuellement, **le taux de renouvellement** : ventes de l'année/moyenne des ventes sur 12 ans, est seulement **de 75 %**. **Le parc est en train de vieillir.**

## **Machines de bûcheronnage**

Le parc des machines de bûcheronnage en France fin 1991 est d'environ 100 unités, présentant un potentiel de production de 700.000 m<sup>3</sup>, soit environ 10 % de la récolte de bois d'industrie résineux et seulement 2 % de la récolte totale (figure 7).

### **Besoins futurs**

- Pour faire face à l'accroissement de mobilisation des bois, d'importants investissements devront être réalisés.

Ils concernent à la fois :

- **le débardage** pour reconstituer un parc vieillissant et pour satisfaire les besoins nouveaux. A ce titre, ce sont environ 500 machines, en supplément du marché de renouvellement, qui devraient être acquises dans les cinq prochaines années (à productivité constante) ;

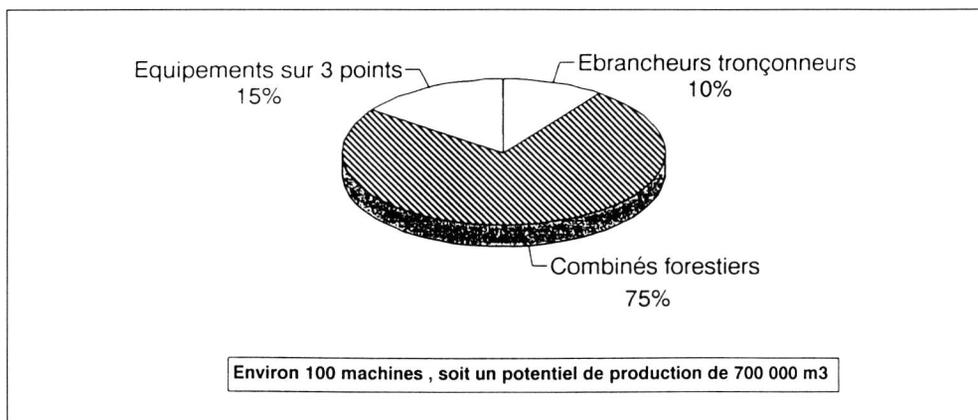
- **le bûcheronnage** : le potentiel de développement du parc des machines de bûcheronnage ne concerne, pour le moment, que les peuplements résineux et, dans cette catégorie, les bois d'industrie et les petits bois d'œuvre. Si l'on fait l'hypothèse que l'on peut mécaniser 25 % des résineux, **les besoins en parc de machines de bûcheronnage** sont de l'ordre de **400 à 600, soit quatre à six fois le parc actuel.**

- Par ailleurs, le développement de la mécanisation est un facteur important pour :

- améliorer les conditions de travail,

- accroître la sécurité,

- donner une meilleure image du travail en forêt et, à ce titre, attirer de nouveaux personnels.



**Figure 7 - Parc de machines de bûcheronnage en France** (Source ARMEF)

# ARMEF

## ***Association pour la Rationalisation et la Mécanisation de l'Exploitation Forestière***

**A**ssociation créée en 1966, sa vocation est de promouvoir les outils et les méthodes de travail qui permettent une amélioration de la productivité de l'exploitation forestière.

- amélioration de l'organisation des chantiers,
- mise en oeuvre de nouvelles méthodes,
- conception d'outils nouveaux.

Par des essais en vraie grandeur (chronométrage en décomposant les différentes phases du travail, mesures de production), l'ARMEF quantifie les productivités et les coûts obtenus et dégage les solutions possibles nouvelles permettant d'optimiser ce secteur de la filière bois.

Une des particularités internationales de cet organisme est l'existence d'une activité de conception de matériels s'appuyant essentiellement sur l'ensemble des travaux réalisés in situ en forêt et mettant en oeuvre des technologies d'avant garde (en coopération avec le CEMAGREF).

Une des actions importante complémentaire de tous ces travaux de recherches consiste en une publication et une vulgarisation des résultats obtenus qui a pour but de diffuser largement, de faire connaître les acquis des recherches menées et de faciliter, d'initier les formations nécessaires à une meilleure technicité des opérateurs et des agents de ce secteur en liaison avec les résultats obtenus (fiche informations-forêt, annales de mécanisation forestière, ouvrage spécialisés : manuel d'exploitation forestière..., nombreux fascicules et dépliants vulgarisateurs).

## **Conclusion**

La France connaît actuellement un taux de chômage relativement élevé : 10 % de la population active, soit près de trois millions de personnes.

Cependant, certains secteurs d'activité souffrent de difficultés de main-d'œuvre à la fois sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif.

C'est le cas de l'exploitation forestière, qui doit répondre non seulement aux besoins industriels actuels, mais aussi à ceux qui sont en train de se créer suite aux investissements réalisés.

Ce secteur d'activité, créateur d'emploi, est confronté à des problèmes de recrutement. Pour y faire face, il est nécessaire :

- d'en améliorer la productivité et les conditions de travail, notamment par le développement de la mécanisation du bûcheronnage et la modernisation du parc des matériels,

- de revaloriser l'image du métier par des actions de communication et d'information auprès du public,

- d'accentuer la formation de personnels, dont les compétences techniques doivent être poursuivies et amplifiées. Le résultat dépend non seulement des acteurs propres de l'exploitation forestière, mais aussi de tous les partenaires de la filière :

- pouvoirs publics,
- industriels-utilisateurs,
- centres de formation,
- organismes de recherche,
- constructeurs de matériels.

### ROBOTIQUE : UNE TECHNOLOGIE POUR LA FORET DE DEMAIN



COMMENT DÉFINIR LA ROBOTIQUE :

*Des techniques de contrôle, d'automatisation et de gestion des machines pour gérer des mouvements complexes et répétitifs.*



LES OUTILS DE LA ROBOTIQUE :

*Une mécanique, des capteurs, une électronique, des logiciels.*



LES DISCIPLINES DE LA ROBOTIQUES :

*La modélisation des systèmes complexes, la mécatronique (conception mécanique et électronique), l'automatique, l'informatique.*



POURQUOI LA ROBOTIQUE :

*Pour améliorer les performances et l'ergonomie des machines, accroître la sécurité, faciliter la maintenance.*



LES ORIENTATIONS DES TRAVAUX ARMEF-CEMAGREF  
EN MATIERE DE ROBOTISATION DE L'EXPLOITATION FORESTIERE :

*La simplification de la conduite des machines d'exploitation grâce à la coordination des mouvements et au cyclage des opérations répétitives (empilage, mouvements partiels).*

*L'amélioration de l'ergonomie des postes de pilotages à l'aide d'une interface opérateur informatisée (tableau de bord interactif, didacticiels, systèmes d'acquisition et de traitement de données).*

*La rationalisation et la simplification des structures mécaniques, hydrauliques, électriques, électroniques et informatiques par la mise en réseau de modules de contrôle délocalisés.*

*La gestion et la maintenance intelligente des machines grâce aux techniques d'intelligence artificielle (langages structurés, systèmes experts, réseaux neuromimétiques).*

*La mise en œuvre de systèmes assistés par ordinateur pour la formation des conducteurs.*

# Les plantations à grands espacements

Jean-Luc Guitton  
Christian Ginisty

*La session de formation continue des 20-23 octobre 1992 à Riom sous l'égide du Centre de formation du Personnel du Ministère de l'Agriculture a été l'occasion de faire le point sur les plantations à grands espacements.*

*Le présent article en restitue les principales conclusions.*

## Définition

La notion de grands espacements ou de faibles densités de plantations est une notion relative : on plantait l'épicéa à raison de 10 000 plants/ha au début du siècle et on est passé classiquement à 2 500/ha aujourd'hui. Les densités minimales de plantation admises par le Fonds Forestier National pour le Douglas ont baissé de 3 000 plants à l'hectare en 1951, 2 500 en 1960, 1 820 en 1965, 1 320 en 1974 jusqu'à 1 110 en 1979. En Allemagne comme en Belgique, on plante rarement cette essence à une densité inférieure à 1 600/ha.

On pourrait définir cette notion de grands espacements en se basant sur une pression de sélection inférieure ou égale à 3 : la pression de sélection, qu'on applique au peuplement par les éclaircies en traitement de futaie régulière, est le rapport entre le nombre de plants installés et le nombre de tiges du peuplement final. Avec les densités de peuplement final couramment admises pour les feuillus et résineux de 80 et 250 tiges/ha, on obtient des densités de plantation de 240 et 750 plants/ha.

On peut également se référer aux normes FFN et considérer, comme plantations à grands espacements, les plantations qui se situent en dessous des dernières normes de densité minimale admises par la circulaire DERF n 3010 du 4/12/89.

Ces seuils de densités sont de :

- 200-600 tiges/ha en feuillu  
(1 000 tiges/ha pour les chênes indigènes),
- 400-800 tiges/ha en résineux  
(1 100 tiges/ha pour le pin sylvestre).

Les peupliers et les noyers sont, bien sûr, des cas particuliers puisqu'ils sont actuellement couramment plantés à des densités faibles voire définitives, de 100 à 280 tiges/ha.

## **Une seule sylviculture, la culture d'arbres**

Avec les grands espacements, on réduit donc la pression de sélection et on passe d'une culture de peuplement à une culture d'arbres, ce qui signifie pour le forestier :

- **une attention particulière aux conditions de plantation, de concurrence** pour ne pas perdre de sujets et leur donner une croissance initiale soutenue (plantation en potets soignée, désherbage localisé),
- **la formation artificielle de la bille de pied par des tailles** appliquées au minimum aux arbres d'avenir (les arbres qui doivent constituer le peuplement final).

Il s'agit de tailles de formation pour supprimer les fourches basses et obtenir un fût droit et d'élagage pour supprimer les branches basses et produire du bois sans nœuds.

**Sans tailles de formation et d'élagage, la qualité du bois produit en plantation à faible densité est quasi nulle.**

**En résineux**, en l'absence de concurrence entre arbres, les branches basses restent vivantes et continuent de grossir, ce qui entraîne la formation de gros nœuds et le déclassement du bois : les normes CTBA limitent la taille des nœuds en proportion de l'épaisseur de la planche. Riou-Nivert montre ainsi qu'en douglas et à la densité de 570 tiges/ha, seules les pièces de grosse section sont admissibles à l'utilisation en structure.

**En feuillu**, des arbres isolés sont naturellement bas branchus, noueux et ne donnent aucun bois de qualité.

**En résumé, les faibles densités sont à réserver à :**

- des essences qui valorisent par les produits finaux les soins particuliers qu'il faut leur apporter. Les utilisations déroulage-tranchage sont actuellement les plus valorisantes, mais exigent une qualité quasi irréprochable en rectitude et en élagage des fûts.
- aux résineux dont les produits d'éclaircie se vendent mal : bois rouges, bois blancs dans des conditions d'exploitation difficile,
- aux essences qui exigent des soins particulièrement coûteux : feuillus précieux qui nécessitent une protection individuelle.

**Les grands espacements sont à déconseiller pour :**

- les sapins et les épicéas en situation normale, car ils valorisent les premières éclaircies et par contre se déprécient pour les usages en structure lorsqu'ils ont des accroissements forts,
- les pins pour des problèmes de forme (fourchaison, rectitude),
- les chênes indigènes du fait du grand temps de retour des travaux de taille-élagage.

## **Avantages/contraintes**

### **Techniques**

#### ***Gain de croissance***

Les grands espacements permettent des croissances supérieures une fois que l'arbre a dominé la concurrence des adventices, puisque l'apparition de la concurrence interindividuelle est retardée.

**Avec les feuillus précieux**, il est d'autant plus intéressant d'avoir une croissance rapide que la valeur du bois est quasi nulle pour les petites grumes (de moins de 35 cm de diamètre) et que chez nombre d'entre eux les défauts de coloration ou de structure du bois se multiplient en vieillissant : la fréquence de cœur rouge pour le merisier, de cœur noir pour le frêne s'accroît considérablement après 60 ans.

**Chez les résineux**, la densité du bois décroît avec la largeur de cerne et donc avec la vitesse de croissance. L'épicéa commun est le plus sensible et se trouve rapidement déclassé pour les emplois en structure s'il pousse trop vite. Par conséquent, les bois blancs (épicéas) ne sont pas indiqués pour les faibles densités.

La densité du bois de douglas est plus constante : le CTBA a défini la limite de largeur de cernes à 5 mm pour la qualité charpente supérieure et 10 mm pour la qualité charpente courante. Cette deuxième limite est très rarement



**Photo 1 - Noyer hybride de 7 ans sans aucune taille : grande difficulté de former une bille de pied, car les branches basses sont devenues très grosses (CEMAGREF, Clermont/Riom)**

atteinte et la première est difficilement accessible dans les terrains de qualité moyenne.

Enfin, les emplois en déroulage les plus rémunérateurs sont plutôt attentifs à une bonne régularité de croissance et ne déprécieront pas les bois à larges cernes.

### ***Qualité de la bille de pied***

Une conicité du tronc supérieure et une proportion de bois juvénile plus forte chez les arbres cultivés à faible densité sont évidemment des éléments. La contrepartie est un volume unitaire supérieur au même âge et une certaine correction de la conicité obtenue par l'élagage sur la grume élaguée.

Cet effet bénéfique de l'élagage sur la conicité et l'arrêt de formation de bois juvénile doit conduire à élaguer le plus tôt possible. De plus, le travail est plus facile (les branches ont une petite section) et la plaie se cicatrise vite (photo 1).

### ***Interventions culturales***

A faible densité, la fermeture du couvert se produira plus tardivement et la végétation adventice pourra prendre des proportions dangereuses pour la plantation ; d'où un surcroît de dégagements surtout si le propriétaire veut conserver l'accès à tous les arbres. Des dispositions rectangulaires, pour lesquelles les plants sont relativement serrés sur la ligne permettent de limiter la longueur totale de ligne à dégager.

Le recul de l'âge de la première éclaircie permet de commercialiser des produits de taille unitaire supérieure et d'accéder à d'autres marchés, tels les petits sciages plus rémunérateurs que le bois de trituration. L'opération peut devenir ainsi bénéficiaire. On limite également le nombre d'éclaircies, ce qui est intéressant dans les situations difficiles, en pente par exemple.

### ***Protection contre le gibier***

Elle est devenue obligatoire avec les feuillus précieux sur la majeure partie du territoire du fait de l'extension des populations de cervidés et interdit de par son coût (10-15 F/plant) les fortes densités.

### ***Tailles***

Les tailles sont une contrainte élevée, mais il faut relativiser leur poids par rapport à ce qui existe en plantations classiques :

- pour les conifères l'élagage est le même, mais les branches sont plus grosses et souvent vertes. Si l'intervention est faite à temps, le surcoût provient seulement du nombre de passages plus élevé ;



**Photo 2 - Jeune frêne de 3 ans très bien conformé dans une plantation à 7 m x 3 m, il faut penser à commencer la taille de formation**  
(CEMAGREF, Clermont/Riom)

- pour les feuilles, un minimum de taille de formation et d'élagage est de toute façon obligatoire en densité moyenne (500 - 1000 plants/ha) (Becquey), (photo 2).

**De par son caractère obligatoire et précis dans le temps, la taille en plantation lâche est contraignante. Du fait d'une croissance souvent soutenue, le retard d'une année peut compromettre, surtout en feuillu précieux, la qualité de la bille de pied.**

### ***Qualité du matériel végétal***

Quelle que soit la densité, il faut avoir à l'esprit le peuplement final et pouvoir sélectionner dès que la bille de pied de 6-8 m est formée :

- de 60 à 100 lignes/ha en feuillu,
- de 200 à 300 tiges/ha en résineux.

La qualité génétique du matériel végétal employé et les soins des premières années doivent donc viser à fournir cette sous-population d'arbres d'avenir.

### ***Caractéristiques écologiques***

Le maintien pendant une grande partie de la révolution d'un faible couvert permet le développement d'une végétation herbacée source de gagnage et d'abri pour la faune sauvage et en particulier les cervidés.

La non-fermeture du couvert permet également une décomposition rapide de la litière et sa minéralisation, d'où un recyclage immédiat des éléments nutritifs incorporés.

Aujourd'hui, on parle peu de plantations mélangées. Du fait de densités faibles et d'une apparition tardive de la concurrence entre arbres, on pourrait imaginer des plantations mélangées par rangs, par petits bouquets pour s'adapter encore mieux au terrain, et créer ainsi davantage de diversité.

Enfin, l'utilisation du recru naturel (taillis, friches, semis ligneux) en accompagnement d'une plantation à faible densité est une méthode "douce" qui permet la constitution rapide d'une ambiance forestière favorable à une meilleure forme des arbres.

Elle évite les opérations traumatisantes pour le paysage, la faune et la flore et surtout les sols. Par contre, il faut veiller à maintenir constamment des voies d'accès aux arbres et adopter des grands espacements entre rangs.

## **Aspects sociaux**

### **La culture d'arbres est une autre sylviculture qui sous-tend d'autres rapports à l'arbre et d'autres travaux :**

- ce sont des soins à l'arbre localisés et répétés, pour les feuillus précieux chaque année pendant toute la phase de formation de la bille de pied. Les principaux outils sont manuels, le pulvérisateur à dos, éventuellement la débroussailleuse, le sécateur manuel ou pneumatique et la scie emmanchée. Bien sûr, si le terrain est mécanisable, on peut utiliser le tracteur, par exemple pour faire les dégagements entre rangs, ou pour l'énergie de la prise de force,

- les interventions de taille et d'élagage visent l'amélioration du peuplement. Elles sont vues par le propriétaire de façon plus positive que les éclaircies qui éliminent les sujets non valables, ne rapportent pas : elles apparaissent même choquantes quand elles interviennent précocement après la plantation,

- les travaux démarrent dès les premières années après la plantation et durent une quinzaine d'années avec une fréquence quasi annuelle. Il n'y a donc pas la coupure qu'on rencontre avec des plantations à grande densité où on attend la première éclaircie pour de nouveau pénétrer le peuplement. Un propriétaire retraité peut espérer occuper ses loisirs pour la formation de son peuplement et ensuite le regarder pousser avant de le léguer constitué à ses héritiers.

Inversement, le propriétaire devra prévoir sa capacité de travail et ne pas se laisser déborder par les tailles.

### **Caractéristiques économiques des grands espacements**

Les gains résident tout d'abord dans la diminution du coût de plantation, la protection individuelle contre le gibier, le dégagement localisé. Ensuite, la croissance individuelle est supérieure et l'âge d'exploitabilité abaissé. Enfin, l'allégement de la sélection massale et la suppression d'éclaircies coûteuses sont deux avantages supplémentaires.

Inversement, des surcoûts sont dus à l'utilisation de matériel végétal sélectionné, plus cher, aux entretiens de "pénétration" en interligne plus nombreux, et aux travaux de taille.

### **Le tableau 1 compare différents scénarios :**

- des plantations classiques élaguées ou non et à grands espacements de douglas,

**Tableau 1 - Comparaison de plusieurs scénarios sylvicoles**

	Taux interne de rentabilité	Investissement total 0-5 ans	Elage et nettoiement après 5 ans	Récolte coupe finale	Age coupe finale	Observations
● <b>Conifères</b> Plantations classiques 1110 tiges/ha	8,5 %	6.650 F		175.000	55 ans	4 éclaircies pas d'élagage
Plantations classiques 1110 tiges/ha	8,3 %	6.650 F	4.700	292.000	55 ans	2 éclaircies élagage
Plantations en grands espacements 600 tiges/ha	8,8 %	7.300 F	4.400	162.500	40 ans	Elagage
● <b>Feuillus</b> Plantations classiques 1111 tiges/ha	3,2 %	13.200 F	3.600	100.000	60 ans	Elagage
Plantations en grands espacements 400 tiges/ha (travaux à l'entreprise)	3,3 %	15.500 F	4.000	100.000	50 ans	Elagage
Plantations en grands espacements (travaux en règle non comptabilisés)	4,7 %	8.700 F	1.050	100.000	50 ans	Elagage
Plantations en grands espacements 400 tiges/ha + bourrage 2/1	4,0 %	17.700 F	2.800	100.000	55 ans	Elagage
Agroforesterie (travaux à l'entreprise)	6,0 %	10.500 F	3.100	80.000	50 ans	Elagage

- cinq modalités de plantations de merisier : densité classique; faible densité, travaux à l'entreprise ou gratuits, bourrage d'épicéas ou association avec l'élevage.

Les bases de calcul sont les suivantes :

Les charges de structure sont de 40 F/an pour les frais généraux, 300 F/an pour les impôts après l'exonération trentenaire. On ne prévoit pas de subventions. En agroforesterie, il n'y a pas d'exonération d'impôt, mais un revenu annuel du pâturage de 500 F/ha.

L'argument économique n'est donc pas le premier pour faire valoir les faibles densités, sauf pour les feuillus précieux nécessitant une protection individuelle.

Le véritable gain financier réside en la possibilité de faire des travaux soi-même, mais il ne faut pas surestimer ses capacités.

Une carence de travaux de la formation de la bille de pied, surtout en feuillu, peut compromettre définitivement la qualité de la plantation et sa rentabilité financière.

Pour les **conifères**, l'exemple est basé sur le douglas en classe 2 selon la table de production de Décourt, pour l'ouest du Massif central.

En sylviculture classique, quatre éclaircies à 15, 23, 32 et 42 ans rapportent 0, 8 900, 28 600 et 45 250 F.

La récolte finale est de 175 000 F pour 300 tiges de  $1,94 \text{ m}^3$  à  $300 \text{ F/m}^3$  en absence d'élagage, de 292 000 F pour 300 tiges de  $1,94 \text{ m}^3$  à  $500 \text{ F/m}^3$  avec l'élagage.

A faible densité, deux éclaircies à 15 et 27 ans rapportent 0 et 30 000 F ; la récolte finale est de 162 500 F pour 300 tiges avec une bille de pied de  $1 \text{ m}^3$  à  $500 \text{ F/m}^3$  et une surbille de  $0,6 \text{ m}^3$  à  $250 \text{ F/m}^3$ .

Les travaux d'installation et de désherbage sont ceux de l'exemple donné au chapitre 3.

Pour les **feuillus**, l'exemple est le merisier en croissance moyenne, avec une récolte finale de 100 tiges (80 en agroforesterie) de  $1 \text{ m}^3$  à  $1 000 \text{ F/m}^3$ .

En densité classique, les récoltes intermédiaires interviennent à 40 et 50 ans ; elles rapportent 8 000 F pour 200 tiges de  $0,4 \text{ m}^3$  à  $100 \text{ F/m}^3$  et 9 750 F pour 100 tiges de  $0,65 \text{ m}^3$  à  $150 \text{ F/m}^3$ .

En faible densité, une seule éclaircie pratiquée à 40 ans retire 100 tiges de  $0,7 \text{ m}^3$  à  $100 \text{ F/m}^3$ .

En agroforesterie, les 100 sujets plantés fourniront les 80 arbres du peuplement final.

Pour la plantation avec bourrage d'épicéa, il faut noter un surcoût de 2 500 F pour ces plants et leur plantation, mais une recette de 2 650 F de la première éclaircie des épicéas à 17 ans, de 18 350 F de la coupe finale des épicéas à 25 ans.

Les travaux d'installation et de désherbage sont ceux de l'exemple donné au chapitre 3.

**On peut toujours discuter sur les volumes et les prix, et les faire varier, mais on s'aperçoit que ces calculs sont assez robustes et que les tendances générales sont conservées :**

- en **Douglas**, il n'y a pas de grande économie financière à attendre de la diminution de la densité : les taux internes de rentabilité sont du même ordre avec ou sans élagage et quelle que soit la densité de plantation.

On valorise le surcoût des travaux d'élagage pour un meilleur produit final et on comprime la valeur de la récolte finale avec un taux de l'argent très fort.

Avec un taux plus faible, le bénéfice le plus fort revient à la modalité qui fournit la recette la plus grande : les trois bénéfiques actualisés à 3 % sont dans l'ordre du tableau, 53 004 F, 72 710 F et 51 715 F.

- en **merisier**, les taux internes de rentabilité sont plus faibles qu'en résineux ; ils n'augmentent qu'en introduisant un bourrage ou de l'élagage intercalaire, ou en faisant les travaux en régie gratuitement. C'est compréhensible, car toutes les sylvicultures produisent le même bois au même prix.

En fait, la comparaison entre densités classique et faible est biaisée par la non-utilisation en densité classique de protections contre le gibier. S'il fallait en mettre, l'investissement serait gonflé de 16 500 F et la rentabilité chuterait à 1,9 %. Ce surcoût est insupportable et contraint aux faibles densités.

**Ces calculs ne font pas intervenir la notion de risque : est-on vraiment capable d'obtenir la récolte souhaitée ?**

En sylviculture classique, un retard dans les éclaircies, principalement la première, compromet la stabilité du peuplement (d'où un risque de chablis) et retarde l'âge d'exploitabilité. C'est un problème essentiellement quantitatif.

Avec des grands espacements, le risque est essentiellement qualitatif, puisque toute carence de taille (ou de qualité génétique) empêche d'obtenir la qualité de bois voulue : le rendement financier devient quasi nul.

Le risque phytosanitaire peut être limité en étant très exigeant sur l'adaptation de l'essence aux conditions de station et en ne restreignant pas la base génétique.

## **Dispositions culturelles pratiques**

Deux situations doivent être distinguées, selon le niveau de propreté avant la plantation.

**Tableau 2 - Exemples de plantations à grands espacements**

Âge	Hauteur (m)	Feuillus densité 400 6m x 4m	Dépenses/ revenus	Hauteur classe 2	Conifères densité 720 4,5m x 3m	Dépenses/ revenus
0	-	jalonement sous-solage désherbage sur la ligne	- 400 - 500		jalonement sous-solage désherbage sur la ligne	- 800 - 700
1	0,5	désherbage localisé plants et plantations protection	- 500 - 5000 - 6000	0,30	désherbage localisé plants et plantations	- 700 - 3700
2	1,30	désherbage	- 500	0,80	désherbage	- 700
3	2,10	regarni taille formation désherbage	- 600 - 500 - 500	1,50	regarni désherbage	- 800 - 700
4	2,70	désherbage	- 500	2,20		
5	3,40	taille formation	- 500	2,90		
7	4,00	taille formation	- 500			
9	5,30	nettoiemnt sélection 200 tiges et élagage	- 500 - 500	6,00	nettoiemnt sélection finale et étalage → 2 m	- 500 - 1500
11	6,40	élagage → 3 m	- 500	8,00		
13	7,60	élagage	- 500		2 <sup>e</sup> élagage → 4 m	- 1200
15	9,00	élagage éclaircie → 200 tiges	- 500 - 500	11,2		
17	10,2	élagage → 5 m	- 500	15,0	1 <sup>e</sup> éclaircie → 400 tiges 3 <sup>e</sup> élagage → 6 m	+ 0 - 1200
27					2 <sup>e</sup> éclaircie → 250 tiges	+ 30 000
40		récolte intermédiaire → 100 tiges	+ 7 000		récolte finale	+ 162 500
50		récolte finale	+ 100 000			

## **Terrains propres**

Il s'agit le plus souvent de terrains agricoles, prairies ou champs, avec une végétation herbacée très concurrentielle pour l'eau, mais peu gênante pour l'approche des plants.

Les problèmes essentiels sont :

- les antécédents de traitements des cultures avec des produits rémanents toxiques pour certaines espèces ligneuses, comme l'atrazine pour le merisier,
- les tassements du sol dus au passage des engins ou des animaux,
- la concurrence herbacée pour l'eau.

Il faut :

- éviter dans les dernières années de culture les produits toxiques pour les ligneux, attendre un an avant de planter,
- décompacter le sol par un sous-solage si la texture du sol le permet (attention à certains sols fragiles),
- désherber localement la plantation pendant au moins les trois premières années et surtout la deuxième.

Le labour en plein conduit souvent à introduire des herbes indésirables, comme les chardons dont il est difficile de se débarrasser ensuite.

## **Les terrains à recru ligneux**

Ce sont d'anciens terrains boisés dans lesquels rejettent des feuillus ou qui sont rapidement envahis par le genêt, la fougère. Ce sont également des friches où les accrues ligneux sont déjà très présents.

Le dessouchage et le labour, coûteux, empêchent de tirer parti du gainage des jeunes plants par les ligneux présents : ils constituent un auxiliaire de la formation de la bille de pied et un contrôle de la végétation adventice. Parfois, on peut même éviter les protections individuelles contre le gibier.

La difficulté est, dans ce cas, de s'assurer constamment un cheminement pour accéder aux plants : il vaut mieux adopter des dispositions rectangulaires qui limitent le nombre de layons à entretenir.

Le tableau 2 fournit un exemple de travaux et de coûts qui pourrait être réalisé dans les conditions actuelles de matériel génétique et de techniques en feuillus comme en résineux.

Cet exemple s'adresse à un terrain propre consacré uniquement à la ligniculture d'une espèce. Dans le cas d'un terrain avec ligneux, le schéma de travaux serait à priori assez semblable, mais nous manquons de recul pour établir le même tableau. L'analyse des expériences d'enrichissement de taillis pourrait fournir des données.

Sur terrain agricole propre, d'autres dispositions de plantation sont également possibles :

- installer un bourrage en même temps que l'essence principale,
- faire de l'agroforesterie en utilisant les espaces libres entre les arbres pour produire de l'herbe pâturée ou des cultures intercalaires.

## **Conclusion**

La plantation à grands espacements est indissociable de la notion de culture d'arbres où le forestier intervient pour améliorer la forme des arbres, en particulier par l'élagage, sous peine d'obtenir des produits finaux sans valeur.

Elle exige donc un suivi constant, exigeant pour les feuillus précieux, pendant la quinzaine d'années suivant la plantation quand se constitue la bille de pied.

Ces dispositions sont les plus intéressantes pour les essences à croissance rapide pouvant produire des bois de grande qualité type déroulage-tranchage, les feuillus précieux, mais aussi les résineux à bois rouge, douglas, mélèzes dont les produits d'éclaircie se vendent à faible prix.

Il ne faut pas s'attendre pour l'instant avec les niveaux de densité employés 400-600/ha à une réelle diminution de l'investissement, car des surcoûts d'entretien érodent les gains. L'avantage financier réside en la réduction de la révolution et la possibilité plus grande de pratiquer soi-même les travaux de conduite. Demain, quand on disposera de matériel végétal plus sûr, on pourra certainement abaisser la densité et les coûts.

L'avantage essentiel aujourd'hui est la proposition d'une nouvelle sylviculture qui signifie d'autres paysages plus ouverts et un autre rapport de l'arbre : le forestier abandonne la sélection massale par les éclaircies (elle est effectuée en amont pour le choix des plants) et s'oriente vers une éducation par des tailles de quelques dizaines d'individus. Le propriétaire peut agir lui-même sur ses arbres.

Le faible nombre de références et le recul insuffisant sur ces sylvicultures doit inciter à être prudent et à limiter la superficie de ces plantations à grands

espacements, d'autant qu'elles exigent un suivi attentif de la part du propriétaire.

La poursuite des recherches est indispensable pour mieux connaître les exigences stationnelles des essences forestières, améliorer le matériel végétal, alléger les travaux de taille et d'élagage, vérifier la qualité exacte du bois produit, mettre au point des techniques associées de bourrage, de culture ou de sylvopastoralisme intercalaire, voire de mélange d'essences.

Alors on pourra, de façon plus sûre, proposer cette ligniculture, qu'on pratique déjà avec le noyer et le peuplier.

### Bibliographie

**AFOCEL-ARMEF**, 1990. Quelle densité de plantation pour le Douglas, fascicule 385 n°2 - 1990.

**BECQUET J.**, 1992. A quelle densité planter les feuillus précieux ? Quelques éléments de réflexion. *Revue Forestière Française* XLIV nsp. 1992, p. 71-76.

**BOLCHERT C.**, 1991. Les feuillus précieux, ressource et récolte nationales, propriétés de base et propriétés technologiques du bois, valorisation et commercialisation, marchés actuels et ordres de prix. *CEMAGREF Clermont-Ferrand*, 150 p.

**CEMAGREF-INRA**, 1988. Note technique n°53 "Phytocides en sylviculture", 2 vol.

**FORÊT ENTREPRISE**, n°17, janvier-février 1984. Le point sur les plantations de résineux à grands espacements.

**GUITTON J.L., BRETIÈRE O., SAAR S.**, 1990. Culture d'arbres à bois précieux en prairies pâturées en moyenne montagne humide, *CEMAGREF collection Études Forêt* n°4, 117 p.

**HUBERT M.**, 1993. La ligniculture. *Forêt-Entreprise* n°88, p. 23-28.

**MALO A.**, 1976. Bases d'une sylviculture intensive pour le frêne et le merisier. *rapport de stage BTS*, 25 p.

**MICHON R.**, 1983. Les écartements de plantation, thème personnel, *ENGREF*, 73 p.

**MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT**, 1989. Circulaire DERF/SDF.C89/N3010. Caractéristiques des projets de boisement ou de reboisement à des fins de production aidés par l'État, 7 p.

**RIOU NIVERT P.**, 1989. Douglas, qualité du bois, élagage et sylviculture, *Revue Forestière Française* XLI - 5 - 1989, p. 423-431.

**SOUTRENON A.**, 1991. Elagage artificiel et risques phytosanitaires chez les feuillus, *CEMAGREF Grenoble*, 103 p.



# **Incidence de la température sur le développement du Typographe, *Ips typographus* L. (Coleoptère, Scolytidae) en zones montagneuses**

*Jean-François Abgrall  
Bernard Juvy*

L'importance économique du Typographe en Europe et en France n'est plus à souligner : ses pullulations après accident climatique (sécheresse, gel, chablis) sont particulièrement redoutables (Niemeyer, Thalenhorst, 1974 ; Luitjes, 1976 ; Worrel, 1983 ; Ravn, 1985 ; Meier, Jansen, 1987 ; Bakke, 1989). La tornade de 1982, avec près de 10 millions de m<sup>3</sup> de bois abattus, qui a ravagé les pessières du Massif Central et du Nord des Alpes a ainsi été à l'origine, de 1984 à 1986, d'une énorme pullulation de ce scolytode dont les foyers de mortalité ont aggravé les pertes dues aux chablis (enquête ONF Rhône Alpes de 1984 à 1986 ; Abgrall, Schvester, 1987 ; Abgrall, 1989).

Dans de telles circonstances le gestionnaire de la forêt est souvent désarmé car, si la nature des actions sylvicoles de lutte à mettre en œuvre est bien connue (exploitation et vidange hors forêt des chablis et sujets attaqués avant les essaimages de printemps et d'été, mise en place d'arbres piège ou de pièges artificiels, traitement préventif des grumes sur coupe, ou sur aires de stockage ...) (Bartoli, 1985 ; Abgrall, 1987), leur application est souvent difficile en zone montagneuse pendant l'hiver et leur efficacité peut être remise en cause par la méconnaissance des principales séquences du cycle de développement du Typographe. En effet, le début des essaimages de printemps et d'été, assujettis aux conditions climatiques de l'année et de l'altitude, sont très variables dans le temps (Abgrall, Schvester, 1987).

Ainsi en période de risques de dégâts, la protection chimique des bois résultant de coupes hivernales ou printanières peut être remise en cause si les opérations de traitement sont faites après le départ des essaimages de

printemps (mai - juin) ou estivaux (juillet - août). Il en est de même si l'extraction hors forêt des épicéas attaqués sur pied ou des grumes colonisées, stationnant en bordure de piste, n'est pas effectuée à temps en été. En effet, les bois investis par le Typographe, résidant plus de deux mois en forêt, permettent le développement de la première génération de l'insecte. Les adultes fils qui en sont issus contribuent, lors de l'essaimage estival, à entretenir une population dangereuse à l'origine de nouveaux foyers de mortalité.

Si la date précise du début de l'envol des adultes à l'origine de la première génération annuelle (G1) est aisément accessible par la mise en place en forêt d'un piège "d'alerte", amorcé d'un diffuseur de phéromone de synthèse, celle des adultes à l'origine de la génération estivale (G2) est plus délicate. Cela implique un suivi biologique de l'insecte sous écorce ou celui des adultes par un dispositif de piégeage ; la précision de cette dernière méthode restant toutefois liée à la périodicité des relevés. Ces actions sont donc contraignantes et consommatrices de temps, et dépassent souvent les possibilités pratiques du forestier.

C'est pour répondre à cette préoccupation que nous avons tenté d'estimer, en s'inspirant des travaux d'Annala (1969) et d'Harding et Ravn (1985), la relation existant entre la durée de la première génération annuelle du typographe et l'évolution de la température ambiante mesurée au-dessus du zéro de développement. Cette température seuil, au-dessous de laquelle toute activité biologique de l'insecte est bloquée quel que soit son stade, est en effet une caractéristique intrinsèque de l'espèce. On sait, depuis les travaux d'Annala (1969) que pour le Typographe, ce seuil se situe autour de + 5°C.

Ainsi, en sommant journalièrement les écarts entre les températures moyennes journalières et le seuil de + 5°C, au cours de la période de temps correspondant à la durée de la première génération du Typographe, on obtient une quantité de température exprimée en degrés-jours (dj) spécifique de l'insecte étudié.

Cette méthode est classiquement utilisée depuis de nombreuses années en France, aussi bien dans le domaine de l'agriculture que celui de l'arboriculture par le Service de la Protection des Végétaux. Ainsi, les éclosions en masse du Carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) sont observées quand la somme de température atteint 400 dj au-dessus de + 15°C, et celle de l'Anthonome du pommier (*Anthonomus pyri* K.) quand elle atteint 600 dj au-dessus du seuil de 0°C (in Bonnemaïson 1962).

La prévision se fait donc en deux temps :

- un piégeage d'alerte pour connaître précisément le début des vols de printemps ;

- le calcul à partir de cette date des sommes thermiques qui permet de prévoir l'imminence de l'essaimage estival.

## **Matériel et méthodes**

### **Site d'étude**

Les recherches ont été menées en 1991 dans la forêt domaniale du Meygal (Haute Loire) dans une pessière adulte à 1100 m d'altitude à 18 km au nord-est du Puy en Velay, à l'est du Massif Central. L'étude a été réalisée sur la limite sud d'une lisière forestière en terrain plat, au sein d'un dispositif standard de suivi des fluctuations de population du Typographe par piègeage avec phéromone depuis 1988.

### **Observations biologiques**

#### ***Début de l'essaimage à partir des sites d'hivernation***

Les premières pénétrations de Typographes ont été relevées sur des rondins de 15 - 30 cm de diamètre et 1 mètre de long prélevés sur la flèche d'un chablis d'hiver et amorcés le 6 mai 1991 d'un diffuseur "Phéropax" ; l'extrémité des rondins a été paraffinée pour réduire la dessiccation.

Conjointement, les premiers vols d'adultes hivernants ont été notés dans les pièges artificiels "Roehling" du dispositif standard amorcé à la même époque.

#### ***Suivi des périodes de vol annuelles du Typographe***

A partir des premières captures, les vols successifs ont été caractérisés au cours de relevés par quinzaines jusqu'à la fin septembre dans les 46 pièges Roehling du dispositif général, soit 10 contrôles successifs. Les diffuseurs ont été remplacés, après 2 mois, le 1<sup>er</sup> juillet 1991.

#### ***Suivi du développement sous cortical du Typographe***

Dès l'observation des premières pénétrations d'adultes, les rondins ont été installés sur cales à l'intérieur d'une enceinte grillagée (tente de 1,2 m de long, 1 m de hauteur avec panneaux latéraux pivotants pour accès aux rondins), et soumis pendant 15 jours aux attaques des Typographes avant d'être isolés par fermeture des panneaux grillagés.

Des rondins façonnés le 6 mai ont, de plus, été installés dans une seconde tente grillagée et isolés de l'extérieur, afin de vérifier la présence d'adultes hivernants émergeant de la litière forestière.

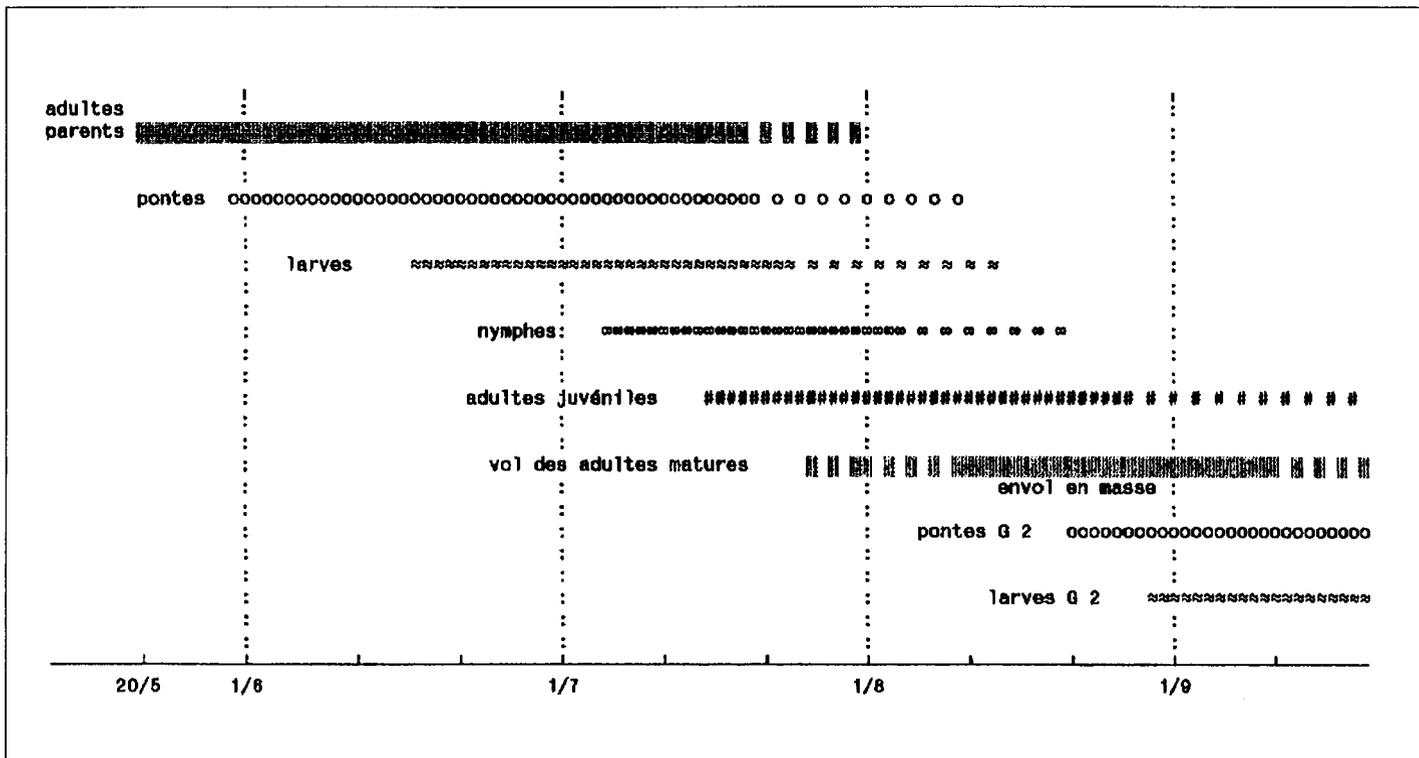


Figure 1 - Schéma du développement annuel du Typographe en FD du Meygal caractérisé sur rondins attaqués en forêt, en 1991

A partir de juin, les rondins ont été examinés tous les 15 jours avec prélèvement de fragments d'écorce pour noter la présence et l'évolution des systèmes de galeries maternelles et larvaires ainsi que la présence des stades œufs, larves, nymphes, adultes juvéniles et des orifices d'émergence des adultes.

### ***Données climatiques et calcul de la somme thermique***

Les relevés de températures au cours de la saison de vol 1991 du Typographe nous ont été fournis par le poste de la météorologie nationale d'Yssingaux, située à quelques kilomètres du Meygal. Nous avons ainsi pu calculer, sur la base du seuil minimum de développement du Typographe, + 5°C, la somme de température moyenne cumulée en dj ( $t-5^{\circ}\text{C}$ ), à partir de la date des premiers vols et pénétrations du Typographe jusqu'à l'apparition des premiers adultes juvéniles fils sous écorce, terme de la première génération annuelle.

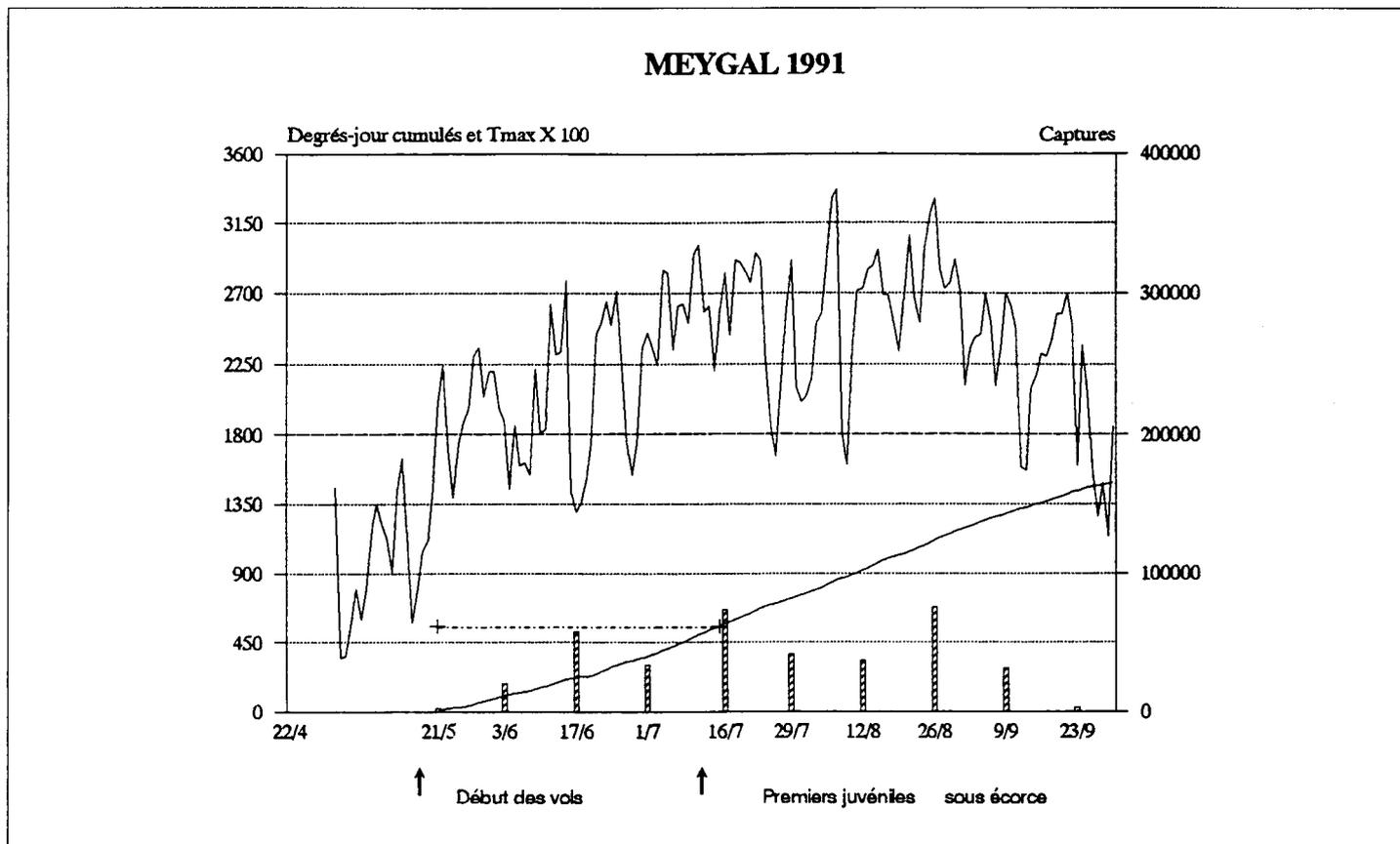
### **Elaboration du modèle thermique**

Le schéma de la figure 1 résume l'ensemble des observations faites sur les rondins à partir des premières nidifications du Typographe constatées le 21 mai 1991. L'apparition du début des différents stades biologiques de la génération issus des adultes hivernants (G1) a pu être ainsi observée jusqu'à la présence sous écorce le 15 juillet des premiers adultes juvéniles à l'origine de la génération estivale (G2), soit une durée totale de 56 jours. Le cumul des températures moyennes journalières au-dessus de 5°C, pour cette même période, s'élève ainsi à 550 dj (figure 2).

#### *Remarque*

Nous avons pu caractériser le début des réémergences d'adultes hivernants qui, après une première ponte, sont à l'origine d'une génération sœur après nidification et nouvelle ponte sur un autre épicea. En effet, l'introduction de nouveaux rondins indemnes fin juin, dans la cage d'observation contenant les rondins colonisés depuis le début de l'expérience, nous a permis d'observer leur pénétration par des adultes émergeant des premiers rondins après une première ponte. Les adultes juvéniles sont apparus au terme de cette génération sœur vers le 10 août, soit après 40 jours environ.

Les conditions de température estivales, beaucoup plus favorables, expliquent ce développement plus rapide pour la même somme thermique de 550 dj (ces données n'ont pas été représentées, afin de ne pas alourdir inutilement les schémas des figures 1 et 2).



**Figure 2 - Représentation graphique de la somme thermique de la première génération annuelle du Typographe (somme cumulée au-dessus de 5°C des températures moyennes journalières entre le 21/06 et le 15/07) observée dans le Meygal en 1991 et correspondant à 550 d°j (ligne horizontale en pointillé). Le schéma est complété par la représentation des captures relevées par quinzaine dans les pièges à phéromone et de la courbe de fluctuation des températures maximum journalières.**

D'un autre côté, l'analyse des vols du Typographe en 1991, à partir du dispositif de piègeage permet, en caractérisant les essaimages successifs de l'insecte, de compléter les informations faites sur les rondins en cage grillagée.

L'évolution des captures enregistrées au cours de la saison de vol, représentée figure 2, met ainsi en évidence la première génération annuelle (G1) en deux vagues, mi-juin et début juillet. Elles représentent l'essaimage successif des adultes hivernants, puis celui des réémigrants qui, après une première ponte, s'envolent pour pondre de nouveau. Leur sont associés des hivernants tardifs bloqués par des chutes de température maximale journalière, (cf. figure 2) au cours de la deuxième quinzaine de juin.

L'envol des adultes à l'origine de la génération estivale (G2) s'effectue après la mi-août. Ces insectes formés sous écorce à partir du 15 juillet (cf. rondins) ne peuvent effectivement essaimer en masse qu'à partir du 10 août en raison d'une série de coups de froid entre le 25/7 et le 8/8.

Une bonne cohérence est donc constatée entre les observations biologiques directes effectuées sur rondins attaqués en forêt et l'évolution des essaimages dans le temps enregistrée dans les pièges à phéromone. Ceci constitue un élément déterminant confortant la signification biologique de la somme thermique mise en évidence.

Dans le cas présent, l'apparition des premiers adultes juvéniles sous écorce après 550 dj, précède d'une dizaine de jours la date des premières émergences, période nécessaire à l'acquisition de la maturité sexuelle et l'aptitude au vol après alimentation de maturation.

La durée de 56 jours pour cette première génération dans le Meygal en 1991 est en accord avec les travaux menés par Chararas (1961) en forêt de Saint-Prix (Morvan), il l'observe en 42 à 55 jours, et ceux de Harding et Ravn (1985) qui indiquent 57 à 65 jours pour sa réalisation.

Par ailleurs, les grandes lignes du cycle de développement annuel du Typographe, mises en évidence dans la présente étude, concordent bien avec les travaux menés sur la biologie de cet insecte en Europe Centrale et en Scandinavie (Bakke, Austara, Petersen, 1977 ; Zumr, 1982) ainsi que dans les Alpes du Nord (Abgrall, Schvester, 1987).

Le fait que Annala (1969) et Harding et Ravn (1985) aient obtenus des sommes de température de 10.000 à 12.000 degrés-heure (dh) pour la réalisation de la première génération du Typographe à partir d'enregistrements in situ à l'aide de sondes thermométriques, ne permet pas de comparaisons avec les résultats obtenus au Meygal. Nous ne disposons, en effet, que des températures mesurées à 2 mètres sous abri météorologique standard à quelques kilomètres de la zone expérimentale.

## Validation du modèle thermique

La somme de température de 550 dj que nous avons caractérisé a été calculée à partir des données biologiques et climatiques de la seule année 1991. Il nous a donc paru pertinent de valider ce modèle thermique en l'appliquant dans des conditions les plus variées de contexte forestier, de climat et d'altitude, en utilisant les données des cinq dispositifs de piégeage du Typographe étudiés de 1983 à 1992 dans les Alpes du Nord et le Massif Central :

- forêt communale de la Table, 73 ;
- forêt domaniale de Grande Chartreuse, 38 ;
- forêt communale de Méaudre, 38 ;
- forêt communale de Chamonix, 74 ;
- forêt domaniale du Meygal, 43

soit 22 cycles de développement annuel dont l'analyse avait, à l'époque, été faite sur la seule base des relevés de captures des pièges à phéromone et de l'évolution des températures maximales journalières.

Dans chacun des cas nous avons sommé, à partir de la date des premiers essaimages printaniers, les températures moyennes journalières au-dessus de 5°C, obtenues auprès du poste météorologique le plus proche, jusqu'à la valeur cumulée de 550 dj. Nous avons ainsi obtenu les dates d'apparition estimées des premiers adultes juvéniles sous écorce, terme de la première génération du Typographe.

Le tableau **I** et la figure **3** résument les principales séquences de cycle biologique obtenues avec les deux approches ; leur analyse peut ainsi être résumée :

- Le début des essaimages est très variable et essentiellement lié à l'altitude, à l'évolution de la température de la fin avril au début mai, ainsi qu'à l'époque du démantèlement du manteau neigeux qui maintient la température superficielle du sol autour de 0°C.

Un gradient de précocité apparait ainsi, de la Grande Chartreuse au Meygal, avec les écarts suivants :

<b>Grande-Chartreuse</b>	<b>17/5 - 20/6</b>	<b>1400 m d'altitude</b>
<b>Vercors</b>	<b>7/5 - 25/5</b>	<b>1200 m d'altitude</b>
<b>Chamonix</b>	<b>3/5 - 25/5</b>	<b>1250 m d'altitude</b>
<b>La Table</b>	<b>2/5 - 15/5</b>	<b>1100 m d'altitude</b>
<b>Meygal</b>	<b>21/4 - 6/5</b>	<b>1100 m d'altitude.</b>

**Tableau 1 - Durée de développement de la première génération annuelle (G1) du Typographe à la date des 555 d°j\***

Dispositif	Année	Début des vols de G1	Date des 550°/j	Etalement	Début des vols de G2
LA TABLE	1983	15/05	07/07	54 jours	20/07
	1984	02/05	08/08	68 jours	18/07
	1985	15/05	08/07	55 jours	18/07
CHARTRE USE	1983	30/05	19/07	51 jours	25/07
	1984	12/06	30/07	49 jours	absent
	1985	01/06	24/07	54 jours	05/08
	1986	19/06	01/08	44 jours	05/08
	1987	20/06	10/08	52 jours	absent
	1988	08/06	01/08	55 jours	absent
VERCORS	1985	24/05	28/07	66 jours	10/08
	1986	11/05	21/07	72 jours	25/07
	1987	25/05	31/07	68 jours	15/08
	1988	07/05	02/08	88 jours	05/08
MEYGAL	1988	06/05	09/07	65 jours	17/07
	1989	03/05	07/07	66 jours	10/07
	1990	30/04	04/07	66 jours	13/07
	1991	21/05	15/07	56 jours	25/07
	1992	22/04	04/07	74 jours	12/07

● L'époque d'apparition des adultes juvéniles varie aussi d'un dispositif à l'autre et d'une année sur l'autre. Les décalages observés au début des vols printaniers se retrouvent cependant en été au terme de la première génération, mais de façon beaucoup moins marquée en raison des rattrapages de développement dûs aux températures estivales plus élevées et homogènes.

● En dépit de ces variations, la somme thermique de 550 j précède toujours, de 3 à 15 jours, le tout début de l'essaimage estival estimé par piègeage, sauf lorsqu'il ne se produit pas ou très faiblement, en particulier aux altitudes élevées (Grande Chartreuse), et de plus de 15 jours celui de l'essaimage en masse.

Cette quantité semble donc constituer pour le Typographe, un bon indicateur biologique qui intègre aussi bien les capacités de développement de la première génération que l'incidence des facteurs thermiques. Ceci traduit les grandes potentialités d'adaptation de l'insecte aux variations climatiques.

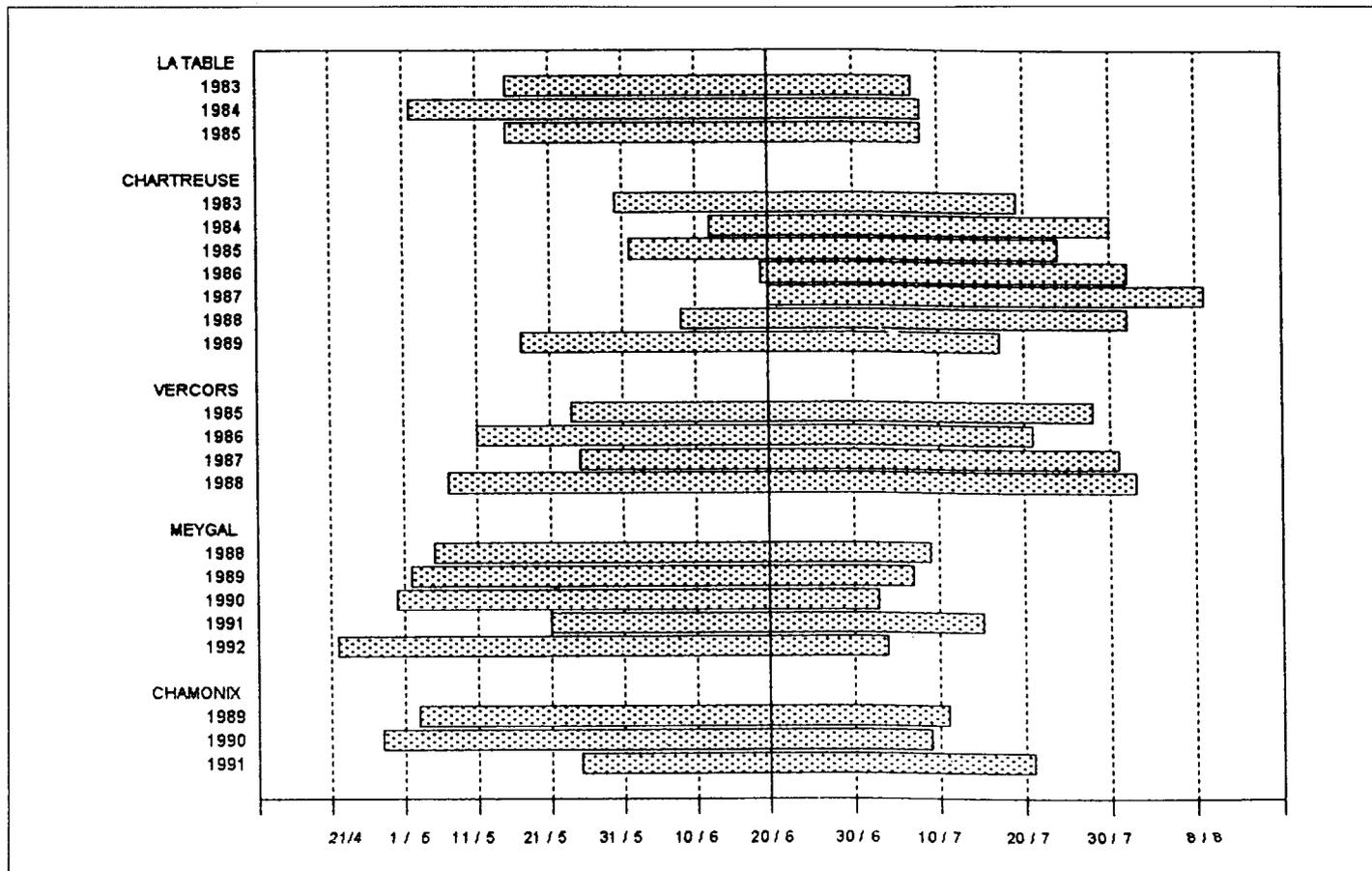


Figure 3 - Comparaison des durées de développement de la première génération annuelle du Typographe, entre l'envol des premiers hivernants et la présence des premiers adultes juvéniles (550 d°j) pour 22 cycles années étudiés dans les Alpes du nord et l'est du Massif Central

## Conséquences pratiques

Dans le domaine de la gestion des attaques de ravageurs forestiers, l'utilisation de la méthode de la somme de température présente l'intérêt de rendre possible la prévision et la programmation dans le temps, des actions de lutte sylvicoles contre le Typographe, dans les pessières présentant des foyers de mortalité récents.

La mise en place d'un piège d'alerte permet de connaître précisément le début des vols de printemps, mais surtout, le calcul de la date d'acquisition des 550 jours après ces premiers vols, de prévoir l'imminence de l'essaimage estival à l'origine de nouvelles attaques.

Il est ainsi possible d'anticiper sur l'époque de l'émergence en juillet des insectes présents sous l'écorce des bois colonisés en mai-juin : grumes résidant encore sur coupe ou sur aire de stockage en bordure de piste, et qu'il conviendrait d'extraire hors forêt avant l'envol des adultes.

La protection chimique des bois indemnes d'attaque avant l'essaimage estival, dont la vidange immédiate n'est pas possible, peut aussi être envisagée avant cette date limite.

Dans le cas présent, par mesure de précaution, cette limite ne doit pas dépasser le tout début juillet par exemple, dans le Meygal à La Table et Chamonix, alors que dans le Vercors et en Chartreuse elle se situe en moyenne autour du 25 juillet.

Il conviendrait maintenant de vérifier la validité de cette méthode dans les pessières de plaine, là où les essaimages de printemps sont beaucoup plus précoces (début avril et même fin mars les années exceptionnelles).

*Les travaux rapportés dans cette étude n'auraient pu être réalisés sans l'aide efficace et amicale des personnels de l'Office National des Forêts : M. GARCIA, Chartreuse ; M. JAMIN, La Table ; M. ALGOUX, Vercors ; M. ROMANET, Meygal ; M. PAGANELLI, Chamonix, et leurs collaborateurs. Nous leur exprimons nos sincères remerciements.*

## Bibliographie

- ABGRALL J.F.**, 1987. L'utilisation de la méthode des arbres pièges avec les phéromones de synthèse dans la lutte contre le Typographe *Ips typographus* L. (Col. Scolytidae). *Info. Techn. CEMAGREF*, 67, 1, 4 p.
- ABGRALL J.F.**, 1989. Caractérisation d'une pullulation de Typographe (*Ips typographus*) par piégeage avec une phéromone de synthèse dans les pessières de la F.D du Meygal (Haute-Loire) - *Rapport interne CEMAGREF*, 26 p.
- ABGRALL J.F., SCHVESTER D.** - 1987. Observations sur le piégeage de *Ips typographus* L. après chablis. *RFF*, 34, 4, 319-77
- ANNILA A.**, 1969. Influence of temperature upon the development of *Ips typographus* L. (Col.Scol.). *Ann.Zool. Fenn.* 6, 161-207
- BAKKE A.**, 1968. Ecological studies on bark beetles (Col.Scol.) associated with scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Norway with special references to the influence of temperature - *Ref. Norw.For.Res.Inst.* 21, 6, 441-602
- BAKKE A.**, 1969. The recent *Ips typographus* outbreak in Norway. Experiences from a control program. *Holarctic Ecol.* 2, 515-19
- BAKKE A, AUSTARA O, PETERSEN H.**, 1971. Seasonal flight activity and attack pattern of *Ips typographus* in Norway under epidemic conditions. *Rep.Norw.For.Res.Inst.* 33, 6, 253-68
- BARTOLI M.**, 1965. La tornade du 11 juillet 1984 à Saverne. *Arborescence*, n°1, p.48
- BONNEMAISON L.**, 1962. Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. t.II. p.360
- CHARARAS C.**, 1961. Les Scolytides de l'épicéa dans la forêt domaniale de Saint Prix (Morvan) et mesures de protection des peuplements. *Rev.Path.Veg. et Ent.Agr.de France.* 40, 2, 46-109
- HARDING S, RAVN H.P.**, 1985. Seasonal activity of *Ips typographus* L. *Col. Scol. in Denmark Z.angew.entom.* 99, 123-31
- LUITJES J.**, 1976. Development of insects in timberdamaged by the gale 1972 and 1973 in the Netherlands *J.of Plant Diseases and Protection*, 83, 87-95
- MEIER I, JANSEN E.** 1987. Enquête "Bostryches" auprès des triages forestiers. 1984 - 1986 - *Service Phytosanitaire d'Observations et d'Information* - SPOI. Birmensdorf. 24 p.
- NIEMEYER H, THALENHORST W.**, 1974. Die borkenkafergefahr in Niedersachsen 13 november 1972. *Der Forst u - Holzwirt.* 79, 7, 133-42
- OFFICE NATIONAL DES FORÊTS, DIRECTION RÉGIONALE Rhône-Alpes** 1984-1986. Enquête sur les attaques du Typographe après la tornade de 1982
- RAVN H.P.**, 1985. Expansion of the population of *Ips typographus* L. (Col.Scol.) in Denmark. *Z.angew.Entom.* 99, 123-31
- WORREL R.**, 1983. Damage by the spruce bark beetle in South Norway 1976-80 : A survey and factors affecting its occurrence. *Rep.Norw.For.Res.Inst.*, 38, 6, 34

# **Le mélèze hybride en plantation**

## **Résultats provisoires sur 17 sites en France**

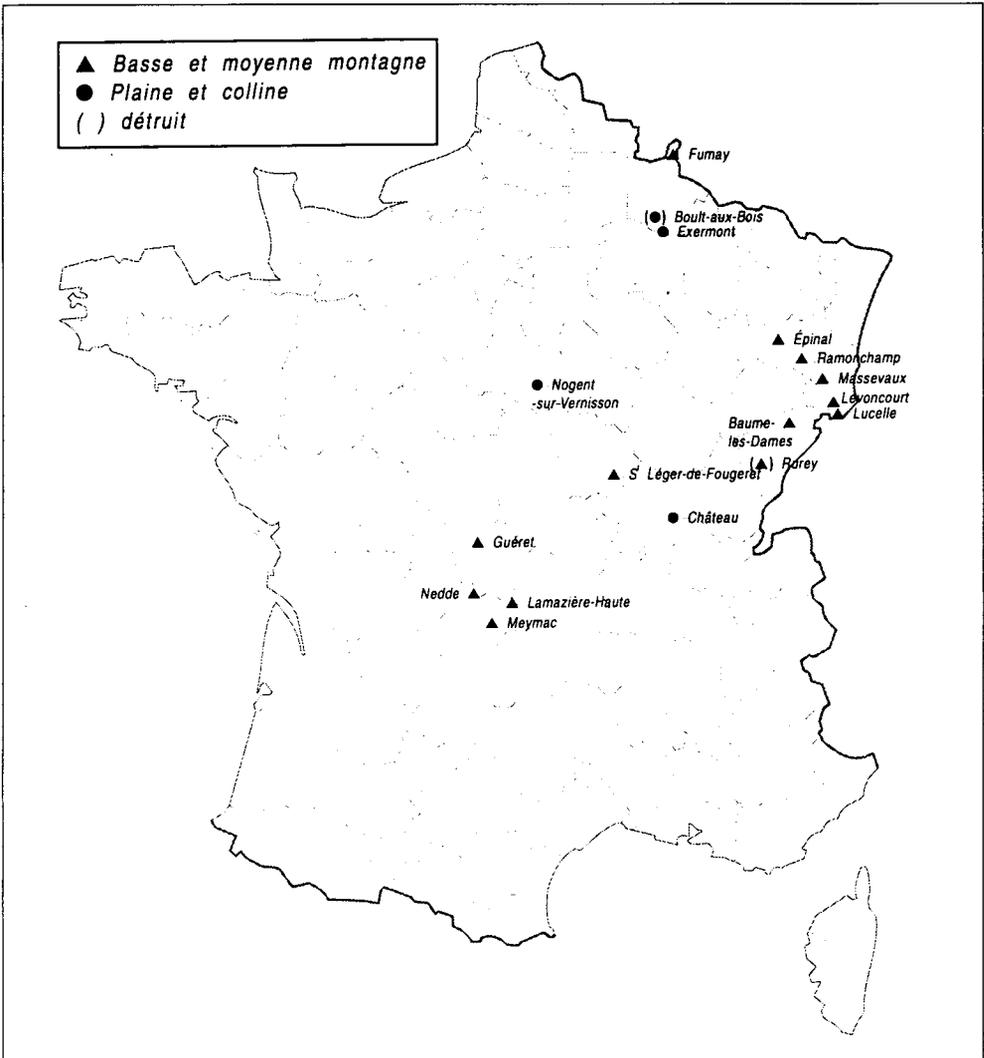
*Jean-Pierre Cazaux,  
Richard Chevalier,  
Jean-Michel Gilbert,  
Christian Ginisty*

**L**e genre Mélèze comprend plusieurs espèces susceptibles de s'hybrider entre elles, mais les forestiers européens ont pris l'habitude de limiter dans la pratique courante l'appellation de "mélèze hybride" (*Larix eurolepis*) aux produits du croisement entre le mélèze d'Europe (*Larix europea*) et le mélèze du Japon (*Larix leptolepis*).

Les principaux instituts de recherche (Danemark, Grande-Bretagne, Belgique, Suède) ont produit un grand nombre de variétés de mélèze hybride, dont certaines commencent à être commercialisées. En France, l'INRA a réalisé plus de 600 variétés, étudiées dans des dispositifs comparatifs répartis sur une vingtaine de sites. De plus, le CEMAGREF commercialise depuis peu la production d'un petit verger à graines établi sur le domaine des Barres, et qui exploite une formule de croisement mise au point au Danemark.

Les exigences écologiques des mélèzes hybrides sont encore mal cernées, mais cette espèce semble constituer une alternative intéressante aux essences habituellement préconisées en reboisement, ou en boisement des terres agricoles.

Déjà, en 1965, LACAZE et LEMOINE notaient, dans une série de dispositifs comparant diverses provenances de mélèze d'Europe, de mélèze du Japon et les premiers hybrides danois, installés en Bretagne (Coat an Noz), une



**Figure 1 - Réseau de peuplements de référence de mélèze hybride**  
(Verger Danois n° 203 - CEMAGREF)

forte avance en croissance en hauteur des hybrides testés, sur toutes les provenances des espèces pures (Alpes, Pologne, Suède), tant en pépinière qu'après 6 mois de plantation.

BASTIEN et KELLER notaient, en 1980, les performances du mélèze hybride dans deux situations écologiques très différentes (Bretagne et Plateau de Millevaches) concluant à la remarquable "plasticité" de l'hybride et à sa

grande homogénéité de croissance en diamètre à 11 ans à station et traitement équivalents, confirmant des observations suédoises (KIELLANDER 1974) et allemandes (LANGNER 1971), sur les gains de production de formules hybrides différentes.

Le CEMAGREF profitant d'une opportunité de poursuivre les essais de comparaison de croissance du mélèze hybride a bénéficié de l'apport d'un lot de graines provenant d'un verger à graines danois (formule 203). Dans 17 sites très variés quant aux conditions écologiques (figure 1), et sur 15 ha, 23.000 plants ont été installés dans des conditions "standard" de plantation et ensuite d'entretien, selon les habitudes forestières locales.

Une enquête rapide, sollicitée par les gestionnaires confrontés à la nécessité d'effectuer une première éclaircie, a été effectuée en 1990-1991, sur un protocole simplifié (voir annexe).

Cet article fait le point, à cette occasion, des observations et résultats partiels que l'on peut tirer 8 ans après les plantations.

## **Le réseau de peuplements de référence**

### ***Le matériel végétal***

Le lot de graines provient du verger n° FP 203 à Holboeck au Danemark. Cette variété à base génétique étroite est issue d'un croisement libre entre :

- un clone japonais issu du croisement contrôlé de deux arbres sélectionnés, utilisé comme parent femelle (V1377)
- une série de clones européens, issus d'une descendance de pleins frères, comme parents mâles (S1474).

L'éducation des plants a été effectuée en pépinière : semis au printemps 1979 et repiquage à la pépinière de Peyrat-le-Château au printemps 1980.

### ***La localisation des sites***

Après des discussions et échanges avec l'Office National des Forêts, les plantations ont pu être effectuées en forêt domaniale ou communale en France, principalement dans le Nord-Est, le Centre-Est et le Limousin (voir figure 1). Chacun des sites est identifié dans le tableau 1. On peut constater une forte variation des caractéristiques des sites (altitude, climat, pluviométrie, sols).

SITE	CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES						SOL*		Peuplement 8 ans après la plantation *		
	Altitude	Pluviométrie (mm/an)	Température moyenne (°C)	Géologie	Surface (ha)	Nombre de placettes par site	Acidité	R. U. (mm) estimée	Ho (m)	Survie (%)	Fentes de croissance (%)
Épinal (88)	400	1120	8,6	Grès vosgien	2,00	6	Acide à très acide	27 à 153	3,9 à 8,1	20 à 80	0 à 24
Ramonchamp (88)	630	1820	7,5	Granites	1,00	3	Acide	67 à 79	7,2 à 8,0	50 à 70	0
Masevaux (68)	550	1040	8,5	Grauwackes	0,72	2	Moy. acide	125	7,7 à 8,4	70 à 90	60 à 73
Levoncourt (68)	500	1080	8,2	Formations résiduelles de plateau	0,90	3	Moyennement acide	106 à 280	6,4 à 9,4	20 à 80	0
Lucelle (68)	650	1080	7,5	Kimmeridgien inférieur	0,93	4	Neutre	40 à 86	4,5 à 7,9	10 à 60	0 à 10
Baume les Dames (25)	480	1070	9,2	Bajocien inf. et moyen	2,00	4	Neutre à peu acide	80 à 171	6,7 à 9,3	60 à 80	17 à 65
Rurey (25)	440	1070	9,4	Calcaire	1,10	0	Carbonaté à neutre (< 50 mm)			0	
St-Léger-de-Fougeret (58)	550	1260	9,3		0,30	2	Acide	126 à 141	8,9 à 9,3	80	5
Guéret (23)	640	1200	8,7	Granites	0,43	2	Acide	108 à 153	7,0 à 7,4	60 à 70	5 à 14
Nedde (87)	610	1390	8,8	Granites	0,30	1	Acide à très acide	52	6,1	90	?
Lamazière Haute (19)	860	1110	8,2	Gneiss	0,05	1	Acide à très acide	65	6,3	80	20
Meymac (19)	890	1410	7,4	Granites	0,25	2	Très acide	75	4,8 à 5,5	30 à 40	0
Fumay (08)	450	1000	8,2	Limons des plateaux	0,28	3	Très acide	37 à 87	0 à 5,7	0 à 40	0
Château (71)	460	800	9,6	Trias à faciès gréseux	1,22	3	Moyennement acide à acide	46 à 148	5,7 à 6,8	50 à 60	0 à 5
Exermont (08)	200	850	9,4	Gaize	1,50	3	Moy. acide	129 à 140	5,5 à 7,1	10 à 60	10 à 60
Boult aux Bois (08)	190	860	9,5	Gaize	1,20	0	Très acide (< 70 mm)			10	
Nogent-sur-Vernisson (45)	130	680	10,5	Coniacien	1,00	7	Carbonaté à peu acide	57 à 103	0 à 5,2	0 à 90	0 à 10

\* Valeurs extrêmes observées sur les placettes

**Tableau 1 - Réseau de peuplements de référence du mélèze hybride (Verger Danois n° 203 - Plantation P 82) CEMAGREF)**

## **Les techniques de plantation et les entretiens**

Les plantations et entretiens ont été entrepris suivant les techniques courantes des services forestiers locaux. La plantation a souvent été effectuée au coup de pioche ; les densités ont été comprises entre 1600 et 1820 plants/ha. Aucun regarni n'a eu lieu. Pas d'entretien spécifique n'a été programmé ni réalisé, en particulier contre la végétation concurrente graminée. Enfin, ces reboisements n'ont pas été effectués, à l'époque, avec un souci expérimental marqué. Aussi, il est nécessaire de garder une grande prudence dans l'interprétation d'observations et de mesures instantanées qui ont été faites rapidement, 8 ans après la plantation (11 ans après la "naissance" de la formule).

## **Observations, notations et mesures effectuées**

### **Deux sites présentent une mortalité quasi totale**

- RUREY (Doubs) - (440 m) : mortalité totale des plants

*Observations* : roche calcaire très superficielle ; sécheresse marquée de la saison de végétation 1983.

- BOULT AUX BOIS (Ardennes) - (150 m) : mortalité quasi totale

*Observations* : sol très acide ; importants dégâts de gibier.

### **Sur les autres sites**

Un parcours rapide sur les peuplements a conduit à une méthode d'observations et de mesures qui a essayé de prendre en compte la diversité interne des peuplements.

Des "unités physiologiques" ont été repérées ; c'étaient des zones apparemment homogènes dans leurs conditions écologiques (sol - végétation) et de peuplements.

Selon la diversité rencontrée, 1 à 7 placettes provisoires circulaires de 4 ares environ ont été installées par site. 46 placettes ont été au total mises en place.

### **Dans chaque placette, les données suivantes ont été prises**

#### **• Données stationnelles**

- position topographique,

- description du sol par horizon, après sondage à la tarière : humus, couleur, texture, charge en cailloux, réaction à HCl, traces d'hydromorphie,

- évaluation de la réserve utile du sol (RU), calculée selon le tableau de texture de JAMAGNE (1977). La limite de la profondeur du sol a été mesurée lors de la rencontre de la roche dure (sites de basse et moyenne montagne) ou esti-

mée dans le cas de roche mère argileuse épaisse (prise en compte des 20 premiers centimètres de l'horizon argileux),

- description sommaire de la végétation, permettant, en liaison avec le type d'humus rencontré, de "classer" phytoécologiquement le niveau d'acidité du sol, spécialement pour les horizons superficiels.

#### **• Données dendrométriques**

- mesure de la hauteur totale et de la circonférence à 1,30 m des trois plus gros arbres de la placette distants d'au moins 5 m les uns des autres. Estimation, par leur moyenne, de la hauteur dominante.

#### ***Par ailleurs, des estimations ont été effectuées***

- évaluation du taux de survie (% par rapport à la densité initiale, à 10 % près),

- évaluation de l'homogénéité du peuplement en hauteur et en grosseur (trois classes : homogène, moyen, hétérogène),

- comptage des arbres présentant des fentes récentes sur le tronc.

## **Résultats - discussion**

Les conditions d'installation, de plantation, de suivi et l'absence de plans d'expérience définis dès l'origine ont conduit à des observations rapides et robustes.

Les résultats déduits doivent donc être considérés comme des tendances exprimées par l'une des formules de mélèze hybride, installée dans des conditions standard assez proches de la réalité forestière quotidienne.

### ***Influence des facteurs du milieu sur la croissance en hauteur***

La hauteur dominante à 8 ans après la plantation a été retenue comme indice de fertilité.

Les figures 2 et 3 expriment de manière synthétique les résultats mesurés et classés.

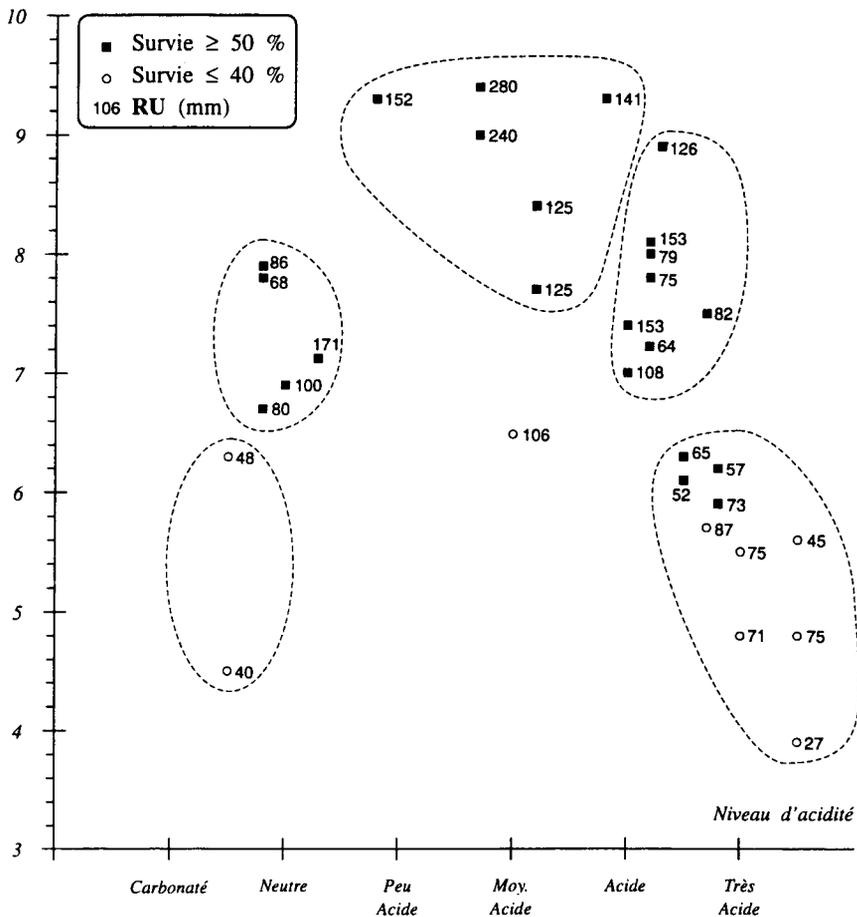
La hauteur dominante calculée varie de 4 m à 9,50 m suivant les placettes.

Elle atteint près de 10 m dans les situations les plus favorables.

Elle reste notable (6 à 7 m) dans des situations plus contrastées soit par leur régime climatique, leur niveau trophique ou leur acidité.

*Basse et moyenne montagne  
Hauteur dominante 8 ans après la plantation selon le niveau d'acidité*

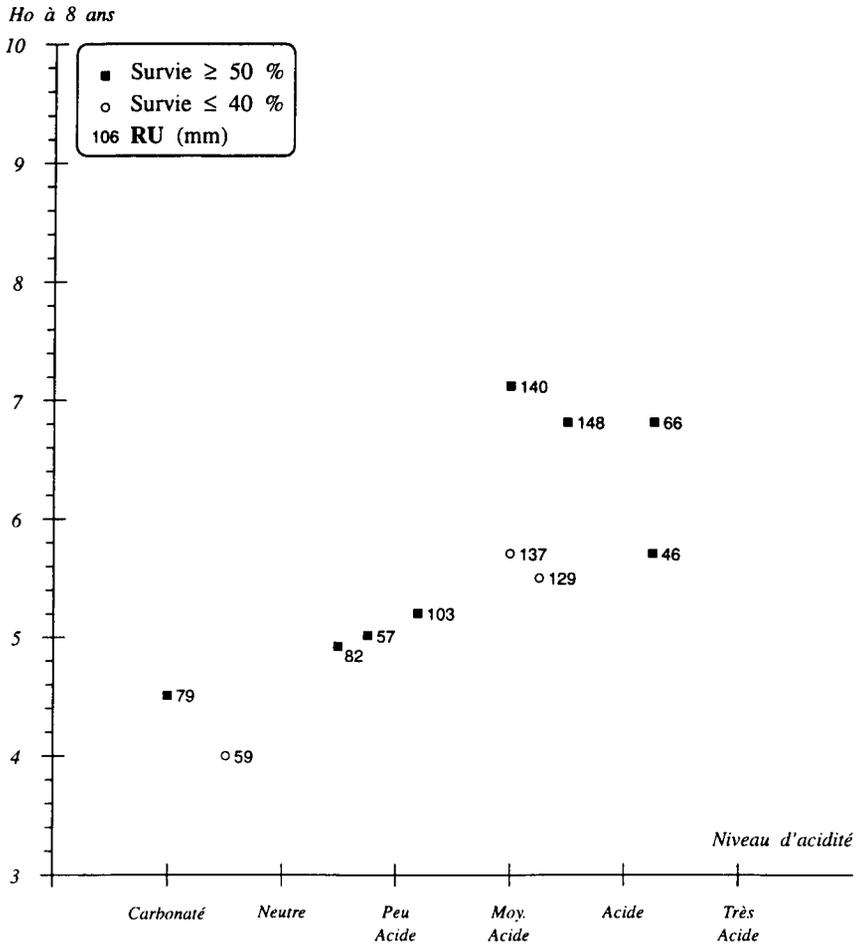
Ho à 8 ans



Nota : ne figure pas 1 placette à taux de survie nul

**Figure 2 - Réseau de peuplements de référence de mélèze hybride**  
(Verger Danois n° 203 - CEMAGREF)

*Plaine*  
Hauteur dominante 8 ans après la plantation selon le niveau d'acidité



*Nota : ne figurent pas 2 placettes à taux de survie très faible ou nul*

**Figure 3 - Réseau de peuplements de référence de mélèze hybride**  
(Verger Danois n° 203 - CEMAGREF)

## Les résultats

### • En basse et moyenne montagne

Sur les sols à roche calcaire superficielle et  $RU < 60$  mm, la hauteur dominante est inférieure à 6,5 m ; le taux de survie est faible ; les peuplements sont hétérogènes et ont peu d'avenir.

Sur les terrains très acides et à  $RU < 80$  mm, la hauteur dominante est inférieure à 6,5 m ; les peuplements sont hétérogènes. Pour avoir un avis plus affirmé, il faut suivre l'évolution future de ces peuplements.

Dans des conditions moyennes au plan de l'acidité et avec des  $RU$  supérieures à 80 mm, cette formule de mélèze hybride se comporte remarquablement bien, au même niveau que les essences résineuses de reboisement habituelles (douglas) ou mieux (épicéa).

### • En plaine

Les observations peu nombreuses en plaine (trois sites) montrent cependant que cette hauteur dominante y est la plus faible (4 à 7 m).

### • Globalement

Les meilleures croissances en hauteur sont obtenues sur les sols peu à moyennement acides et à réserve utile élevée. Cela complète les observations faites, dans des conditions écologiques voisines, par la Forestry Commission (cité dans BASTIEN-KELLER 1980).

Le mélèze hybride semble être, dans ces conditions, équivalent ou supérieur à d'autres essences résineuses exotiques.

Lorsqu'on essaie de situer les performances de cette formule de mélèze hybride dans les tables de production anglaises pour le mélèze du Japon et le mélèze hybride (HAMILTON et CHRISTIE 1971), on constate un potentiel productif remarquable pour les sites de moyenne montagne, satisfaisant en basse montagne, faible en plaine.

Cette supériorité des hybrides eurolepis a été constamment notée dans la littérature relatant les expériences précédentes.

Il apparaît donc que le mélèze hybride peut constituer une excellente alternative aux essences exotiques classiques en basse et moyenne montagne. On peut ajouter que son comportement "feuillu" (perte des aiguilles en automne) et ses changements de couleurs peuvent ajouter une valeur paysagère intéressante.

Pour confirmer que ses aptitudes sont au moins équivalentes aux autres essences exotiques en plaine, il est nécessaire de poursuivre les expérimentations entreprises : en ce sens, une étude plus approfondie sur les 20 sites mis en oeuvre par l'INRA et les 17 sites du CEMAGREF est envisagée.

### ***Limites des données***

L'échantillonnage n'a pas permis d'étudier et d'estimer le rôle des facteurs les plus limitants, tels que la carbonatation des profils ou la présence d'hydromorphie signalant un engorgement prononcé ; dans ces conditions, il faut rester prudent sur l'adaptation de cette formule sur stations présentant ce type de contraintes. THILL et PALM (1984) ont d'ailleurs signalé l'instabilité de divers peuplements de mélèze (Europe, Japon, hybride) sur des sols hydromorphes (pélosols à pseudogleys en particulier).

### ***Observations sur la forme et la qualité phénotypique des arbres***

Dans l'ensemble, la formule de mélèze hybride étudiée présente des qualités phénotypiques intéressantes : bonne rectitude des troncs, branches fines.

Le rapport H/D des arbres dominants met en évidence un tronc élancé dans les conditions climatiques rigoureuses.

### ***Des fentes du tronc inquiétantes***

Par contre, un phénomène nouveau, non noté, semble-t-il dans les essais précédents, a appelé fortement l'attention des observateurs.

Sur de nombreux sites, des fentes longitudinales en hélice (vers la gauche) ont été constatées ; elles pouvaient atteindre le coeur de l'arbre et monter jusqu'à une hauteur dépassant parfois 4 m. Le tableau 2 résume la situation constatée. Ces défauts peuvent affecter jusqu'à 73 % des arbres (Masevaux).  
30 % des sites sont gravement touchés (au moins 20 % des arbres),  
40 % des sites sont modérément touchés (1 à 19 % des arbres),  
30 % des sites sont indemnes.

Aucune liaison significative entre les facteurs du milieu et ce phénomène n'a pu être mise en évidence ; cependant, il est possible d'observer quelques tendances (voir tableau 2) :

### **Encadré 1 - Informations complémentaires fournies par le réseau de peuplements**

Lors des mesures dans les peuplements, nous avons pu observer certains problèmes suffisamment répétitifs pour être pris en compte lors d'un reboisement en mélèze hybride.

#### **Une importante sensibilité aux dégâts de gibier**

Sur les 15 sites encore existants, à ce jour, 5 ont dû être clôturés et 2 non protégés ont subi des dégâts.

La principale espèce-gibier mise en cause est le chevreuil, mais des dégâts de cerf (Ardennes) et de lapin (Nogent/Vernisson) ont aussi été observés.

La protection des plantations contre le gibier est donc rendue obligatoire dès que les moindres dégâts sont prévisibles.

#### **Une sensibilité accrue à la concurrence des rejets feuillus**

Dans certains sites, en particulier dans le cas de sols peu acides, des rejets feuillus vigoureux (érable, sycomore, frêne) ont concurrencé le mélèze hybride, entraînant une hétérogénéité des peuplements en hauteur et en diamètre.

Si le mélèze hybride a une croissance juvénile en hauteur très rapide et paraît toujours avoir la cime au-dessus de la végétation concurrente, il s'avère très sensible à la concurrence latérale qui empêche le développement des houppiers ou les rend dissymétriques.

A l'inverse, dans le cas de précédent cultural non forestier et en l'absence de rejets feuillus, les peuplements présentent une bonne homogénéité qui contribue à une fermeture rapide du couvert.

Les dégagements devront être plus soignés que pour d'autres essences et adaptés au développement de la végétation concurrente. L'entretien d'un mélange d'essences paraît difficilement réalisable, tout au moins pendant les dix premières années.

#### **Des problèmes de stabilité des arbres**

Dans quatre sites, des arbres se sont penchés sous l'effet du vent ou de la neige, ce qui a entraîné des courbures basales. Dans deux de ces sites, le tuteurage d'une forte proportion des plants a été nécessaire (St Léger de Fougeret, Fumay).

Ce problème est-il lié à une fragilité du système racinaire, à un mauvais ancrage ou à un déséquilibre partie aérienne - partie racinaire des plants ? En l'absence d'informations supplémentaires, nous préconiserons par prudence l'utilisation de plants racines nues de 2 ans, à système racinaire bien développé sans déformation et ayant un équilibre partie aérienne - partie racinaire satisfaisant (norme FFN) ; l'utilisation de plants éduqués en motte de 6 à 9 mois n'est cependant pas à exclure. Quel que soit le type de plant, la plantation doit être particulièrement soignée.

**Tableau 2 - Dépréciation des tiges par les fentes de croissance**

	Pluviométrie (mm/an)	Température moyenne (°C)	H/D des arbres dominants (1)	Nombre placettes concernées (1)
Sites gravement touchés (> = 20 %)	850 à 1110	8,2 à 9,4	64,6	8
Sites modérément touchés (1 à 19 %)	680 à 1260	7,5 à 10,5	71,4	18
Sites indemnes (0 %)	1000 à 1820	7,4 à 8,2	74,3	7

(1) Cas des peuplements présentant un taux de survie d'au moins 40 %.

- les peuplements sont moins atteints si la pluviométrie est élevée et la température moyenne faible,
- les peuplements aux arbres les plus trapus sont plus touchés,
- dans un même peuplement, les dominants et les codominants sont les plus affectés,
- les peuplements sur terrains acides et très acides sont moins touchés.

Si la forme des tiges et la branchaison sont de très bonne qualité, ces problèmes de fentes du tronc restent néanmoins très préoccupants et méritent d'être étudiés et pris en compte dans les programmes d'amélioration génétique.

## Observations complémentaires

L'encadré 1 fournit quelques informations sur la sensibilité aux dégâts de gibier, à la concurrence des rejets feuillus et dans certains cas sur la stabilité des arbres.

## Les perspectives d'utilisation du mélèze hybride

Cette formule de mélèze hybride se comporte remarquablement en croissance en hauteur, 8 ans après la plantation, en basse et moyenne montagne sur sols peu à moyennement acides et à réserve utile élevée (RU > 80 mm). Elle semble devoir être au moins équivalente à d'autres essences exotiques en plaine, mais cela doit être confirmé par d'autres mesures sur des peuplements de référence mises en place par l'INRA et le CEMAGREF.

L'étude confirme les résultats et observations faites par ailleurs sur l'intérêt du mélèze hybride (BASTIEN et FERRAND 1985-86 ; THILL et PALM 1984).

Cependant, l'apparition de fentes longitudinales importantes sur le tronc dans un certain nombre de peuplements doit rendre vigilant sur l'emploi de cette formule ; ce phénomène doit être identifié et mesuré sur les autres cas d'expérimentation des autres formules de mélèze hybride ; les pistes éventuelles, génétique, liées à la station, à la sylviculture doivent être explorées.

L'INRA et le CEMAGREF envisagent d'ailleurs une étude plus lourde à partir de mesures détaillées sur ces mêmes placettes de référence ainsi que sur plusieurs essais de comparaison de provenance et descendance.

Cette prochaine étude devrait permettre de prendre en compte les interactions géotypes milieu et d'aborder, sur un plan plus général, l'autécologie\* du mélèze hybride.

### Bibliographie

**BASTIEN J. CH., KELLER R.** (1980) - "Intérêts comparés du mélèze hybride (*Larix x eurolepis* Henry) avec les deux espèces parentes". *Revue Forestière Française*, vol. XXXII, N° 6, 1980, p. 521-530.

**DELPECH R., DUME G., GALMICHE P.** (1985) - Vocabulaire de typologie des stations forestières. Ministère de l'Agriculture/Direction des Forêts - *Institut pour le Développement Forestier*.

**FERRAND J. CH., BASTIEN J. CH.** (1985) - "Bilan à 26 ans d'une plantation comparative de mélèzes". *Revue Forestière Française*, vol XXXVII, n° 6, 1985, p. 441-448.

**LACAZE J.F., LEMOINE M.** (1965) - Comportement de diverses provenances de mélèzes en Bretagne. *Annales des Sciences Forestières*, vol. 22, n° 2, p. 321-351.

**LACAZE J.F., BIROT Y.** (1974) - Bilan d'une expérience comparative de provenances de mélèzes à l'âge de 13 ans. *Annales des Sciences Forestières*, vol. 31, n° 3, p. 135-159.

**LANGNER VON W.,** (1971) - 33 Jahre Hybrid lärchenzuechtung. *AFZ*. 26, 54-55. *Allgemeine Forst zeitung*, n° 57.

**\*Autécologie** : Partie de l'écologie étudiant les relations entre les populations ou les espèces, considérées isolément et leur environnement (DELPECH et AL 1985 - Vocabulaire de typologie des stations forestières).

## Annexe - FICHE DESCRIPTIVE

### Mélèze hybride - Forêt domaniale de Longeyroux Meymac (19)

**MEYMAC (19) - Visite du 28/2/1991 - R. CHEVALIER, J.M. GILBERT**

**Climat :** T° = 8,5°C, pmm = 1230 mm ; **géologie :** arène granitique ; **altitude :** 900 m

#### 1) **Partie Haute**

- **Topographie :** pente : 14 % ; exposition : N ; situation : mi-pente
  - **Végétation :** tapis de callune, fougère aigle, canche flexueuse
  - **Sol :**
    - + 15 à 0 : H, Mo noir
    - 0 à 5 cm : LS, 10 YR 3/2
    - 5 à 40 cm : LS, 10 YR 5/4
- | convoi limoneux à blocs
- 40 à 50 cm : Arène granitique, S.L, 10 YR 6/4, 30 % graviers
  - 50 à 70 cm : Arène, S, 40 % à 80 % de cailloux et graviers
- **Peuplement :** survie estimée à 40 %, homogénéité moyenne

	Plants de 3 ans	9 ans	8 ans
N°	C1,3 m	H (m)*	H-1 (m)*
1	29	7,1	6,3
2	30	6,2	5,2
3	24	5,9	5,1
x	27,7	6,4	5,5

Cimes sèches : 0/15 soit 0 %

Fentes récentes : 0/18 soit 0 %

#### 2) **Partie basse**

- **Topographie :** pente : 8 % ; exposition : N ; situation : mi-pente
- **Végétation :** tapis de callune, canche flexueuse
- **Sol :** + 20 à 0 cm : H, Mo - noir ; pour le reste, idem sondage 1
- **Peuplement :** survie estimée à 30 %, hétérogène.

	Plants de 3 ans	9 ans	8 ans
N°	C1,3 m	H (m)*	H-1 (m)*
1	28	6,0	5,1
2	22	5,1	4,7
3	22	5,4	4,7
x	24	5,5	4,8

Cimes sèches : 0/15 soit 0 %

Fentes récentes : 0/15 soit 0 %

(\*) Hauteur mesurée

# **Marché unique et commercialisation des variétés de peupliers**

## **Réglementation et conseils d'utilisation**

*Daniel Terrasson et Alain Valadon*

**L**es peupliers ont fait l'objet d'un effort intense de sélection commencé de façon empirique par des pépiniéristes et poursuivi activement par plusieurs Instituts de recherche européens au cours de la seconde moitié de ce siècle. Une multitude de variétés ont donc été créées, mais toutes ne sont pas pour autant commercialisables. En effet, dans un souci de protection de l'utilisateur, la réglementation française a subordonné la mise sur le marché d'une variété nouvelle à l'inscription sur une liste officielle appelée "catalogue national". Ce catalogue a progressivement pris une dimension européenne, avec une évolution précipitée par la mise en place du marché unique.

Nous nous proposons d'analyser ici les principales étapes de l'intégration de cette réglementation dans le contexte européen. Des conseils préliminaires sont ensuite donnés quant aux possibilités effectives d'utilisation en France, de l'ensemble des clones dorénavant commercialisables.

### **Les origines du catalogue national**

C'est en 1932 qu'a été institué le premier catalogue national des espèces et variétés de plantes cultivées (décret du 16 novembre 1932). Il s'appliquait à l'origine exclusivement aux plantes agricoles, avant d'être étendu aux "essences forestières et d'alignement" par arrêté du 31 octobre 1950. Il avait alors pour seule fonction de fixer les noms commerciaux utilisés dans les transactions sur les semences et plants. Il comprenait une simple liste des principales espèces forestières avec le nom botanique et le nom commun

correspondant, et, pour les peupliers, une liste de variétés dont certaines avaient une définition assez large. On y trouvait notamment les variétés "serotina" (Blanc du Poitou, Tardif de Champagne...), "angulata" (de Chautagne, de la Sarthe...), "virginiana"...

## **La préfiguration d'un catalogue européen**

La réglementation sur le commerce des matériels forestiers a ensuite été complètement remodelée par la directive européenne 66/404 transcrite dans le droit français par la loi du 22/5/1971 sur l'amélioration des essences forestières et ses textes d'application.

Nous n'analyserons pas ici le contenu de ces textes qui ont été commentés par ailleurs (R. Fernandez et al., 1993), mais pour ce qui concerne plus spécifiquement le peuplier, ils ont deux conséquences principales.

- Les peupliers ne peuvent être inscrits que dans la catégorie contrôlée (étiquette bleue). Toute variété doit donc avoir fait preuve de sa supériorité par rapport à des témoins connus. Pour cela, une procédure officielle d'inscription dans la catégorie contrôlée (dite "homologation") est définie par chaque Etat membre.

- Les cultivars inscrits dans n'importe quel pays de la Communauté sont commercialisables dans tous les autres pays. Chaque Etat peut néanmoins obtenir, sur demande motivée présentée devant la Communauté, l'interdiction du commerce sur son territoire d'un cultivar : c'est la procédure dite des "ex".

La directive 66/404 a donc mis en place un catalogue européen, assorti le cas échéant d'une aire de diffusion restreinte pour certains cultivars.

## **Une application en retrait des Directives européennes**

Au niveau de l'application, deux difficultés essentielles sont apparues.

D'abord, les Etats membres n'avaient pas la même conception du catalogue et n'ont jamais pu s'entendre pour l'élaboration d'une liste commune. Un consensus s'est donc dégagé pour maintenir un catalogue peuplier spécifique dans chaque pays. Ce problème est tout à fait propre au peuplier car, pour l'ensemble des autres espèces forestières, le principe de la libre circulation des matériels forestiers a toujours été appliqué. Pour s'en convaincre, il suffit d'examiner le marché national des chênes, sur lequel on trouve en abondance des matériels inscrits en Belgique, Allemagne ou Pays-Bas...

Variété	Appré- ciation	Facteurs limitants	Utilisation		
<b>I - CULTIVARS MONOCLONAUX</b>					
<b>Section AIGEIROS</b>					
<i>POPULUS DELTOIDES</i>					
CAROLIN*	+	difficulté de reprise virus de la mosaïque	clone méridional		
HARVARD	-				
LINCOLN	0	fragilité au vent	intérêt limité, clone méridional		
LUX*	+				
MARQUETTE	0				
ONDA	0				
PEORIA	0				
<i>POPULUS NIGRA</i>					
ANKUM	nc		clone nordique, alignements		
BRANDARIS	nc				
JEAN POURTET	0				
LOENEN	nc				
SCHOORLDAM	nc				
TR 56/75	nc				
VERECKEN	+				
WOLTERSON	nc				
<i>POPULUS X EURAMERICANA</i>					
ADIGE	0			Melampsora sp.	clone mâle méridional, zones d'habitat ou d'élevage
AGATHE F.	-	Melampsora sp.			
ALLENSTEIN	0	Melampsora sp.			
BELLINI	+				
BIETIGHEIM	0	Melampsora larici p.			
BL COSTANZO	0	Marssonina brunnea			
BLANC DU POITOU*	+	chancre bactérien			
BLEU D'EXAERDE	0	Marssonina brunnea			
BOCCALARI	+				
BRANAGESI	+				
BUCHIG	0				
CAMPEADOR	-				
CAPPA BIBLIONA	+				
CARPACCIO	+				
CASALE 78	0				
CIMA*	+				
DOLOMITEN	0		Melampsora larici p. race E3	clone méridional populiculture intensive	

**Légende**

- \* : clone inscrit au catalogue national
- : clone à proscrire, risque sanitaire grave
- 0 : clone sans intérêt, croissance faible ou comportement sanitaire médiocre
- + : culture possible, au moins sur une partie du territoire national
- nc : comportement inconnu, prudence indispensable

Variété	Appré- ciation	Facteurs limitants	Utilisation
DORSKAMP*	+	chancre bactérien, vent	clone plastique
DROMLING	0		
ELLERT	+	Melampsora larici p.	clone nordique
EUGENEI	0		
FLACHSLANDEN	0		
FLEVO*	+	vent	nord de la Loire
FLORENCE BIONDI	-	Melampsora sp., chancre bactérien	
GATTONI	+	Melampsora larici p.	clone méridional
GAVER	+		clone nordique
GELRICA	0		
GHOY*	+	Melampsora allii p.	clone nordique
GIBECQ	0		
GRANDIS	-	chancre bactérien	
GUARDI	+		clone méridional
HARFF	0		
HEES	+	Melampsora larici p.	clone nordique
HEIDEMIJ	0		
I-45/51*	+	Melampsora larici p. chancre bactérien	sols lourds
I-154	0	Marssonina brunnea	
I-214*	+	Marssonina brunnea	populiculture intensive
I-262	-	Marssonina brunnea	
I-455	-	Marssonina brunnea	
I-488	-	Marssonina brunnea	
I-MC	-	Maladies foliaires	
ISIERES	-	Melampsora sp.	
JACOMETTI 78 B	0		
KOSTER	+	Marssonina brunnea	clone nordique, alignements
LAMPERTHEIM	-	Melampsora sp.	
LINGENFELD	0		
LOENS	-	chancre bactérien	
LUISA AVANZO*	+		clone méridional populiculture intensive
MARILANDICA	0		
NEUPOTZ	-	chancre bactérien	
OGY	-	Melampsora sp.	
OSTIA	-	Marssonina brunnea	
PAN	0		
PRIMO	-	Melampsora sp.	
REGENERE DE NEEROETEREN	0		
RINTHEIM	0	Melampsora larici p.	
ROBUSTA*	+	Melampsora sp.	clone nordique, alignements
302 SAN GIACOMO	0		
STELLA OSTIGLIESE	0		
SAN MARTINO	0	virus de la mosaïque	
SEROTINA	0	maladies foliaires	
SEROTINA DE SELYS	0		
SEROTINA ERECTA	0		
SPIJK	-	Marssonina brunnea	
TANNENHOEFT	0		
TARDIF DE CHAMPAGNE*	+	maladies foliaires	intérêt limité
TRIPLO	+		clone méridional
VIRGNIE DE FRIGNICOURT	-	Marssonina brunnea	

#### Légende

- \* : clone inscrit au catalogue national
- : clone à proscrire, risque sanitaire grave
- 0 : clone sans intérêt, croissance faible ou comportement sanitaire médiocre
- + : culture possible, au moins sur une partie du territoire national
- nc : comportement inconnu, prudence indispensable

Variété	Appré- ciation	Facteurs limitants	Utilisation
<b>Section TACAMAHACA</b>			
<i>POPULUS TRICHOCARPA</i>			
BLOM COLUMBIA RIVER* FRITZI PAULEY* MULHE LARSEN SCOTT PAULEY TRICHOBEL*	0 + + - 0 +	vent chancre bactérien	stations acides stations acides stations acides
<i>POPULUS MAXIMOWICZII X POPULUS TRICHOCARPA</i>			
ANDROSCOGGIN O.P. 42	- nc	chancre bactérien	
<b>Section LEUCE</b>			
<i>POPULUS ALBA</i>			
VILAFRANCA	+		ornementation, milieux salés
<i>POPULUS X CANESCENS</i>			
BUNDERBOS DE MOFFART ENNIGER HONNTHORPA INGOLSTADT 3A RUDOLF SCHMIDTS. GRAUPAPPEL SCHIJNDEL SCHLESWIG SCHYLP MARSCH WITTE VAN HAAMSTEDÉ	NC NC NC NC NC NC NC NC NC NC NC		
<i>POPULUS TREMULA X POPULUS TREMULOIDES</i>			
ASTRIA	-	chancre bactérien Hypoxylon mammatum	
<b>Hybrides Intersectionaux</b>			
<i>POPULUS DELTOIDES X POPULUS ALBA</i>			
MINCIO	-	Melampsora sp.	
<i>POPULUS DELTOIDES X POPULUS MAXIMOWICZII</i>			
ERIDANO SUWON	0 nc		

Variété	Appréciation	Facteurs limitants	Utilisation
<b>POPULUS DELTOIDES X POPULUS TRICHOCARPA</b>			
BARN	0	chancre bactérien	
BEAUPRE*	+	vent, melampsora allii p	plastique, nord-est
BOELARE*	+	vent	plastique, nord-est
DONK*	+	vent	plastique, clone méridional
HUNNEGEM*	+	melampsora sp.	plastique, sud Bassin Parisien
RASPALJE*	+	vent, melampsora sp.	taillis courte rotation
UNAL*	+	vent, melampsora lar.	sud Bassin Parisien
<b>POPULUS BALSAMIFERA X POPULUS TRICHOCARPA</b>			
BALSAM SPIRE	0		
<b>POPULUS MAXIMOWICZII X POPULUS NIGRA</b>			
ROCHESTER	-	chancre bactérien	
<b>POPULUS MAXIMOWICZII X POPULUS BEROLINENSIS</b>			
OXFORD	-	chancre bactérien	
<b>II - CULTIVARS MULTICLONAUX</b>			
<b>Section TACAMAHACA</b>			
<b>POPULUS TRICHOCARPA</b>			
BRULH	-	chancre bactérien pour certains composants	
<b>Section LEUCE</b>			
<b>POPULUS TREMULA</b>			
AHLE	-	chancre bactérien pour certains composants	
MOLMKE	-	chancre bactérien pour certains composants	
OLBE	-	chancre bactérien pour certains composants	
TAPIAU	-	chancre bactérien pour certains composants	
<b>POPULUS TREMULA X POPULUS TREMULOIDES</b>			
BEBERBECK	-	chancre bactérien pour certains composants	
GROBHANSDORF	-	chancre bactérien pour certains composants	
HOLSATIA	-	chancre bactérien pour certains composants	
MUNDEN	-	chancre bactérien pour certains composants	
VAAKE	-	chancre bactérien pour certains composants	
VORWERKSBUSCH	-	chancre bactérien pour certains composants	
<b>POPULUS MAXIMOWICZII X POPULUS NIGRA</b>			
MAX	nc		

En second lieu, le développement de la populiculture française exigeait que les nouvelles variétés sélectionnées par les principaux instituts de recherche européens puissent être commercialisées sur notre territoire. L'inscription à notre propre catalogue national était certes possible, mais subordonnée à une procédure d'homologation particulièrement longue et contraignante. La France a alors contourné la difficulté en créant, à partir de 1982, une liste, annexe au catalogue national, des clones inscrits dans les autres pays de la CEE et autorisés à la commercialisation en France.

C'est en quelque sorte le "négatif" du principe introduit par la directive 66/404 : au lieu d'exclure certains cultivars d'un catalogue européen, la France a choisi dans l'ensemble des catalogues nationaux une liste limitative de clones agréés. Il faut noter que l'inscription sur cette liste annexe n'est soumise à aucune procédure définie. Cette liste s'est étoffée progressivement avec des sélections belges (Unal et Beaupré notamment), italiennes (Luisa Avanzo, Cima) et hollandaises (Donk).

#### Les conséquences du Marché Unique

Depuis le 1er janvier 1993, il n'existe plus de contrôle aux frontières, et les plants de peupliers cultivés légalement dans les autres pays de la Communauté peuvent de fait entrer librement en France. Il est donc devenu nécessaire d'appliquer au peuplier le principe général de la libre circulation des produits en Europe, comme c'est déjà le cas pour toutes les autres essences forestières, et d'en tirer les conséquences.

En l'absence de toute demande d'exclusion présentée par la France, tout clone inscrit dans la Communauté peut être commercialisé et produit librement en France. Il convient donc de connaître la liste exhaustive de ceux-ci et la diffuser auprès des utilisateurs et des services de contrôle. Cependant, beaucoup de clones inscrits sur la liste ne sont pas du tout adaptés à nos conditions habituelles de culture, et ne peuvent donc avoir une production comparable à celle des clones actuellement diffusés. Certains peuvent même s'avérer nuisibles pour la populiculture française s'ils présentent une sensibilité élevée à des pathogènes qui n'existent pas dans leur pays d'origine (constitution de foyers de développement pour ces pathogènes). Cela suppose donc que l'on substitue aux barrières réglementaires préexistantes, un effort accru en matière de conseils et de vulgarisation.

Ceci est d'ailleurs vrai quelle que soit l'espèce considérée. Les pays de la Communauté ont en effet convenu que la procédure des exclusions ne pouvait être généralisée. En tout état de cause, elle s'avère dorénavant inopérante en l'absence de contrôles aux frontières.

## **Quels clones ne pas utiliser en France ?**

Au total, 128 cultivars sont inscrits en Europe, dont 116 clones et 12 variétés multiclones. Le populeux se trouve donc face à un choix considérable, au moins au plan des principes, car dans la pratique, de nombreuses variétés risquent d'être extrêmement difficiles à trouver. La palette du matériel disponible s'enrichit de nouvelles espèces et hybrides interspécifiques (quinze formules) avec notamment de nombreux hybrides de la section Leuce (peupliers blancs et trembles).

Si des informations sont disponibles sur la plupart de ces cultivars, tous n'ont cependant pas été testés sur notre territoire, et il conviendra donc de rester extrêmement prudent quant à l'utilisation de matériel mal connu.

En première approximation, nous avons classé les cultivateurs de peuplier en quatre catégories, répertoriés dans le tableau ci-dessus avec les figurés suivants :

- : à proscrire ; risque sanitaire grave ;
- 0 : sans intérêt ; croissance faible ou comportement sanitaire médiocre ;
- + : culture possible, au moins sur une partie du territoire national ;
- nc : comportement inconnu ; prudence indispensable.

Ce tableau n'a pas pour ambition de guider le populeux dans l'utilisation de nouveaux clones, mais surtout de lui indiquer ce qu'il doit éviter, que ce soit dans son intérêt propre (clones sans intérêt) ou dans celui de la collectivité (clones à proscrire). Pour en savoir plus sur les conditions d'utilisation des clones du catalogue, le lecteur pourra se référer à la note d'Information Technique n° 80 ou à des ouvrages généraux (Barnéoud et al., 1982, Soulères, 1992...).

## **Une liberté, mais aussi une responsabilité pour le populeux**

Comme dans de nombreux autres domaines, on assiste à une réduction des barrières réglementaires au nom de la libre circulation des produits. L'utilisateur voit donc augmenter sa responsabilité dans ses choix d'investissement.

Les intérêts de la collectivité ne doivent pas pour autant être mis en péril par les comportements individuels. Au niveau de la populeux, il faut considérer que la situation sanitaire reste une préoccupation majeure, et il faudra tout particulièrement veiller à ce que les clones à risques ne soient pas diffusés inconsidérément. Ceci renforce la responsabilité des organismes de vulgarisation.

Par ailleurs, liberté du commerce ne veut pas dire absence de contrôle. La production et la commercialisation sont soumises à des règles précises permettant d'assurer une identification correcte du matériel végétal basée sur un suivi administratif de l'identité. Le producteur doit pouvoir prouver l'origine du matériel végétal mis en culture par des documents officiels d'accompagnement. Cela signifie en particulier qu'il est strictement interdit de mettre en culture du matériel végétal prélevé dans une quelconque expérimentation. Le matériel végétal doit impérativement provenir de l'Institut d'obtention ou des établissements de multiplication l'ayant produit légalement.

#### Remerciements

*Les auteurs tiennent à remercier MM. Gilles DEBOISSE (ONF), Jean PINON (INRA, Nancy) et Marcel RIDE qui ont bien voulu contribuer à la rédaction du tableau de conseils sur l'utilisation des clones de peupliers.*

Enfin, il faut bien se convaincre que cette augmentation considérable des possibilités de choix qui sont offertes au populteur est assez illusoire. Les clones réellement intéressants pour la populteur française figurent déjà pour l'essentiel au catalogue national. De plus, l'emploi à très petite échelle d'un clone aux caractéristiques technologiques peu ou pas connues des industriels utilisateurs ne constitue certainement pas un avantage pour une commercialisation ultérieure.

#### Bibliographie

- BARNEOUD C., BONDUELLE P., DUBOIS J.M.**, 1982. *Manuel de Populteur*. 319 p.  
**FERNANDEZ R., TERRASSON D., ARBEZ M.**, 1993. Réglementation des qualités génétiques des matériels forestiers de reproduction : problèmes et lacunes. R.F.F. (à paraître). 8 p.



# Ecologie du Pin pignon

*Bénédicte Boisseau*

**P**inus pinea L., appelé en France Pin pignon ou Pin parasol, est une essence indigène. Il a fait l'objet de reboisements qui portent à un peu plus de 10.000 ha les surfaces actuellement couvertes par cette espèce. Aujourd'hui, sans être une des principales essences de reboisement de la région méditerranéenne française, il continue à présenter un intérêt particulier pour les reboisements littoraux que l'objectif soit paysager, DFCI\* (son port en parasol limite fortement le développement de la broussaille en sous-bois), de production ou de protection des sols.

Une meilleure connaissance de ses exigences écologiques était donc nécessaire pour fournir aux forestiers des éléments pratiques, afin d'optimiser son utilisation dans les opérations de reboisement.

Cet article rassemble les principaux résultats des études menées à la division Forêt Méditerranéenne sur ce sujet.

Après un rapide aperçu de sa localisation en France, ses courbes de croissance en hauteur et les classes de fertilité qui en découlent sont présentées. Une synthèse sur le comportement écologique du Pin pignon est ensuite accompagnée d'outils pratiques permettant de réaliser un diagnostic sur le terrain :

- la "clé Pin pignon" diffusée dans le Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français. La valeur prédictive de cette clé est ici évaluée.
- un tableau simplifié de prédiction de la fertilité du pin pignon à partir du milieu.

\* DFCI : Défense des Forêts Contre l'Incendie.

## Localisation de Pin pignon en France (figure 1)

Les deux principales zones où les peuplements de Pin pignon forment de véritables massifs forestiers sont la petite Camargue et la dépression permienne du Var. On le trouve sous forme de boisements de quelques hectares à une centaine d'hectares dans les plaines et les collines littorales, en général à moins de 50 km de la mer et à moins de 400 m d'altitude. On l'a trouvé jusqu'à 87 km du littoral et 600 m d'altitude.

Les 200 placettes de relevés de l'étude de J. LABADIE (1983) ont été implantées afin de couvrir au maximum la diversité des milieux où existe le Pin pignon. Leur situation est donc représentative de la palette des conditions écologiques dans lesquelles le Pin pignon peut habituellement être rencontré en France.

Il est souvent présent dans les conditions les plus chaudes et sèches de la région, mais une proportion non négligeable de peuplement se situe dans des nuances plus fraîches ou un peu moins sèches.

Dans l'ensemble du bassin méditerranéen, on trouve généralement le Pin pignon sur des terrains sableux ou alluviaux favorables à la germination et au développement des semis. Les deux principaux massifs français ne font pas exception à cette règle. Cependant, le Pin pignon est présent sur des types de roche très variés, aussi bien calcaires (dur, en plaquettes, dolomique, marne, etc.) que siliceux (sable, micaschiste, gneiss, etc.).

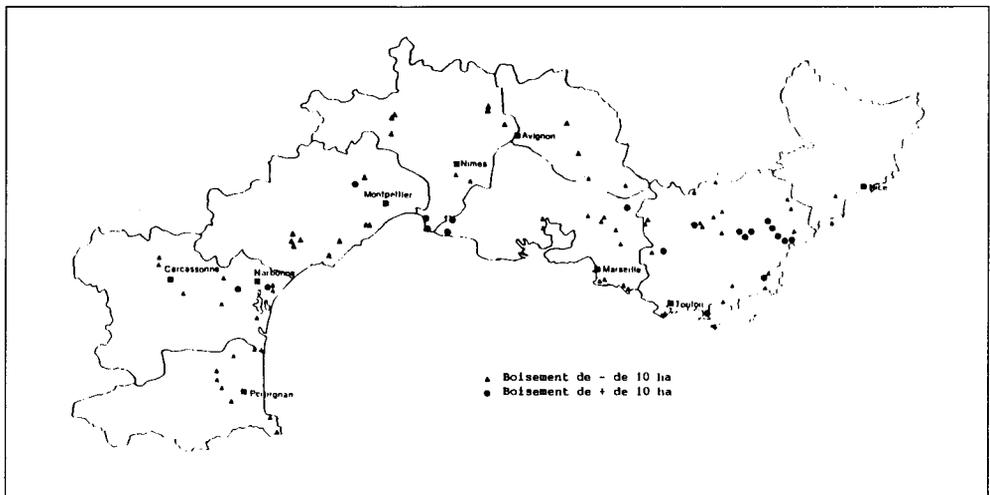


Figure 1 - Carte de localisation des boisements de Pin pignon inventoriés en région méditerranéenne française (source : J. LABADIE, 1983)

## Croissance en hauteur

Une relation moyenne hauteur/âge a été établie à partir de relevés dendrométriques (hauteur, âge) réalisés sur 191 placettes temporaires (J. LABADIE, 1983).

L'équation de cette courbe est la suivante :

$$H = 173,635 e^{-15,483 A - 0,8632}$$

- où A est l'âge du peuplement équienne déterminé par sondage à la tarière de Pressler à 30 ou 40 cm au-dessus du sol et comptage des cernes (on rajoute alors 2 ou 3 ans pour obtenir l'âge actuel du peuplement).  
et H est la hauteur moyenne d'arbres dominants et codominants du peuplement.

On a admis que cette courbe décrivait la croissance en hauteur d'un peuplement de fertilité moyenne, et que les croissances en hauteur des peuplements plus fertiles, ou moins fertiles, étaient décrites par des courbes proportionnelles à celle-ci, situées en-dessous ou au-dessus.

Le modèle devient :

$$H = 1,697H50 e^{-15,483 A - 0,8632}$$

- où H 50 est l'indice de fertilité (hauteur atteinte à 50 ans) qui repère le niveau d'une courbe dans le système. Un tel modèle permet de déterminer l'indice de fertilité H 50 d'un peuplement quand on a mesuré son âge A et sa hauteur H. Cependant, les hypothèses faites pourraient conduire à des biais sur l'estimation de l'indice de fertilité de placettes ayant nettement moins ou plus de 50 ans.

Toutefois, le large éventail des fertilités observées permet de penser que cet indice sera suffisamment discriminant pour évaluer la fertilité des stations.

Quatre classes de fertilité ont été définies (figure 2).

Comme d'autres pins, le Pin pignon est caractérisé par une croissance rapide au départ (jusqu'à environ 30 ans) qui s'infléchit nettement après. Plusieurs études ponctuelles en petite Camargue (CABANETTES, 1979), en Tunisie (POUPON, 1970) montrent que la diminution progressive de la longueur des pousses annuelles débute dès l'âge d'une dizaine d'années. La

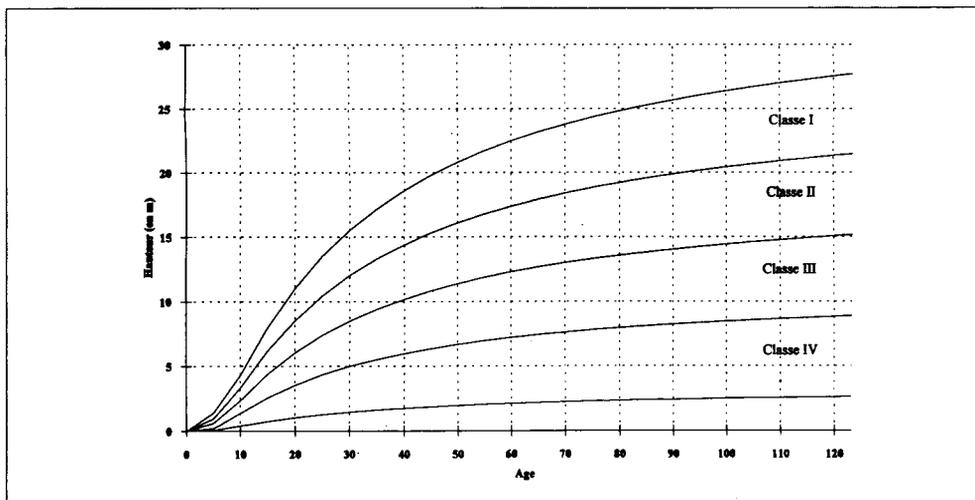


Figure 2 - Courbes de croissance en hauteur du Pin pignon (source : J. LABADIE, 1983)

courte période d'allongements importants expliquerait les hauteurs relativement modestes atteintes par le Pin pignon (moins de 20 m dans presque tous les cas et 25-30 m au maximum).

Selon les données disponibles, on peut comparer à certains âges de référence la croissance en hauteur du Pin pignon avec celle de quelques autres résineux susceptibles d'être rencontrés dans les mêmes conditions :

à 30 ans		Pin pignon = 2 à 15 m (LABADIE, 1983)
		Pin brutia et eldarica = 2,5 à 16 m (NOUALS et al., 1991)
		Pin d'Alep = 3 à 12 m (COUHERT et al., 1993)
		Cyprès vert = 3 à 13 m (BOUVET, 1983)
à 80 ans		Pin pignon = 2 à 25 m
		Pin d'Alep = 4 à 18 m
		Cyprès vert = 5 à 25 m

L'amplitude des hauteurs atteintes est du même ordre de grandeur pour tous ces résineux (un peu plus faible pour le Pin d'Alep).

# **Facteurs du milieu ayant une influence sur la croissance en hauteur du Pin pignon**

## ***Le climat***

L'étude de A. CABANETTES (1979) sur un peuplement de petite Camargue montre que la période de croissance active en hauteur se situe essentiellement au printemps, sur une durée très dépendante des conditions climatiques : le début de croissance a lieu généralement en février avec un démarrage lié à des températures suffisantes.

Durant les mois de février et mars, ce sont surtout les températures qui peuvent constituer un facteur limitant la croissance, bien que les précipitations commencent aussi à jouer.

En avril-mai, période de croissance maximale, les allongements restent très dépendants de températures élevées, mais le bilan hydrique conditionné par les précipitations devient primordial.

L'arrêt de croissance se produit quand le déficit hydrique est trop fort, durant le mois de juin ou juillet. Par ailleurs, IBRAHIM (1980) a montré que les stomates se ferment à des températures de l'air dépassant 30°C, même en bonnes conditions d'alimentation en eau.

Ces éléments sont ponctuels et correspondent à des conditions très particulières : sable littoral avec nappe phréatique à 1,5 m. Ils renseignent sur les limites climatiques dans des conditions de sol extrêmement favorables.

Sur l'ensemble de la région méditerranéenne française, l'étude de J. LABADIE conduit à distinguer deux ensembles climatiques, correspondant à des relations différentes entre la station et la croissance du Pin pignon :

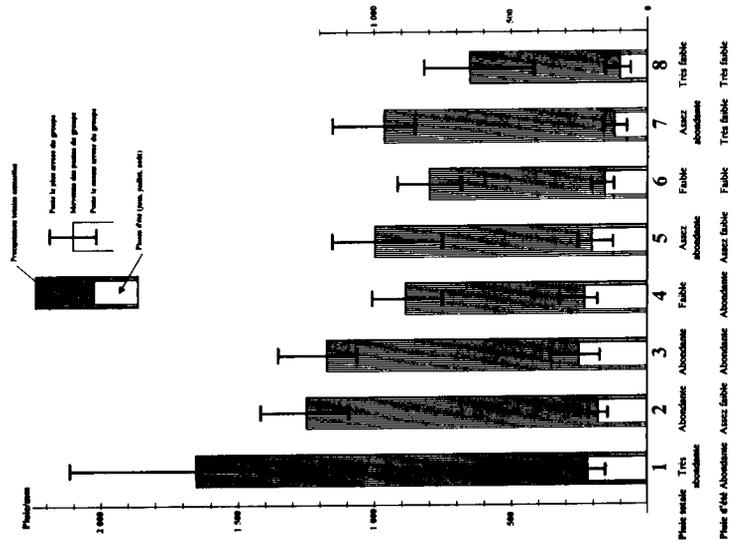
- ensemble plus frais correspondant aux types climatiques CEMAGREF 7-6, 7-5, 6-5 et 6-4 (encadré 1).
- ensemble plus chaud et sec correspondant aux types climatiques CEMAGREF 8-7, 8-6, 8-5.

Les moyennes des indices de fertilité des placettes correspondantes sont significativement différentes et respectivement de 11,2 m et 9,5 m.

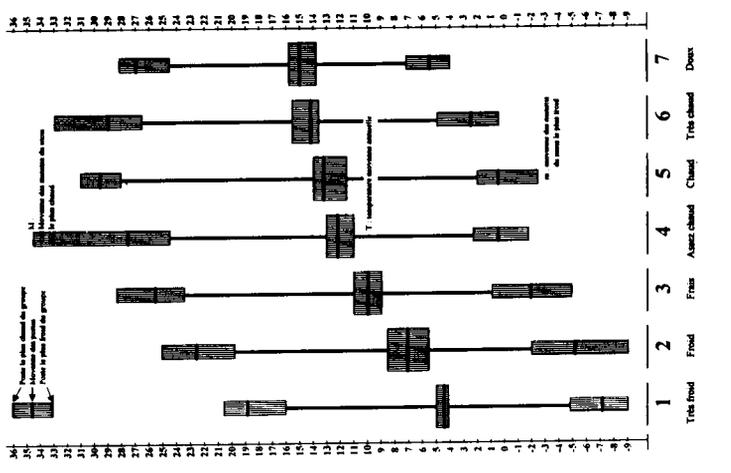
Le premier ensemble est donc globalement meilleur. Les hauteurs rencontrées sont relativement groupées autour de la moyenne. Elles ne dépassent pas 14 m.

# Encadré 1 : Caractérisation des types climatiques du CEMAGREF

## TYPES PLUVIOMETRIQUES



## TYPES THERMIQUES



On trouvera une caractérisation plus complète de ces types dans le Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français (chapitre stations forestières)

Le deuxième ensemble, au contraire, montre une très forte hétérogénéité. On y trouve les pires, mais aussi les meilleurs indices (jusqu'à 17 m). On peut tenter d'interpréter ces résultats par deux effets opposés des climats chauds et secs :

- en fin d'hiver, température élevée favorable à un démarrage précoce de la croissance,
- au début d'été, température élevée et pluie faible, défavorable pour l'alimentation en eau et donc pour la croissance.

Selon la station sur laquelle on se trouve, ce sera l'un ou l'autre de ces effets qui sera prédominant.

### ***Les roches et les sols***

A partir des relevés réalisés par J. LABADIE, aucune distinction n'apparaît entre :

- roches calcaires et roches acides,
- roches s'altérant en donnant des textures très différentes (les sables et les argiles correspondent à de bons indices de fertilité, mais les grès s'altérant en sable portent des peuplements à faible indice de fertilité).

Dans quelques cas, la nature de la roche semble jouer. Malgré des caractéristiques physiques du sol bonnes ou moyennes, certaines roches correspondent à de mauvaises fertilités. Bien qu'il faille être très prudent sur la représentativité des relevés, cela semble être le cas des marnes, des grès siliceux (grès permien en grande partie) et des rhyolites. On peut supposer qu'il s'agit de substrat non prospectable par les racines, tandis que même le calcaire dur, fissuré, permet d'atteindre de meilleurs indices de fertilité.

Plusieurs caractères physiques du sol sont très fortement corrélés à la croissance du Pin pignon : affleurement rocheux, affleurement de cailloux, cailloux dans le sol, profondeur du sol. Ils contribuent tous à définir le volume de terre fine, sa proportion par rapport aux cailloux et rochers. Le Pin pignon serait particulièrement sensible à ce facteur (difficulté de prospection racinaire lorsqu'il y a beaucoup de cailloux ? Volume permettant la réserve en eau ?).

Par contre, la texture de la terre fine et le taux de calcaire ne semblent pas influencer sa croissance en hauteur.

Enfin, les positions topographiques plates ou en dépression sont nettement favorables à la croissance du Pin pignon.

Les relevés en bas et mi-versant ainsi qu'en replat ont aussi en moyenne des indices de fertilité un peu supérieurs aux autres.

En conclusion, les facteurs du milieu les plus déterminants pour la croissance du Pin pignon sont :

- le climat avec deux besoins souvent contradictoires dans le Midi méditerranéen : le Pin pignon aime la chaleur mais, en même temps, est sensible comme toutes les essences au bilan hydrique conditionné par les pluies et températures,
- les caractères physiques du substrat (compacité/fissuration de la roche, et surtout pénétrabilité, profondeur et charge en cailloux du sol),
- la position topographique, liée aux caractéristiques physiques et à l'alimentation en eau de la station.

### **Clé de prédiction de la croissance en hauteur du pin pignon - vérification**

Il s'agit de la clé autécologique pour le Pin pignon telle qu'elle apparaît dans les fiches du Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français (CEMAGREF, 1988, figure 3). Elle combine les principaux facteurs qui viennent d'être décrits pour permettre de déterminer la hauteur atteinte par le peuplement à 50 ans (indice de fertilité). Une vérification systématique de la valeur prédictive de cette clé a été réalisée en 1990 sur de nouveaux peuplements (ZANNINI, 1991).

50 relevés ont été effectués sur des peuplements qui n'avaient pas été pris en compte lors de l'étude. Tous les cas prévus par la clé ont été recherchés. Dans ces peuplements, la clé autécologique a été utilisée et la hauteur réelle des arbres mesurée.

On obtient les résultats suivants :

- 30 % des nouveaux relevés sortent des fourchettes de hauteurs prédites,
- si l'on tolère une imprécision de + ou - 1 m par rapport à la fourchette indiquée, 18 % des nouveaux relevés sortent de ces fourchettes élargies, mais sans en être très éloignés.

Lors de cette vérification, il est apparu que :

- certaines branches de cette clé étaient moins "solides" que d'autres,
- d'autres branches ont toujours été justes,
- d'autres branches n'ont pu être vérifiées, faute d'avoir retrouvé des cas identiques.

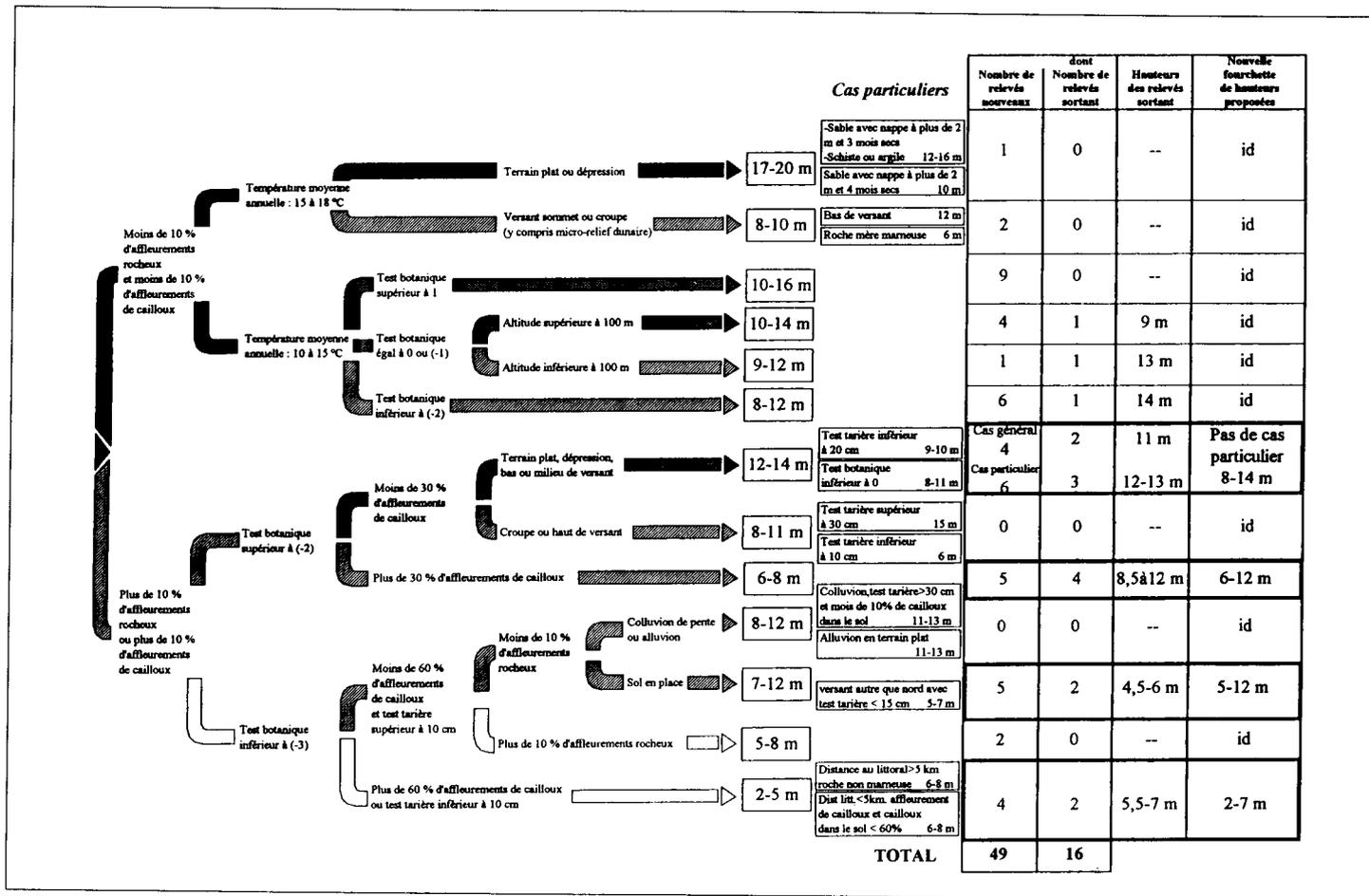


Figure 3 - Vérification de la clé (clé de prédiction de la croissance en hauteur du Pin pignon)

Les branches qui semblent les moins solides sont aussi celles qui ont des fourchettes de hauteur d'amplitude faible (2 ou 3 m). On peut supposer que les relevés qui ont servi à bâtir ces cas écologiques n'étaient pas représentatifs de l'ensemble des hauteurs possibles (nombre de relevés peut-être trop faible). Ainsi, la fourchette des hauteurs était artificiellement réduite par le hasard de l'échantillonnage.

Ainsi, cette phase de vérification :

- ne remet pas fondamentalement en cause la clé Pin pignon : dans 80 % des cas, on tombe dans la fourchette à 1 m près,
- met en évidence la fragilité de certains embranchements qui pèchent sans doute par trop de précision dans les hauteurs prédites, alors que la caractérisation du milieu reste assez simple.

**A l'issue de cette vérification, on peut proposer :**

- **de continuer à utiliser cette clé, mais avec une certaine prudence pour les quatre cas entourés (cf. clé vérifiée),**
- **d'élargir l'amplitude des fourchettes prédites pour ces quatre cas, en tenant compte des nouvelles hauteurs rencontrées (mais encore faudrait-il vérifier la validité de ces nouvelles fourchettes ...),**
- **de conserver les mêmes fourchettes de hauteurs prédites : pour les cas vérifiés et justes, pour les cas où l'on a pas (ou insuffisamment) de nouveaux relevés pour conclure.**

## **Nouveau tableau de détermination de la hauteur du Pin pignon en fonction du milieu**

La vérification de la clé de prédiction de la croissance en hauteur du Pin pignon nous a permis de mieux connaître les avantages, mais aussi les limites de telles clés (cas final parfois basé sur trop peu de relevés, fourchette finale parfois trop précise pour une caractérisation du milieu aussi simple ...). De plus, la démarche suivie au CEMAGREF pour les études écologiques a continué d'évoluer au fil du temps. En particulier, nous avons essayé lors des études ultérieures de mieux cerner les types de milieu individualisés, selon les essences, afin de mieux comprendre leur comportement écologique et de mieux connaître l'échantillon de peuplements sur lequel repose nos conclusions.

C'est l'ensemble de ces réflexions qui nous a amené à proposer une nouvelle présentation des résultats concernant la croissance en hauteur du Pin pignon.

**Mode d'emploi :**

Déterminer le climat, la topographie et le % d'affleurement rocheux et de cailloux du site étudié. On obtient ainsi la hauteur à 50 ans du Pin pignon. Les critères du milieu en italique sont descriptifs. Ils complètent la caractérisation du milieu.

\* L'amplitude des hauteurs indiquées correspond au minimum et maximum observés. Une grosse partie des observations est groupée autour de la moyenne

		CLIMAT <i>Type climatique CEMAGREF</i>						
		Type 1 : 65 - 76 - 75 plus frais et pluvieux			Type 2 : 87 - 86 (85) chaud et sec			
		Hauteur moyenne à 50 ans et amplitude des hauteurs observées	Descriptif supplémentaire du milieu		Hauteur moyenne à 50 ans et amplitude des hauteurs observées *	Descriptif supplémentaire du milieu		
			<i>Topographie les plus fréquentes</i>	<i>Profondeurs du test tarière les plus fréquentes</i>		<i>Topographie les plus fréquentes</i>	<i>Profondeurs du test tarière les plus fréquentes</i>	
TOPOGRAPHIE ↑ Plat, dépression ↓ Autres	rocheux < 10 % et cailloux < 10 %	niveau 2 11,8 m 10-12 m	<i>pente &lt; 10 %</i>	<i>30 à 60 cm (90)</i>	13 m	<i>pente &lt; 15 %</i>	<i>30 - 50 cm</i>	
	rocheux ou cailloux < 10 %		<i>pente &lt; 10 %</i>	<i>20 - 30 cm</i>		<i>pente &lt; 15 %</i>	<i>15 - 30 cm</i>	
	l'autre entre 10 et 30 %	Pouvant descendre jusqu'à 8 m pour les roches les plus défavorables	<i>pente 5 à 40 %</i>	<i>30 - 40 cm</i>		9,8 m	<i>pente 10-30 %</i>	<i>25 - 50 cm</i>
	rocheux < 10 % et cailloux < 10 %		<i>bas, mi-verst replat</i>				<i>mi-bas verst replat</i>	
	rocheux ou cailloux < 10 %	<i>pente 5 à 30 %</i>	<i>haut et mi-verst croupe</i>	<i>15 - 30 cm</i>			<i>pente 10-30 %</i>	<i>mi-bas versant</i>
	l'autre entre 10 et 30 %	9,8 m	<i>pente 10 à 40 %</i>	<i>haut et mi-verst croupe</i>		15 - 30 cm	6,5 m	<i>pente 10-30 %</i>
rocheux et cailloux à 10-30% ou l'un <10% l'autre entre 30 et 60%								
autres cas	6,5 m	<i>Quelques relevés seulement</i>			<i>pente 10-30 %</i>	<i>mi-haut verst sommet, croupe</i>	<i>10 - 20 cm</i>	
jusqu'à 60 à 100 % de cailloux et de rochers en affleurement	6,5 m							

Légende : AR = Affleurement Rocheux et Ac = Affleurement de cailloux

Figure 4 - Détermination de la hauteur du Pin pignon à 50 ans en fonction du milieu

Les principaux facteurs déterminant cette croissance ont été repris ; ils apparaissent d'ailleurs dans la clé.

Parmi les facteurs du milieu déterminant, ce sont les plus faciles à appréhender qui ont été retenus. Ainsi, le pourcentage de cailloux dans le sol est très lié au pourcentage de cailloux en affleurement, mais moins rapide et facile à observer. On a donc retenu le second. La profondeur du test tarière\* est lié à la fois à la topographie et au taux de cailloux dans le sol ; elle n'apparaît pas en critère déterminant mais illustratif.

La flore n'a pas été retenue dans cette nouvelle présentation car :

- la phase de vérification de la clé a montré quelques problèmes liés à l'utilisation de celle-ci,
- son interprétation écologique n'est pas évidente. Il serait donc difficile de la traduire en terme de comportement écologique du Pin pignon,
- d'autres critères du milieu se sont avérés plus discriminants dans le cadre de cette nouvelle présentation.

Finale­ment, quatre critères déterminants permettent de cerner des grands types de milieux correspondant à des niveaux de fertilité relativement différents pour le Pin pignon : le climat, la topographie, le pourcentage d'affleurement rocheux, le pourcentage d'affleurement de cailloux,

Par regroupement des cas proches, on peut distinguer de façon statistiquement significative quatre niveaux de fertilité illustrés par leur hauteur moyenne et la fourchette des hauteurs rencontrées (cf. figure 4 et encadré 2).

Ainsi, cette nouvelle présentation propose des fourchettes plus larges de hauteur atteinte en fonction du milieu, mais sans doute plus sûres et plus en rapport avec le niveau de précision qu'on peut réellement obtenir à partir des données initiales.

En utilisant à nouveau les relevés supplémentaires réalisés en 1990 pour vérifier la valeur prédictive de ce nouveau tableau, on obtient moins de 10 % des relevés en dehors des fourchettes de hauteur prévues, dont un seul relevé à plus d'un mètre de la prédiction.

### **Commentaire du tableau**

L'entrée dans un des cas du tableau est obtenue par le choix des quatre critères précédemment cités.

\* Test tarière : moyenne des profondeurs d'enfoncement d'une tarière hélicoïdale en 5 points de la station.

**Encadré 2 : Analyse statistique sur le tableau :  
Détermination de la hauteur du Pin pignon à 50 ans  
en fonction du milieu**

Afin d'avoir un nombre suffisant de relevés pour réaliser une analyse statistique, les différents cas du tableau ont été rassemblés en 4 groupes comme suit :  
(on peut les repérer sur le tableau par leur grisé identique)

	Climat	Topographie	Affleurement rocheux et de cailloux
<b>Groupe 1 :</b> (1 cas)	Type 2	Plat	rocheux < 10 % et cailloux < 10 %
<b>Groupe 2 :</b> (3 cas)	Type 1	Plat, dépression	rocheux < 10 % et cailloux < 10 %
	Type 1	Plat, dépression	rocheux ou cailloux < 10 % l'autre à 10 - 30 %
	Type 1	Autres	rocheux < 10 % et cailloux < 10 %
<b>Groupe 3 :</b> (5 cas)	Type 1	Autres	rocheux ou cailloux < 10 % l'autre à 10 - 30 %
	Type 1	Autres	rocheux et cailloux à 10-30% ou l'un <10%, l'autre à 30-60%
	Type 2	Plat, dépression	rocheux ou cailloux < 10 % l'autre à 10 - 30 %
	Type 2	Autres	rocheux < 10 % et cailloux < 10 %
	Type 2	Autres	rocheux ou cailloux < 10 % l'autre à 10 - 30 %
<b>Groupe 4 :</b> (3 cas)	Type 1	Autres	Autres cas
	Type 2	Autres	rocheux et cailloux à 10-30% ou l'un <10%, l'autre à 30-60%
	Type 2	Autres	Autre cas

**Analyse de variance sur les 4 groupes de relevés**

Variable : Hauteur à 50 ans

- Test de Fischer :  $F = 57$   $P = 0,0001$
- Test de Duncan : chaque groupe est significativement différent des 3 autres.

Groupes	Nombre de relevés	Moyenne (m)	Ecart-type (m)	Test de Duncan
1	17	13	2,7	A
2	48	11,8	1,7	B
3	51	9,8	1,9	C
4	25	6,5	1,4	D

### Encadré 3

Sable avec nappe à moins de 2 m	
→ ou	→ 17 - 20 m
Sable avec nappe à plus de 2 m et moins de 3 mois secs	
→ Sable avec nappe à plus de 2 m et 3 mois secs	→ 11 - 17 m
→ Sable avec nappe à plus de 2 m et 4 mois secs	→ 9 - 10 m

D'autres facteurs du milieu, les plus souvent rencontrés pour chacun de ces cas viennent compléter ce tableau, mais n'ont qu'un caractère illustratif.

Dans tous les cas, on rencontre des roches très diverses, aussi bien calcaires qu'acides et des réactions de la terre fine à l'acide de nulle à très forte.

Dans certains cas où il existe de très nombreux relevés, en particulier le cas "climat : type 1 ; topographie : autres ; affleurement rocheux et affleurement de cailloux < 10 %", on peut distinguer nettement les roches les plus défavorables (grès permien, rhyolite, marne) correspondant aux relevés montrant les plus mauvaises fertilités du cas. Mais l'échantillonnage ne permet pas de le mettre en évidence de façon sûre pour tous les cas.

On remarquera :

- que les meilleures fertilités apparaissent dans les climats du type 2 (les plus chauds et secs) pour les conditions topographiques et de sol les plus favorables.

Par contre, dès que ces conditions sont un peu moins bonnes, la fertilité chute nettement. La large amplitude du cas "climat : type 2 ; topographie : plat, dépression ; affleurement rocheux et de cailloux < 10 %" montre bien que les quelques critères pris en compte ne suffisent pas à rendre compte de la finesse des compensations sol-climat qui permettent à certains peuplements d'atteindre des hauteurs records.

- que les climats de type 1 ne permettent pas d'atteindre les meilleures fertilités, mais sont globalement plus favorables et dans une plus large gamme de conditions topographiques et de sol.

Ce tableau exclut les sables littoraux qui présentent la particularité d'avoir une nappe plus ou moins profonde. Pour ceux-ci, le nombre de mois secs et la hauteur de la nappe semblent être de bons critères de distinction des fertilités (ZANNINI, 1991). Trois cas peuvent être individualisés (encadré 3 ci-dessus)

## Conclusion

Quelques critères simples semblent particulièrement pertinents pour évaluer la croissance en hauteur du Pin pignon.

Ils apparaissent dans la clé Pin pignon dont on a vu les conditions de validité.

Ils peuvent être repris sous forme d'un tableau plus simple qui permet de mieux la comprendre et de mettre en évidence des compensations entre facteurs du milieu.

A la lumière de ces différentes approches, on peut tenter une description du "caractère" du Pin pignon :

- **aime la chaleur,**
- **mais est sensible comme toutes les essences au bilan hydrique,**
- **a une préférence nette pour les situations plates,**
- **redoute cailloux et rochers (difficulté de prospection racinaire ?),**
- **est insensible au caractère calcaire ou acide des roches,**
- **préfère les substrats meubles aux roches compactes.**

Ainsi, les reboisements français et leur étude ont montré que les conditions écologiques de bonne croissance du pin pignon sont beaucoup plus variées que ne le laissait supposer son aire d'extension naturelle.

Cependant, la question de sa régénération naturelle à partir des reboisements reste posée et pourrait limiter son intérêt sur certain site.

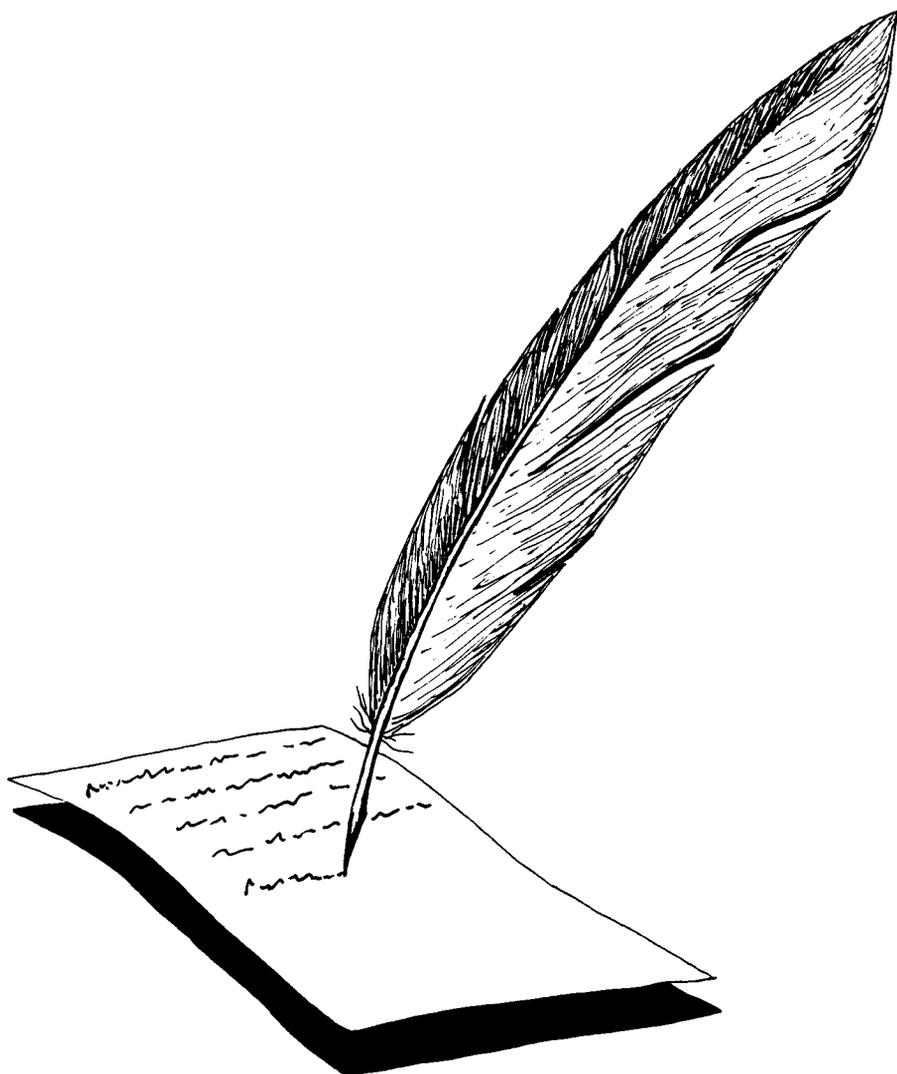
La nouvelle clé proposée aux forestiers doit être considérée comme un outil pratique d'évaluation de **l'adaptation** du Pin pignon à un site donné. Elle a l'intérêt de ne nécessiter qu'une description très simple du milieu naturel. On peut lui reprocher l'imprécision des hauteurs prédites.

Cependant, dans le contexte méditerranéen littoral, l'objectif n'est pas de déterminer précisément la production que pourrait atteindre un peuplement, mais plutôt la capacité d'un reboisement à former à l'âge adulte un véritable peuplement forestier. La fourchette des hauteurs observées – 2 à 20 m à 50 ans – montre bien que ce n'est pas toujours le cas. La nouvelle clé devrait suffire pour décider de reboiser ou non avec cette essence, en fonction de l'objectif souhaité.

## Bibliographie

- CABANETTES A.**, 1979. Croissance, biomasse et productivité de *Pinus pinea* L. en petite Camargue (thèse) - *Université des Sciences et techniques du Languedoc*, 175 p.
- CEMAGREF** - Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français - chapitre Essences Forestières et chapitre Stations Forestières.
- COUHERT B., DUPLAT P.**, 1993. Le pin d'Alep dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Propositions pour une sylviculture et un modèle de production. *Bulletin technique ONF*, N° 25.
- DJAZIRI A.**, 1971. Etude stationnelle du Pin pignon en Italie - *Bulletin d'information de l'Institut National de Recherche Forestière (Tunisie)*, vol. 18, pp. 37-42.
- GIORDANO E.**, 1967. Qualche osservazione sull'ecologia del *Pinus pinea* L. - Ente nazionale per la cellulosa e per la carta. *Centro di sperimentazione agricola e forestale*, vol. IX, fas. 2.
- GODIN P.**, 1975. Le pin pignon sur différents sols du Languedoc - *INAPG - CEPE Montpellier*.
- IBRAHIM, RAPP, BERGER, LOSSAINT.** 1980. Evaluation de la transpiration d'un peuplement de *Pinus pinea* L. en condition naturelle.
- LABADIE J.**, 1983. Etude des exigences écologiques du Pin pignon en région méditerranéenne française - *Mémoire de 3ème année ENITEF - CEMAGREF*.
- LOISEL.** 1967. Contribution à l'étude biologique des Pins de basse Provence - germination du Pin pignon au niveau de certaines associations végétales - *Bulletin de la Société Botanique Française*, fasc. 114, pp. 163-174.
- NOUALS D., BOISSEAU B.**, 1991. Le Pin brutia en France continentale - *CEMAGREF*, 86 p.
- POUPON H.**, 1970. Etude de la croissance en hauteur et en circonférence de quelques espèces de pins et d'eucalyptus dans l'arboretum de Zerniza - *Annales de l'institut national de recherches forestières de Tunisie*, vol. 4, Fasc. 5.
- RIPERT C., NOUALS D.**, 1988. Proposition de découpage interrégional en secteurs écologiques homogènes dans la zone méditerranéenne Française, 44 p. + carte.
- ZANNINI C.**, 1991. Vérification et amélioration de la clé autécologique du Pin pignon - *Rapport de stage ENITEF, BTS - CEMAGREF/ENITEF*.

## 4. Notes et Analyses





# Surveillance des populations de tordeuse verte en chênaies de production : premiers résultats

**MALPHETTES C.B. & SAINTONGE F.X.**

Division Protection phytosanitaire de la forêt  
Grenoble

## Introduction.

À la fin des années 70 et au début des années 80, la tordeuse verte du chêne, *Tortrix viridana* L. a été à l'origine de très fortes défoliations, dans l'est de la France principalement. Les forestiers, encore sous le coup des dépérissements du chêne consécutifs à la période de sécheresse qui a culminé en 1976, se sont alors beaucoup émus de l'avenir des chênaies. Beaucoup de ces peuplements avaient aussi subi des attaques d'autres défoliateurs, plus ou moins bien identifiés (processionnaire du chêne, *Thaumetopoea processionea* L., bombyx disparate, *Lymantria dispar* L. etc.).

Lors d'une réunion avec les gestionnaires de l'Office National des Forêts sous l'égide de la Direction des Études techniques, il fut décidé de suivre l'évolution des populations de la tordeuse verte. Le but assigné à cette surveillance était la préservation des fructifications souvent difficiles à obtenir dans l'est de la France (périodicité moyenne de 7 ans environ). Les défoliations, notamment celles dues à la tordeuse verte du chêne, ne sont qu'un des facteurs qui perturbent la fructification du chêne. Mais comme il est possible, avec un coût supportable, d'éviter ces défoliations, on a estimé nécessaire de maîtriser cet aléa dans les parcelles où l'on recherche la régénération du peuplement par ensemencement naturel. Cette maîtrise repose sur un traitement insecticide à base de *Bacillus thuringiensis* Berlin., auquel les chenilles sont très sensibles. Cependant les jeunes chenilles de tordeuse verte commencent à s'alimenter et donc à commettre leurs dégâts, dès que les bourgeons s'entrouvrent. De ce fait, quand on commence à percevoir, du sol, les dégâts, il est trop tard pour intervenir : les fleurs sont souvent déjà consommées. Ainsi est-il nécessaire d'être prêt à effectuer un traitement dès que les chênes débourent. Il faut donc prévoir les risques de forte population et donc de dégâts avant que les chênes ne débourent.

Au moment où s'est tenue cette réunion, la seule méthode, pouvant être envisagée pour faire cette prévision, consistait à dénombrer les oeufs de l'insecte sur un échantillon de rameaux. Ces rameaux prélevés sur les chênes abattus dans les parcelles devant être régénérées ou à proximité immédiate, étaient analysés à Orléans. Les oeufs qu'ils portent étaient dénombrés sous la loupe binoculaire. Le transport des rameaux vers le laboratoire et ce dénombrement des oeufs rendaient la méthode relativement onéreuse, surtout en période de très faible population.

Le piégeage des papillons mâles attirés par une source émettant la phéromone sexuelle des femelles, obtenue par voie de synthèse, est apparu au début des années 80. Il nous a donc paru intéressant de tester cette méthode sur un plan pratique, car on peut escompter la substituer aux comptages des pontes. Des essais préliminaires nous ont montré que le seul piège disponible pouvait présenter l'inconvénient d'une saturation. C'est la raison pour laquelle la charge de l'appât retenue est celle de 0,05 mg, au lieu de 1 mg, charge communément adoptée dans ce genre de piégeage. Cette charge représente un compromis entre la réduction du rayon d'attraction du piège (diminution du nombre des papillons attirés et par conséquent diminution du risque de saturation) et la durée d'action de l'appât (l'attraction des papillons peut diminuer dans le temps si la phéromone s'épuise avant la fin du vol).

Nous voudrions présenter maintenant les résultats acquis au cours des dernières années, dans le cadre de cette surveillance expérimentale, et faire un premier point, dans le cadre du programme de la surveillance des défoliateurs des chênes. Il ne s'agit pas de mettre en perspective nos résultats actuellement disponibles avec ceux qui peuvent exister par ailleurs, la bibliographie existante étant trop pauvre sur ce sujet.

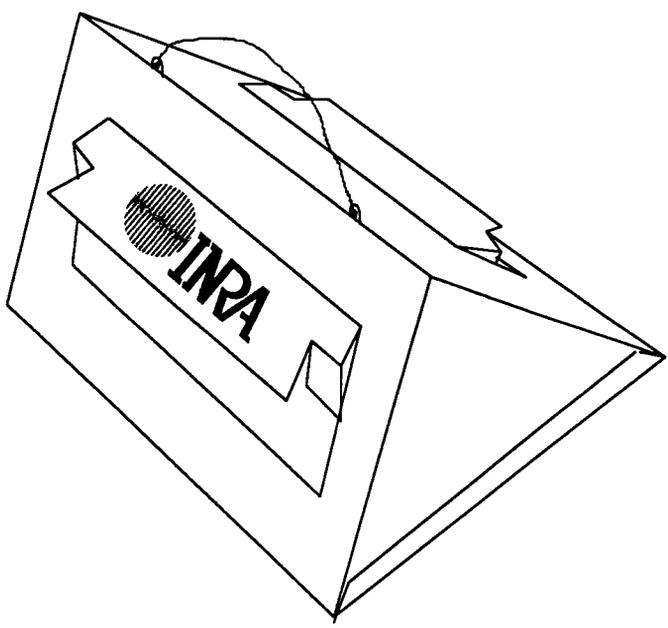
## **Matériel et méthodes.**

### Surveillance des populations.

Un protocole a été mis au point dès le début de l'étude, afin de pouvoir comparer les résultats d'une année sur l'autre et d'un endroit à un autre.

Ce protocole prévoit de disposer quatre pièges au sommet d'un carré de 100 m de côté dans une parcelle de chênes dont on attend la régénération dans les années qui suivent. Il est aussi prévu de récolter des rameaux sur des chênes de la parcelle, ou à proximité, afin de pouvoir comparer les résultats des captures à la quantité d'oeufs constatée dans l'échantillon dès lors que cette dernière dépasse un seuil.

Les pièges sont de forme prismatique, ou pièges delta (voir dessin 1), ouverts sur deux côtés opposés. Ils sont suspendus à hauteur d'homme, à une branche basse des chênes ou du sous-étage. Une étude antérieure avait montré que des pièges placés à hauteur d'homme capturaient la même quantité que ceux placés à la base du houppier des réserves d'un taillis-sous-futaie. Sur le plancher du piège est déposé une feuille de papier cartonné enduit de glu. Une capsule de caoutchouc imprégnée de 0,05 mg de phéromone est déposée au milieu de cette plaque. Les papillons mâles attirés par l'attractif sexuel se collent sur la plaque en volant autour de la capsule. Les pièges sont mis en place pour cinq semaines tous les ans au même endroit, dans la mesure du possible. Ils sont relevés deux fois par semaine, à intervalles réguliers, par l'agent local de l'ONF. Les papillons englués sur la plaque de papier cartonné sont alors comptés et la plaque est changée pour diminuer le plus possible l'effet de saturation. En effet, même si la plaque n'est pas recouverte de papillons, ceux-ci en volant, ou en se débattant, laissent tomber des écailles de leurs ailes qui font perdre de l'adhérence à la glu. Par contre la capsule de phéromone est replacée au centre de la nouvelle plaque. Les résultats de ces captures sont comparés à la population réelle de l'insecte, au cours de la génération suivante, estimée d'après la ponte. L'hypothèse retenue, bien entendu, est que le nombre de papillons mâles varie à peu près proportionnellement avec l'augmentation générale de la population, tous sexes confondus.



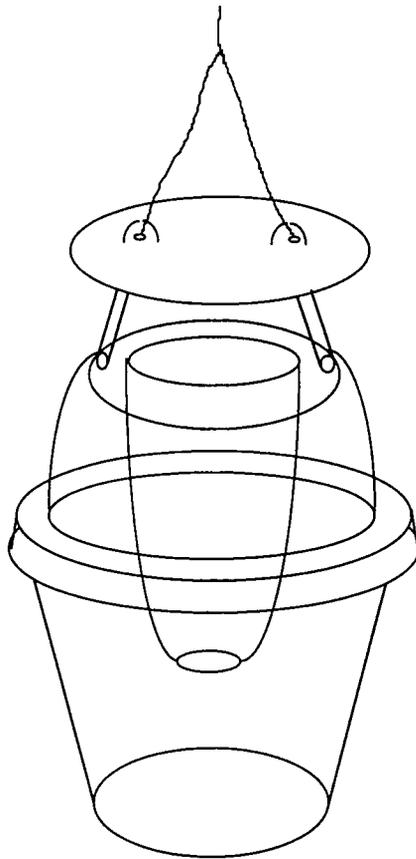
Dessin 1 : Piège delta ou prismatique.

L'échantillon destiné à l'estimation de la ponte, est composé de 50 rameaux prélevés sur 10 arbres (5 rameaux par arbre). Ces rameaux sont prélevés sur des arbres abattus, au sommet du houppier et dans l'axe du tronc. Ces rameaux mesurent 50 cm à partir de la base de la pousse de l'année. L'estimation des pontes est faite sous la forme d'un rapport entre le nombre des oeufs et un nombre de bourgeons. Seuls sont pris en compte les bourgeons qui sont en position terminale, aussi bien dans l'axe du rameau que sur toutes les pousses latérales. Au moment du débourrement, ces bourgeons ont, en effet, une plus forte probabilité d'éclosion que les bourgeons axillaires. Ce rapport permet donc de tenir compte de la quantité de nourriture qui sera à la disposition des chenilles. De plus, ce rapport permet d'intégrer la très forte hétérogénéité des rameaux échantillons qui portent sur les 50 cm, plus ou moins de ramifications et donc de lieux de pontes.

Au fil des années, on a pu constater que le maximum du vol des papillons mâles, ou tout au moins le maximum des captures, se situait vers 1200 degrés-jour. Cette accumulation de température est notée à partir du premier février, en prenant comme température seuil celle de 0°C. Ce seuil théorique correspond à l'ensemble du développement de l'insecte depuis la reprise du stade embryonnaire, jusqu'à la sortie du papillon de la chrysalide.

Les températures sont celles relevées à la station météorologique la plus proche et figurant dans le Bulletin Hebdomadaire d'Etudes et de Renseignements publié par la Météorologie Nationale.

Par ailleurs d'autres expériences ont été conduites en parallèle pour essayer de mieux comprendre la façon dont le piégeage peut permettre d'estimer une population dans un peuplement de chênes, en apparence homogène. Par des expériences parallèles, nous avons aussi voulu essayer de comparer les résultats du piégeage dans le modèle de piège delta et un autre modèle apparu, entre-temps sur le marché, le piège entonnoir. Ce dernier type de piège est en principe attrayant car il permet d'éviter le phénomène de saturation. Ce modèle de piège (voir dessin 2) à entonnoir est couramment utilisé au Canada pour la surveillance de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* Clem. Les papillons sont attirés par la capsule de phéromone suspendue au toit du piège et son accès est entièrement libre. La partie inférieure du piège est constituée d'un entonnoir emboîté sur un récipient relativement grand. Les papillons volant autour de la capsule de phéromone sont déséquilibrés par les parois de l'entonnoir et tombent au fond du récipient où ils sont tués par les émanations d'une plaquette insecticide placée sur le fond du récipient.



Dessin 2 : Piège entonnoir.

Pour l'instant, ce type de piège dont le principe est séduisant pour une utilisation en routine, car il ne nécessite qu'un relevé en fin de campagne, et qui a fait ses preuves dans le sud-est de la France (du Merle, communication personnelle) doit être essayé dans les conditions des chênaies de production. Nous avons aussi testé un autre type de piège à entonnoir développé par nos collègues espagnols de l'ICONA (Instituto nacional para la conservacion de la naturaleza). Ce dernier repose sur un principe analogue à celui du piège entonnoir. Le récipient est une grande poche de plastique accrochée au haut du piège ; cette dernière partie contient la capsule de phéromone et a la forme d'un parallépipède ouvert sur les deux plus petites faces. Chaque piège contenait un appât chargé de 1 mg de phéromone sexuelle.

Nous avons été amenés à comparer l'influence de la dose de phéromone, celle des différents types de pièges et celle de la hauteur à laquelle est suspendue le piège à entonnoir sur l'importance des captures.

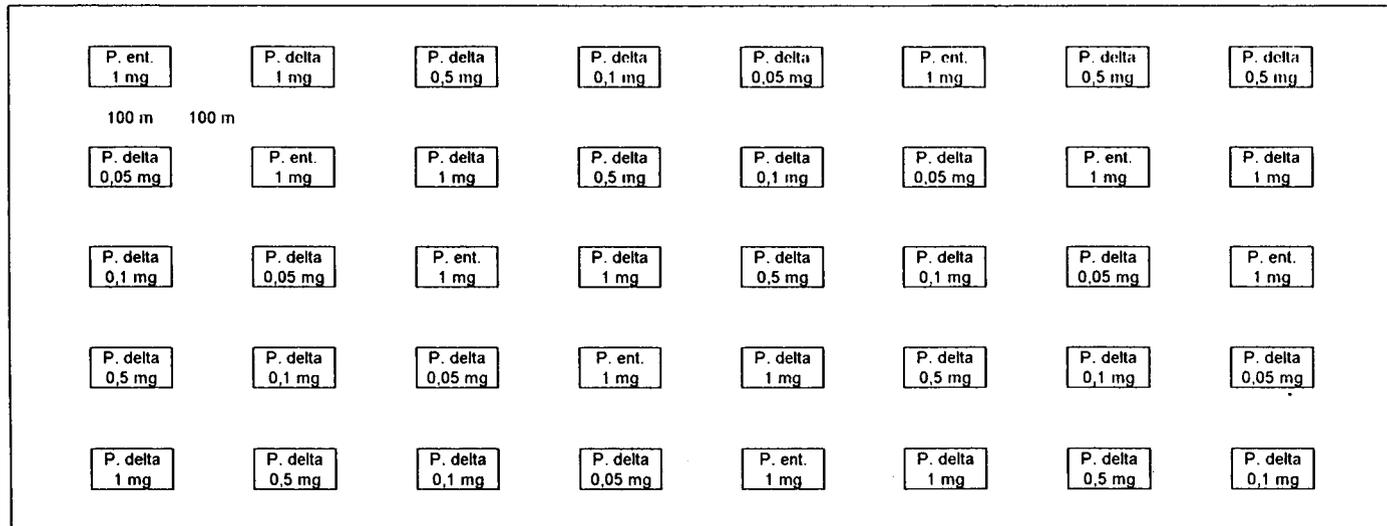


Schéma 1 : Dispositif pour tester l'influence des doses de phéromone (1992).

### Influence de la dose de phéromone.

En 1992, nous avons voulu voir si, dans le cas d'une population de tordeuse verte de faible niveau, on pouvait mettre en évidence une influence de la dose de la phéromone contenue dans la capsule, sur les captures. Pour cet essai, un dispositif composé de 8 lignes de 5 pièges a été installé en forêt domaniale de Blois, dans une futaie pure et adulte de chênes. Les pièges étaient situés à 100 m les uns des autres sur la ligne et 100 m séparaient les lignes entre elles.

Chaque ligne comprenait un piège entonnoir contenant un appât de 1 mg et 4 pièges delta avec un appât de 1 mg, 0,5 mg, 0,1 mg ou 0,05 mg de phéromone ; les doses ont été réparties d'une façon systématique entre les pièges sur la ligne (Schéma 1).

En 1993, toujours dans la même forêt et le même type de peuplement, le même essai a été réalisé mais avec 4 pièges entonnoir et un piège prismatique sur chaque ligne (8 lignes). Cette fois, les appâts aux concentrations variables, ont été mis dans les pièges entonnoir, le piège delta contenant un appât à 0,05 mg (Schéma 2).

### Influence du type de piège.

À côté de cet essai, dans le même peuplement de chênes et au même moment, on a testé 3 formes de pièges. Chaque ligne de pièges (10 lignes) comprenait un piège delta, un piège entonnoir et un piège ICONA. La distance entre chaque piège et entre les lignes était de 100 m (Schéma 3).

### Influence de la hauteur.

Tout comme cela avait été fait dans le cas du piège prismatique ou delta, on a voulu s'assurer que la hauteur d'installation du piège entonnoir n'avait pas d'incidence sur les captures. En 1993, une série de 20 pièges a donc été installée soit à 15 m de hauteur (base du houppier), soit à 2 m de hauteur dans une forêt du Haut-Rhin (Rouffach) où les captures de papillons dans les pièges prismatiques étaient déjà importantes l'année précédente.

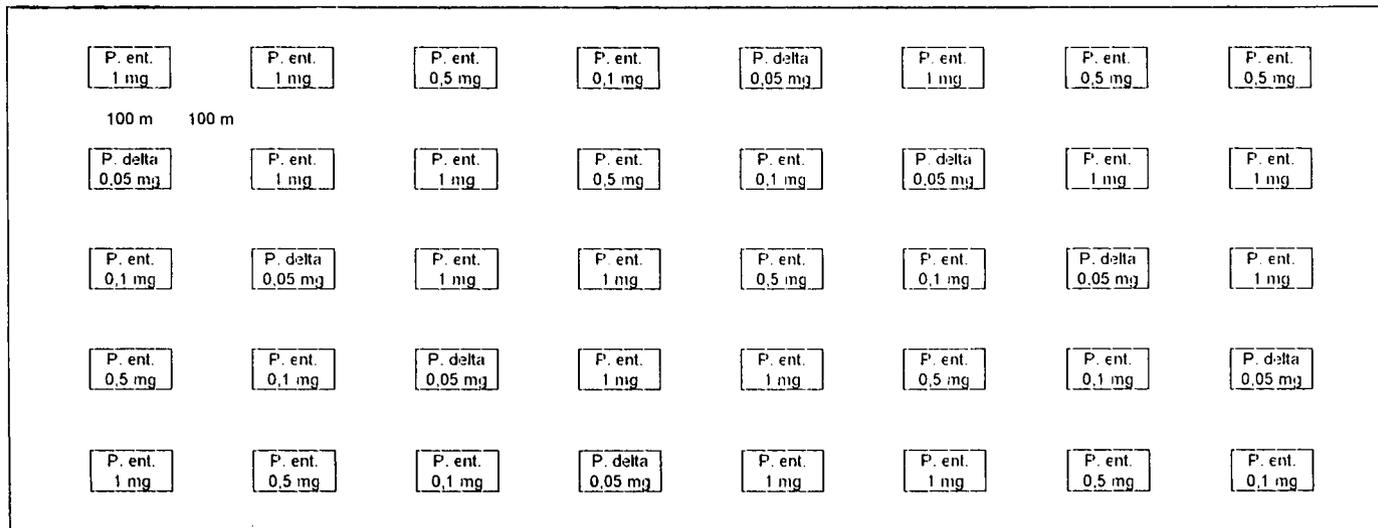


Schéma 2 : Dispositif pour tester l'influence des doses de phéromone (1993).

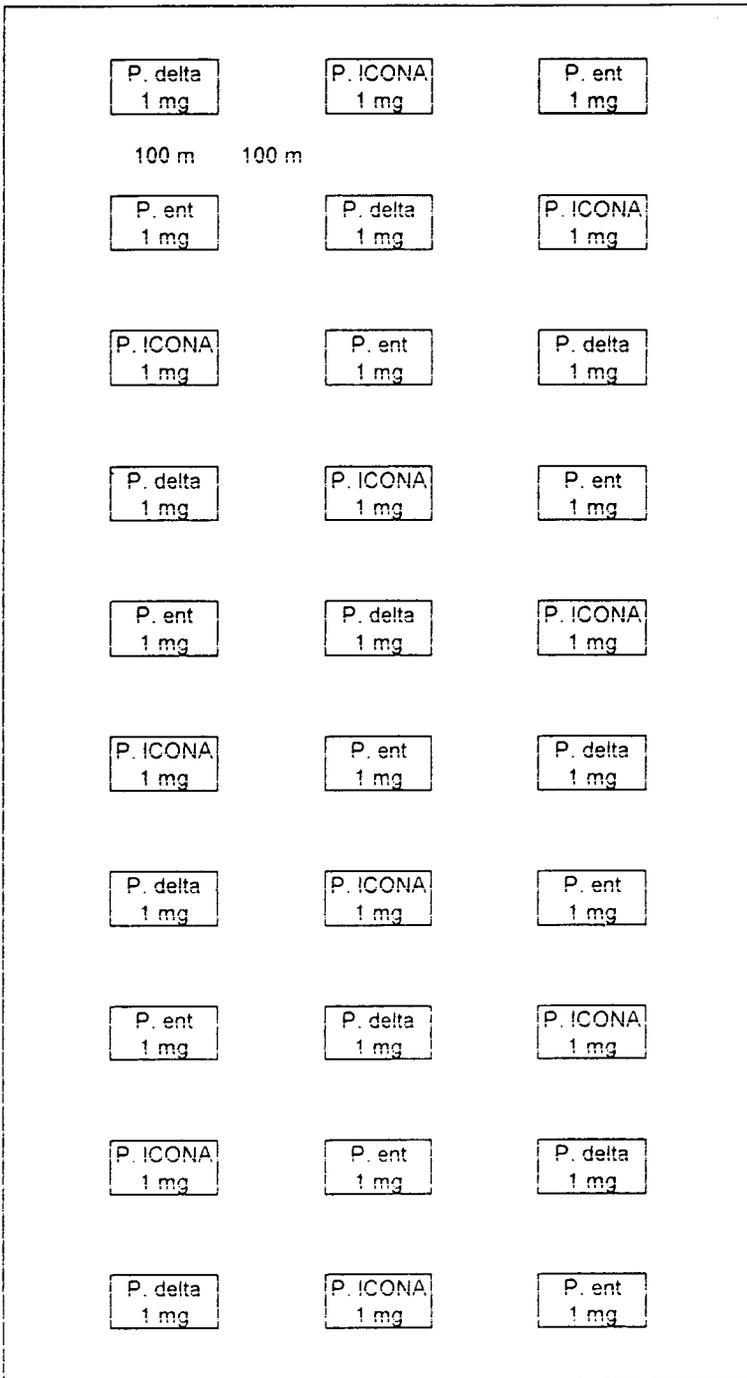


Schéma 3 : Dispositif de comparaison des pièges.

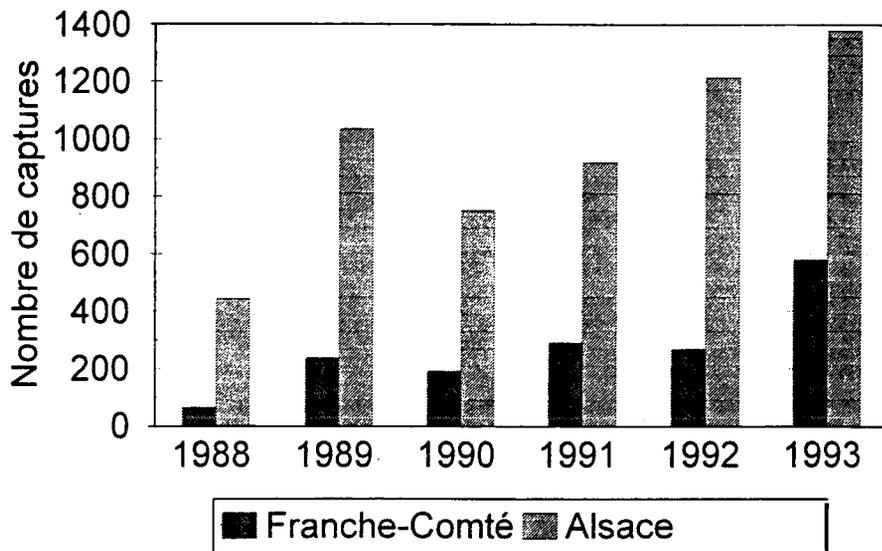
## Résultats et discussion

### Surveillance des populations.

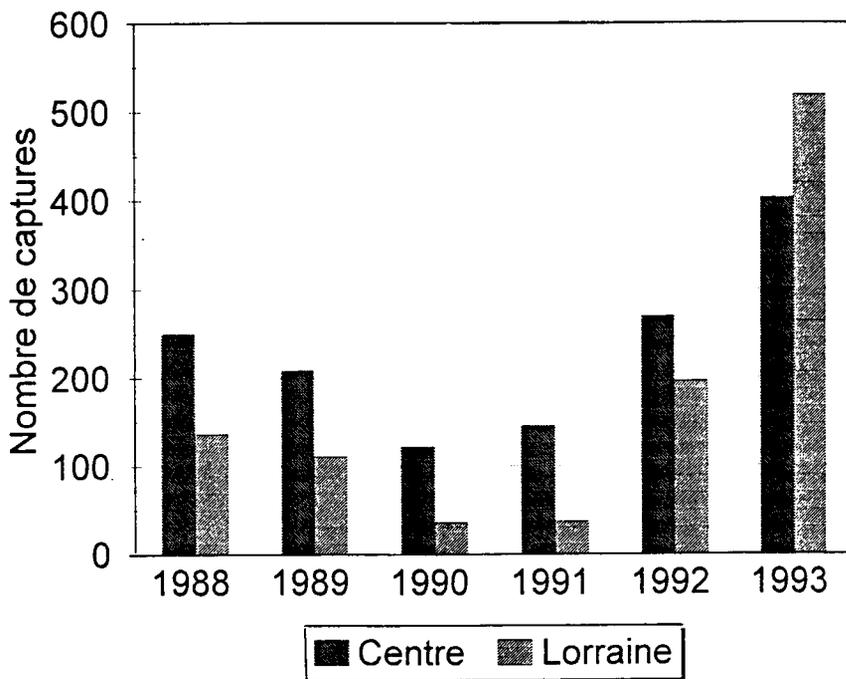
Le tableau 1 donne les résultats des captures et des comptages d'œufs à partir de 1988, pour les 41 sites où le piégeage est actuellement pratiqué. Pour une même année, on constate que la plus grande hétérogénéité semble régner. Cette hétérogénéité est due en grande partie, à ce que les parcelles dans lesquelles se font les piégeages, ont une structure très différente les unes des autres. En effet, certaines sont des parcelles de futaie pratiquement pleine, alors que sur d'autres des éclaircies ont déjà été pratiquées en fonction des semis existants ; d'autres enfin ne portent plus que quelques semenciers. Comme on le verra par la suite, le nombre des chênes et l'importance de leur houppier ont une influence sur le nombre de papillons capturés, toutes choses égales par ailleurs.

Forêts	1988		1989		1990		1991		1992		1993	
	Papillons	œufs	Papillons	Oeufs								
<b>ALSACE</b>												
Soutz sous forêts	40		286		187		426		669		689	0,39
Niederlauterbach	334		459	0,11	389		416		269		1151	0,42
Haguenau-est	1191	0,23	1202	0,25	1135		579		653	0,25	2119	
Haguenau-centre	119		172		286		234		264		1229	0,24
Haguenau-ouest	304	0,05	1796	0,1	1144	0,04	797		1661	0,28	2361	0,58
Saverne	468		575	0,13	635		737	0,17	740	0,76	787	
Westhoffen	401	0,09	2504	0,01	1266	0,34	2431	0,23	1885	0,47	2686	0,97
Obernai	672	0,01	1010	0,09	483	0,04	893	0,07	1023	0,5	401	
Mutzig	946	0,06	1858	0,04	520	0,01	518		4108	0,45	1920	1,06
Baltzenheim			613	0,34	1233	0,16	932	1,21	1102	0,66	1351	1,22
Kogenheim	731	0,01	1964		1653	0,05	2157	0,07	1528		1621	0,63
Colmar	246		422	0,03	179	0,58	562		857	0,75	1179	
Rouffach	139		1147	0,34	1201	0,31	2050	0,19	2174	0,72	1717	
La Harth	169		482		198		130		72		76	
<b>FRANCHE-COMTE</b>												
Menoux	88		93		115		153		296		616	
Hautevelle	10		20		11		29		124		27	
Gy	1		411		183		223		257	0,1	646	0,17
Desnes	50	0,01	349	0,03	422		930	0,1	634	0,16	1148	0,14
Petit-Noir	8		18		17		20		31		149	
Froidesville	52	0,01	292	0,11	199		210		364		587	0,16
Auxonne	229	0,01	475	0,29	380		467	0,04	165		881	
<b>CENTRE</b>												
Ermenonville	538	0,33	480	0,33	345	0,13	307	0,09	752	0,09	732	0,3
Blois-nord	458	0,01	212	0,01	260		323	0	152		262	
Blois-sud	219	0,01	113	0,11	32		134		83		36	
Menetou-Couture	147		231	0,01	18		78		105		228	
Brouillammon	63	0,01	145		41		19		518		1013	0,07
Soudrain	77		72		34		7		8		149	0
<b>LORRAINE</b>												
Hanau	3		14		8		10		433	0,06	*	
Petite-Pierre	17		59		22		15		109		153	
Fénétrange	474	0,05	409	0,07	166	0,01	73		483		1304	0,3
Givrycourt	25		35		39		90		111		674	0,87
Rozelleures	70	0,05	177	0,09	28	0,03	32		171		316	
Fraize	352		124	0,02	4		63		126		280	0,27
Darney	120		45		9		9		52		192	
Trémonzey	28		25		9		5		84		717	
<b>C.-ARDENNE</b>												
Hergnies	1512	1,18	1096	6,13	2467	0,65	1565	0,46	*	0,08	42	
Sedan	281	0,01	108		155		124		135		141	
Signy-l'abbaye	871	1,09	626	0,9	118		22		113		131	0,24
Temple	84		173	0,02	351		790	0,14	749	0,47	765	0,46
Aumont	34		44		155		551	0,16	367		686	0,27
Rumilly	49		143	0,05	210		735		542	0,16	111	

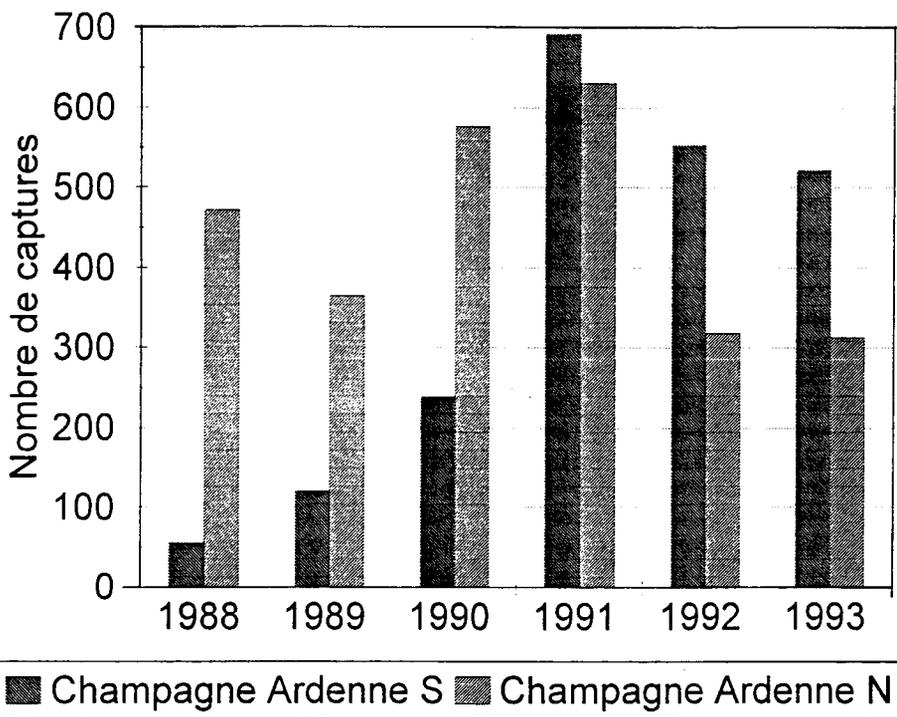
Tableau 1 : Captures des papillons et comptage des œufs au cours de l'hiver suivant.



Graphique 1



Graphique 2



Graphique 3

On a essayé de dégager des évolutions parallèles de la densité des populations par grandes régions écologiques et géographiques. C'est ce qui a été fait sur les graphiques 1 à 3. Les histogrammes sont construits à l'aide des captures moyennes par parcelle (4 pièges). Les populations de Franche-Comté sont actuellement à un niveau inférieur à celles d'Alsace (graphique 1). Néanmoins, la tendance générale est la même. En particulier on constate une progression en 1989 suivie d'une récession, dans les deux régions. Les augmentations de population y ont, proportionnellement, la même tendance. En ce qui concerne le Centre et la Lorraine (graphique 2) : il existe un creux marqué en 1990 et 1991, puis une reprise des captures. En Lorraine, les populations semblent remonter plus rapidement que dans le Centre. En Champagne-Ardenne (graphique 3) l'évolution des populations est complètement inversée par rapport aux quatre régions dont il vient d'être question, c'est-à-dire que l'on constate un maximum de captures en 1990 et 1991, suivi d'une diminution. Par contre les captures en fin de période sont légèrement inférieures à celles du début de la période dans le nord de la région, alors qu'elles sont supérieures dans le sud.

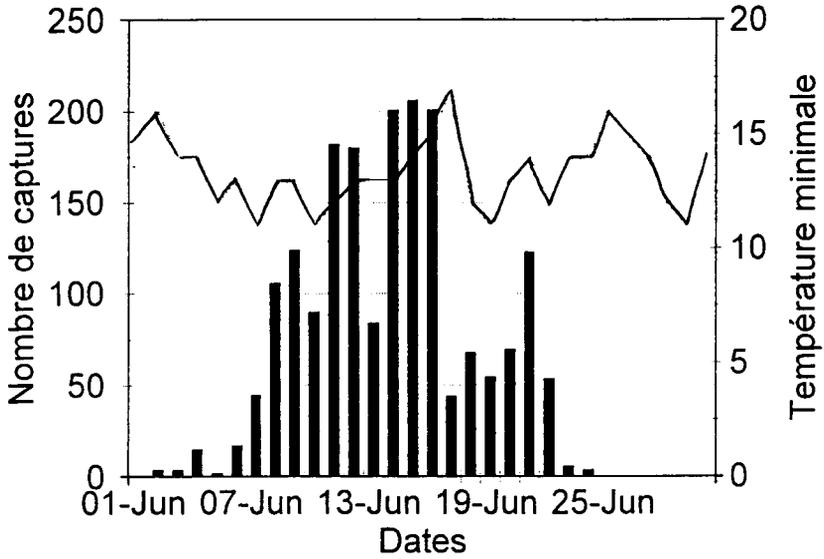
Les piégeages sur 41 sites permettent, dans une certaine mesure, de compenser l'hétérogénéité des structures des peuplements. On remarque que, sur les 6 dernières années de piégeage, généralement les captures de papillons de tordeuse verte sont en nette augmentation.

On remarquera sur le tableau 1 qu'en 1990, une défoliation pratiquement totale et due à la tordeuse a été constatée en Champagne-Ardenne à Hargnies (nord de Charleville-Mézières). Pourtant ces captures, l'année précédente, sont loin d'être les plus élevées du tableau ! Néanmoins le comptage des oeufs avait bien montré que l'on se trouvait à un niveau élevé de population, ce qui nous avait permis de prédire cette défoliation. Depuis, les populations sont en diminution nette, tout comme le nombre des oeufs dans l'échantillon de rameaux. On peut aussi, sur le tableau 1, constater qu'en Alsace, par exemple, les captures augmentent graduellement et que le nombre des oeufs sur les rameaux, progresse aussi. Si, toujours en Alsace et toutes parcelles confondues, la tendance est bien à l'augmentation des captures. Il existe une très forte hétérogénéité en ce qui concerne l'importance des captures et le nombre des oeufs au cours de l'hiver suivant. On peut remarquer avec intérêt, que si en 1992, le nombre des captures est très différent à Westhoffen, Obernai et Mutzig, le nombre des oeufs est pratiquement le même et que ces trois forêts sont situées sur des collines sous-vosgiennes dans un rayon de 6 km. Il est impossible pour l'instant de comprendre pourquoi ces différences existent.

D'une façon générale on ne peut établir une relation autre que qualitative entre les captures et le dénombrement des pontes : le rapprochement entre ces deux paramètres d'estimation de l'importance de la population ne montre aucune corrélation au sens mathématique du terme.

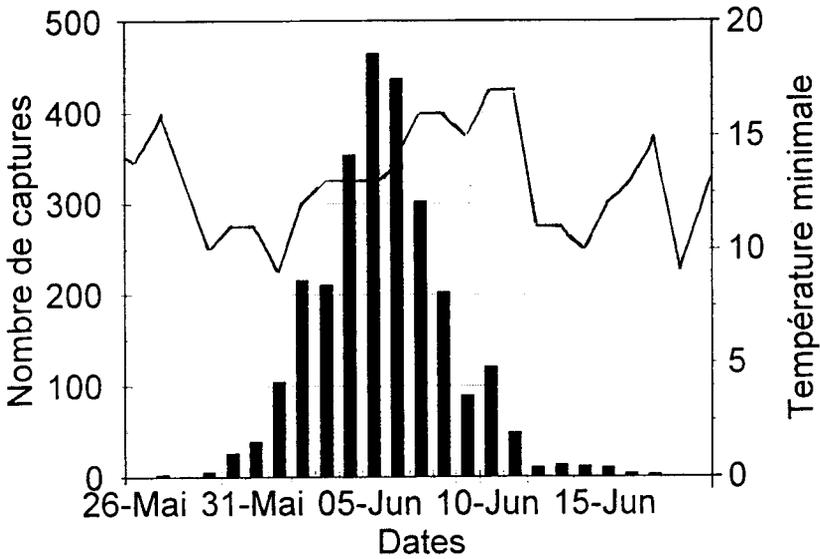
À Westhoffen on dispose, grâce au travail de l'agent local de l'ONF, des résultats de capture jour par jour. Ceci permet de mieux comprendre les prises de tous les autres sites où les relevés ne sont faits que 2 fois par semaine. Les graphiques 4 et 5 montrent l'évolution des captures sur toute la période du vol, ainsi que celle de la température à Strasbourg, pour deux années successives prises comme exemple. On peut remarquer que l'allure générale est différente. Le graphique 5 correspond bien à ce que l'on peut attendre de l'éclosion d'une population de chrysalides, à température relativement constante. Par contre, le graphique 4 manque de régularité. Les papillons sont attirés par les pièges dans la soirée, il est donc intéressant de rapprocher les captures de la température minimale. Si effectivement, sur le graphique 4 on peut pressentir une liaison du nombre des captures avec la température en début de période, cela est moins évident par la suite et ne l'est pas non plus sur le graphique 5.

## Westhoffen 1992



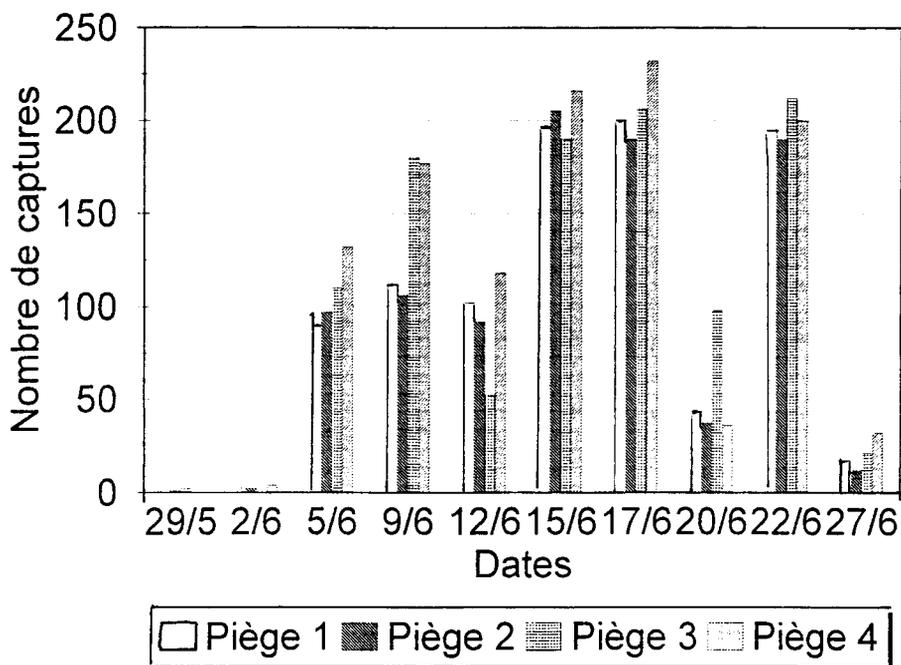
Graphique 4

## Westhoffen 1993



Graphique 5

## Mutzig 1992



Graphique 6

Il faut reconnaître aussi, que la température intervient sur l'activité de vol, mais aussi sur le développement des chrysalides et que les courbes de captures sont une intégration des deux phénomènes. Les captures, en tout cas à Westhoffen, sont assez bien réparties dans le temps, ce qui n'est pas le cas partout. Dans plusieurs sites, ces captures sont concentrées sur deux semaines. Par contre sur le tableau 2 on peut remarquer que les captures de chaque piège sont pratiquement identiques, Westhoffen étant toujours pris comme exemple.

Tableau 2 : Captures totales

Année	Piège 1	Piège 2	Piège 3	Piège 4
1988	109	58	111	123
1990	297	341	306	322
1991	467	694	619	651
1992	493	472	489	431
1993	661	700	646	679

Sur la parcelle de piégeage en forêt de Mutzig, nous avons pu mettre en évidence ce qui, probablement, peut être considéré comme un effet de saturation des plaques engluées. Sur le graphique 6, on remarque que les captures des 15, 17 et 22 juin se situent aux alentours de 200 papillons par piège, quelques soient les pièges. Il semble donc bien y avoir un effet de plafonnement du nombre des captures.

On peut comparer ce graphique à celui de Westhoffen (graphique 4), parcelle située à quelques kilomètres au nord, établi à partir des captures cumulées dans 4 pièges. On remarque que celles-ci étaient importantes les 14, 15 et 16 juin.

Cette période correspond donc bien au maximum du vol de la tordeuse dans cette région. Si l'effet de saturation n'avait pas joué on aurait dû capturer beaucoup plus de papillons. Les faibles captures du 20 juin correspondent à une période de froid relatif (voir graphique 4). Le pic du 22 juin doit donc, en quelque sorte, être un pic de "récupération", les papillons ayant attendu une remontée de la température pour éclore et reprendre leur activité, ce qui se traduit par une reprise des captures.

Influence de la dose de phéromone.

Tableau 3a : influence de la dose (1992)

Pièges	Date	26/5	2/6	5/6	9/6	12/6	16/6	26/6	Total
Delta	Dose								
	0,05 mg	0	0	16	37	6	0	0	59
	0,1 mg	0	2	27	49	18	1	0	97
	0,5 mg	0	1	35	88	46	5	2	177
Entonnoir	1 mg	0	2	24	64	41	5	3	139
	1 mg	0	1	2	4	2	0	0	9

Le tableau 3a donne le résultat des captures dans les pièges delta de l'expérience mise en place en 1992 à Blois. On constate que l'influence de la dose est nette. Celle-ci se fait sentir sur les quantités capturées : l'appât à 0,5 mg semble être celui qui entraîne le plus de captures, la dose de 1 mg apparaissant peut-être un peu moins efficace. Elle se répercute aussi sur la durée du piégeage ; cela traduit vraisemblablement un épuisement moins rapide de l'appât. Cependant il convient de conserver une certaine prudence dans l'interprétation.

Tableau 3b : Influence de l'emplacement (1992)

Date	26/5	2/6	5/6	9/6	12/6	16/6	26/6	Total
Ligne								
1	0	2	30	126	54	5	0	217
2	0	3	40	66	19	2	2	132
3	0	0	21	37	24	3	0	85
4	0	1	4	4	6	0	1	16
5	0	0	2	3	2	0	1	8
6	0	0	2	1	3	0	1	7
7	0	0	3	2	2	0	0	7
8	0	0	2	3	3	1	0	9

Le tableau 3b montre que les captures totales par ligne de pièges vont en diminuant pour les quatre premières lignes, pour ensuite rester à un niveau très faible. Cette hétérogénéité est au moins, à mettre en rapport avec la structure du peuplement. Les pièges ont été disposés dans une futaie, mais le diamètre des arbres à hauteur de poitrine variait comme on peut le voir sur le tableau 3c (les mesures sont des moyennes obtenues d'après les mesures des 10 arbres les plus proches de chaque piège). Comme le diamètre à hauteur de poitrine est relativement lié à la quantité de feuilles, on peut faire l'hypothèse que cette variation de diamètre traduit une variation de la quantité de nourriture ou des sites de ponte disponibles, donc une variation de la densité de la population. Les différences dans les quantités capturées sont donc peut-être à relier à des différences dans la densité des populations de papillons de tordeuse verte, dans le rayon d'attraction du piège.

Tableau 3c : Diamètre moyen autour des pièges (1992)

Ligne	1	2	3	4	5	6	7	8	Moyenne
Pièges									
	39,8	38,8	36,2	35,8	34,7	31,3	28,9	30,9	34,55
	38,1	37,8	31,6	31,6	32,8	33,3	26,4	26,9	32,31
	37,4	38,6	30,8	33,8	26,9	30,1	27,7	25,6	31,36
	38,8	34,3	31,1	29,1	32,3	28,1	29,2	19,1	30,25
	40,4	35,6	30,8	30,2	30,4	25,2	27,9	24,6	30,64
Moyenne	38,9	37,02	32,1	32,1	31,42	29,6	28,02	25,42	

Nous avons renouvelé l'expérience en 1993, en substituant les pièges entonnoir aux pièges delta, puisque comme le montre le tableau 3a, ceux-ci n'avaient capturé que très peu de papillons. Les tableaux 4a, 4b et 4c donnent les résultats de cette expérience selon la même présentation qu'en 1992. On constate que les pièges entonnoir n'ont, à nouveau, capturé que très peu de papillons, quelque soit la charge en phéromone des appâts utilisés (17 papillons pour 32 pièges) alors que les pièges delta

en ont capturé 134 (tableau 4a). On peut constater que la très grande majorité des captures ont été faites sur les lignes 7 et 8, où les chênes avaient des diamètres sensiblement plus importants que sur les premières lignes (tableaux 4b et 4c). Les captures sur la ligne 2, plus importantes sont dues à une exception près, au piège delta de cette ligne situé en bordure de parcelle. Il semble donc y avoir comme en 1992, une influence de la taille des arbres, autour des pièges, sur l'importance des captures. Nous avons aussi essayé de voir l'influence de la présence ou de l'absence de l'insecticide dans le récipient du piège entonnoir, sur le niveau des captures. Le très faible niveau de ces captures, d'une façon générale, ne permet pas de conclure ; on peut simplement souligner que sur les 17 papillons capturés dans les pièges entonnoir, 15 l'ont été dans des pièges contenant l'insecticide (plaquette chargée de dichlorvos).

Tableau4a : influence de la dose (1993)

Pièges	Date	1/6	8/6	15/6	21/6	Total
Entonnoir	Dose					
	0,05 mg	0	10	0	0	10
	0,1 mg	1	6	0	0	7
	0,5 mg	0	0	0	0	0
Delta	1 mg	0	0	0	0	0
	0,05 mg	5	128	1	0	134

Tableau 4b : Influence de l'emplacement (1993)

Date	1/6	8/6	15/6	21/6	Total
Ligne					
1	0	3	0	0	3
2	1	11	0	0	12
3	0	4	0	0	4
4	0	3	0	0	3
5	0	5	0	0	5
6	1	1	0	0	2
7	1	76	1	0	78
8	3	41	0	0	44

Tableau 4c : Diamètre moyen autour des pièges (1993)

Ligne	1	2	3	4	5	6	7	8	Moyenne
Pièges	33,8	35,4	35,1	40,9	48,3	47,4	45,2	44,7	37,6
	33,5	31	31,6	40,6	42,4	45,5	43,7	49,5	39,76
	35,4	32,3	29,8	40,2	44,4	47,2	44,6	48,7	40,33
	30,8	31,7	33,8	35,1	39,3	37	42,7	45,3	36,96
	36	30,5	34,3	41,2	42,8	42,8	41,1	43,1	38,98
Moyenne	33,9	32,18	32,92	39,6	43,44	43,98	43,46	46,26	

### Influence du type de piège.

Tableau 5 : Captures selon le type de piège (1993)

Date	1/6	8/6	15/6	21/6	Total
Entonnoir	4	13	0	0	17
Delta	73	410	3	0	486
Icona	5	11	1	0	17

Le tableau 5 donne le résultat de l'expérience conduite pour vérifier l'efficacité de trois types de pièges : delta, entonnoir et Icona, appâtés avec 1 mg de phéromone. On constate à nouveau que le piège delta est celui qui capture nettement le plus de papillons. Par contre ici, nous n'avons pas pu mettre en évidence une influence du diamètre des arbres. Une analyse de variance ne fait apparaître aucune hétérogénéité ( $F = 2,68$ ;  $ddl = 2,27$  ;  $P > 0,95$ ) dans l'environnement des pièges.

### Influence de la hauteur des pièges.

Tableau 6 : Captures dans les pièges selon la hauteur (1993)

Pièges											Moyenne
Hauteur											
2 m	-	44	168	25	30	59	62	55	17	109	63,22
15 m	-	42	1	49	68	19	21	44	31	-	34,38

Le tableau 6 présente les résultats obtenus dans l'expérience où des pièges entonnoir, en 1993, ont été installés à hauteur d'homme ou à la base des houppiers. Malgré la différence de capture moyenne importante selon les deux hauteurs, ni le test de Smirnov-Kolmogorov ni l'analyse de variance ne mettent en évidence de différence significative ( $F=2,49$ ;  $ddl=1,15$ ;  $P>0,95$ ).

### **Conclusions.**

Les résultats précédemment exposés montrent que le piégeage phéromonal des papillons mâles de la tordeuse verte constitue un outil approprié de la surveillance des papillons. Le protocole choisi au départ se montre bien adapté au but poursuivi. Le fait de disposer de suffisamment de sites de piégeage permet de mettre en évidence des tendances relativement nettes dans l'évolution de la densité des populations de l'insecte.

La défection occasionnelle de certains sites peut ainsi être compensée. Cependant il convient d'avoir un réseau relativement dense de placettes de surveillance. Nous avons pu ainsi constater qu'il existe en Lorraine par exemple, des zones relativement circonscrites géographiquement où la tordeuse verte est actuellement en phase de pullulation ; ce qui n'apparaît pas dans les résultats que nous présentons.

Nous avons pu mettre en évidence que la saturation était un risque réel dans le cas des pièges delta. Mais il n'en demeure pas moins que ce type de piège est, dans l'état actuel de nos connaissances, celui qui convient le mieux dans le cadre de l'étude expérimentale poursuivie. Ils ne sont, malheureusement, pas adaptés, à cause de leur coût de maintenance, à une utilisation pour la surveillance en routine. Le piège entonnoir est certainement beaucoup mieux adapté théoriquement. Mais il est cependant impossible de transposer les résultats obtenus avec des pièges delta aux pièges entonnoir. Il est toutefois tout à fait possible que sur le long terme, on puisse à l'aide de ce dernier piège, mettre en évidence une augmentation de la population jusqu'à la pullulation, car son manque apparent de sensibilité peut être tout à fait compensé par sa facilité d'utilisation. Les canadiens considèrent que ce type de piège convient bien à la surveillance de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Nous manquons totalement de recul pour en récuser l'utilisation. Les études avec ce piège doivent absolument se poursuivre.

Le piège delta apparaît comme donnant des résultats en concordance apparente, avec la densité réelle de la population, malgré l'absence de corrélation avec le nombre des oeufs. Mais le risque d'obtenir des sous-estimations par suite de la saturation de la plaque engluée, rend nécessaire la confirmation de la présence des oeufs sur les rameaux. Il apparaît cependant que quand les captures sont relativement faibles (période la plus longue dans la dynamique de l'insecte) ce travail est inutile : il n'y a pas d'oeufs sur les rameaux. Par ailleurs ce comptage nous a permis de bien prévoir la seule pullulation de l'insecte qui soit apparue dans les zones surveillées depuis le début de l'expérimentation.

Le réseau de piégeage doit reposer sur un maillage relativement dense, si on ne veut pas passer à côté de pullulations de l'insecte relativement circonscrites géographiquement. Les forestiers locaux assurent qu'au nord de Toul (forêt domaniale de la Reine), la défoliation y est relativement constante. On peut, bien sûr, penser que la tordeuse verte n'est pas toujours responsable. Mais depuis que nous surveillons cette zone avec le Département de la Santé des Forêts, on peut assurer que la défoliation constatée est bien due à la tordeuse verte.

Ce réseau de piégeage mis en place en 1982/1983 indique une augmentation des captures en Lorraine et en Alsace. Cette augmentation

des captures s'accompagne bien actuellement, en Lorraine, d'une augmentation du nombre des oeufs pondus sur les rameaux (nous ne disposons pas à l'heure actuelle, des résultats du comptage des oeufs pour l'Alsace). On s'oriente donc peut-être vers une nouvelle pullulation de la tordeuse verte dans ces régions, l'Alsace étant peut-être en avance sur la Lorraine, dans ce processus (les comptages d'oeufs en Alsace pendant l'hiver 1992-1993 étaient déjà en augmentation par rapport à l'année précédente). Mais il est encore trop tôt pour tirer des conclusions définitives : il faut attendre de constater la prochaine gradation.

*Nous tenons à remercier l'Office National des Forêts qui nous a permis de d'implanter ces essais, ainsi que tous les agents de cet établissement qui nous apportent leur concours pour relever les pièges et nous envoyer les résultats.*



# CONSÉQUENCES DE LA DENSITÉ DE PLANTATION EN POPULICULTURE : OBSERVATIONS SUR LE CULTIVAR 'I-214' À PRAYSSAS.

VALADON A., PICORIT C., TERRASSON D.  
Division Amélioration Génétique et Pépinières Forestières  
Nogent-sur-Vernisson

## RÉSUMÉ

Un essai d'espacement de plantation conduit sur 21 ans permet d'apprécier l'impact de diverses densités (123 à 278 tiges/ha) sur la croissance de *Populus x euramericana* cv. 'I-214' en station argileuse dans le sud-ouest de la France (Lot-et-Garonne).

L'effet négatif d'une augmentation de la densité de plantation sur la circonférence apparaît à la treizième année, la précision du dispositif ne permettant pas de détecter des seuils différents selon les espacements testés. La réduction des densités se traduit par une diminution du volume total produit à l'hectare et par une augmentation du volume de l'arbre moyen.

Sur le plan économique, la plantation à plus faible densité maximise le rendement financier du capital investi (TIR) alors que le choix de fortes densités favorise le bénéfice actualisé à l'hectare (BASIo) au prix d'une légère perte sur le taux interne de rentabilité. La recherche de grumes de 1.2 m<sup>3</sup> conduit à maximiser à la fois le TIR et le BASIo. De plus les faibles densités de plantation assurent au propriétaire une plus grande souplesse de gestion en permettant par exemple de différer la date de récolte.

## I- INTRODUCTION

Dans le domaine forestier, la recherche de l'espacement optimum sur les plans techniques et économiques ne peut être considérée comme une caractéristique propre à la populiculture mais concerne de nombreuses essences (WARDLE, 1967). Produire en un minimum de temps le maximum de bois en quantité et en qualité constitue en effet, dans la plupart des cas, l'objectif prioritaire des reboiseurs.

Cependant, dans le cas de plantations de type monoclonal, installées à densité définitive, à durée de rotation courte et à coût unitaire de plants élevé, caractéristiques de la populiculture traditionnelle, le choix de l'espacement revêt une importance toute particulière. La sensibilité à la concurrence du matériel végétal planté, variable d'un clone à l'autre (PANESTOS, 1980) renforce la nécessité d'une prise en compte du facteur densité de plantation pour chaque cultivar. La recherche de cet optimum ne peut ignorer les interactions multiples et fortes cultivars x milieux x sylvicultures, auxquelles s'ajoutent les conditions économiques du moment et celles régnant lors de la mise en marché des produits obtenus (PREVOSTO, 1965).

Il est donc important de disposer, sur une gamme de stations représentatives de la diversité des conditions popuicoles françaises et pour les variétés les plus couramment utilisées, de données permettant de préciser l'influence des espacements de plantation en termes d'itinéraires technico-économiques possibles pour un propriétaire.

Nous nous proposons dans ce document de dresser le bilan d'une expérimentation portant sur le cultivar 'I-214' largement répandu et sur un type de milieu important pour la populiculture actuelle et ses développements futurs dans le sud-ouest de la France.

## II - MÉTHODE

Le dispositif d'espacement de PRAYSSAS (Lot-et-Garonne) a été installé en février 1972 sur une station assez typique de la populiculture pratiquée dans les vallées affluentes de la Garonne. Le sol est profond et présente une texture argilo-limoneuse à limons fins. L'alimentation en eau est permanente mais sans trace d'asphyxie dans les 120 premiers centimètres. Le pH est élevé (8.4) et on note un excès de calcaire actif ainsi qu'un déficit en acide phosphorique et en potasse.

Le matériel végétal était constitué de plants racinés 0+2 catégorie 10-12 de *Populus x euramericana* cv.'I-214', cultivar toujours largement utilisé dans cette région.

Le terrain, ancienne prairie humide, a été labouré en plein avant plantation. Les entretiens ont consisté en un travail du sol à la charrue à disques en deuxième saison de végétation puis un fauchage annuel des adventices de la cinquième à la neuvième année. Deux élagage-défourchages ont été réalisés à quatre et sept ans après plantation.

Le dispositif (annexe n°1) comprend 4 répétitions de 25 tiges chacune. Les espacements de plantation testés varient de façon continue sur les lignes et entre les lignes de plantation, de 6m x 6m à 9m x 9m, soit une surface disponible par arbre de 36 à 81 m<sup>2</sup>.

Tableau n°1 : Espacements de plantation testés

Espacement (densité de tiges /ha))	6m x 6m (278)	6m x 6.5m (256)	6.5m x 6.5m (237)	6m x 7.5m (222)	6.5m x 7.5m (205)
Effectif	4	8	4	8	8
Espacement (densité de tiges /ha))	6m x 8.5m (196)	6m x 9m (185)	6.5m x 8.5 m (181)	7.5m x 7.5m (178)	6.5m x 9m (171)
Effectif	8	8	8	4	8
Espacement (densité de tiges /ha))	7.5m x 8.5m (157)	7.5m x 9m (148)	8.5m x 8.5m (138)	8.5m x 9m (131)	9m x 9m (123)
Effectif	8	8	4	8	4

Ce type de dispositif comporte des effectifs faibles par modalité (espacement) mais un grand nombre de modalités réparties sur toute la plage d'étude. Il ne permet donc pas de comparer strictement les modalités entre elles ni d'observer l'âge à partir duquel la concurrence se manifeste pour un espacement donné. En revanche, on peut établir une relation entre les paramètres mesurés (circonférence annuelle à 1.30 m de chaque tige et hauteur totale à 18 ans) et les densités de plantation en utilisant la méthode des régressions.

L'interprétation des résultats est ainsi basée sur le calcul de courbes de régression circonférence réelle - densité, à partir desquelles on déduit une circonférence calculée à un espacement donné. Les analyses ultérieures et notamment les calculs économiques sont réalisées sur la base de ces circonférences calculées.

Tous les calculs de régression ont été réalisés sur les moyennes par modalité (circonférence, accroissements en circonférence, hauteur totale) et non sur les données individuelles, après vérification de l'égalité des variances de chaque variable étudiée pour les différents niveaux pris par le facteur espacement.

Les indicateurs économiques retenus dans cette analyse sont :

- le taux interne de rentabilité (TIR), taux exact de fonctionnement de l'investissement, et pour lequel dépenses (Di) et recettes (Ri) actualisées s'annulent.

- le bénéfice actualisé à l'année 0 (BASIo) calculé avec un taux d'actualisation (a) fixé à 4 %.

$$\text{BASIo} = \left[ \sum_{i=0}^n \frac{(R_i - D_i)}{(1+a)^i} \right] * (1+a)^n / [(1+a)^n - 1]$$

Le BASIo, dont le calcul suppose le choix préalable d'un taux d'actualisation, permet de comparer l'intérêt économique de plusieurs options sylvicoles dans des situations de coupes rases suivies de replantation à l'identique, cas très fréquent en populiculture.

Ces deux indicateurs apportent ainsi un éclairage différent pour un scénario technique donné (Riou-Nivert et al.1989).

En outre, les charges annuelles fixes incluent uniquement le loyer de la terre, fixé à 400 francs par hectare et par an. L'impôt foncier n'est pas intégré dans ce calcul car les peupleraies y échappent généralement compte-tenu de la durée de leur rotation.

### III - RÉSULTATS

Le démarrage de la plantation a été assez lent les premières années et les fortes attaques de *Marssonina brunnea* ont sensiblement réduit la croissance du peuplement en 1977 et 1978 (6 et 7 saisons de végétation). Les accroissements courants annuels sur la circonférence mesurée à 1.30 m ont ensuite augmenté progressivement (Figure n°1) pour atteindre 10.9 cm en 1984 (13 ans). Ils ont fortement chuté à partir de 1985, atteignant leur minimum absolu en 1990 (19 ans) à la suite des forts déficits de précipitations estivales de 1989 et 1990, respectivement - 27 % et - 20 % par rapport à la moyenne établie sur la période 1972-1982.

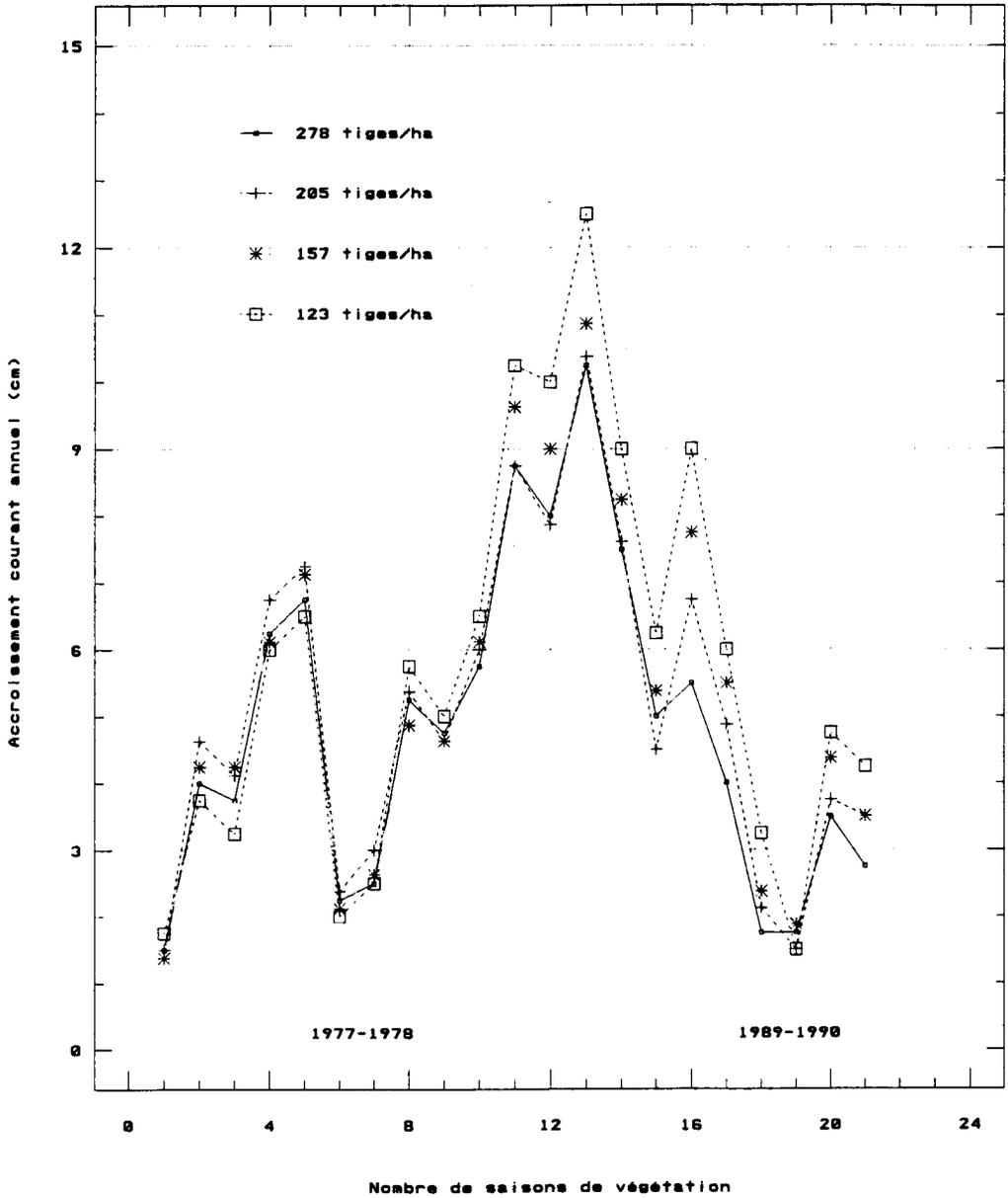


Figure 1 : Accroissement courant annuel en circonférence pour différentes densités.

Sur les 21 années de suivi, la moyenne des accroissements courants annuels sur la circonférence, toutes densités de plantation confondues, s'établit à 5.1 cm ce qui doit être considéré comme modeste pour le clone 'I-214'.

Cinq tiges seulement ont été exclues de l'analyse (annexe n°1), un plant cassé par le vent et ses quatre voisins immédiats qui disposaient alors d'une surface disponible brusquement augmentée.

### 1) Evolution de la concurrence

Nous avons cherché à définir les conditions d'apparition de la concurrence en examinant les relations entre accroissements annuels en circonférence ( $\Delta C$  en cm) et surface disponible par tige à la plantation ( $S$  en  $m^2$ ). A cet effet, nous avons calculé pour chaque année l'équation de régression entre ces variables, sur le modèle linéaire du premier degré suivant :

$$\Delta C = a + b * S.$$

Pendant les 9 premières saisons de végétation, l'ajustement de ce modèle n'est pas significatif au seuil de 5 % alors qu'il devient très significatif ( $p = 5.48 \cdot 10^{-3}$ ) dès la dixième année (tableau n°2) avec un coefficient de corrélation égal à 0.68 ( $p = 0.0055$ ). Ce dernier augmente ensuite progressivement pour atteindre 0.95 la seizième année puis diminue à partir de la dix-septième saison de végétation ( $R = 0.77$  à vingt ans).

Tableau n°2 : Relation accroissement annuel sur la circonférence - espacement, à 10 ans

Analyse de variance					
Source de variation	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F-ratio	Seuil de signification
Régression	1	.721404	.721404	11.05496	.00548
Résiduelle	13	.848330	.065256		
Totale	14	1.569733			

Variable expliquée : c10 -c9 (cm)		Variable explicative : surface/tige ( $m^2$ )		
Variable	Paramètre estimé	Ecart-type	valeur T	Seuil de signification
ORDONNÉE A L'ORIGINE	4.9235	0.291229	16.906	$3.1297 \cdot 10^{-10}$
PENTE	0.01670	$5.02352 \cdot 10^{-3}$	3.3249	$5.47907 \cdot 10^{-3}$

c10 : circonférence à 1.30m après 10 saisons de végétation  
Coefficient de corrélation :  $R = 0.6779$  ( $R^2 = 45.96\%$ )

Dans les conditions de milieu et de sylviculture de cet essai, l'effet de la densité de plantation sur les accroissements annuels en circonférence apparait donc à 10 ans alors que la circonférence moyenne des tiges de 'I-214' ne dépasse pas 54 cm.

La faible sensibilité de ce type de dispositif ne permet pas de mettre en évidence des seuils distincts d'apparition de la concurrence en fonction de l'espacement et celle-ci semble alors influencer de manière uniforme sur l'ensemble des densités testées. Toutefois, l'examen des courbes d'évolution de la circonférence moyenne en fonction de l'âge pour différents espacements (figure n°2) montre que les circonférences moyennes à 9 m x 9 m et 8 m x 8 m dépassent la valeur obtenue à 7 m x 7 m respectivement à 12 et 14 ans avec un écart ensuite croissant par rapport aux autres modalités. Cet écart se stabilise à partir de 18 ans. A une phase de croissance libre semble donc succéder l'apparition progressive de la concurrence pour les densités les plus fortes puis pour toutes les modalités. Il ne faut toutefois pas négliger l'effet de stress des sécheresses estivales de 1989 et 1990 qui ont perturbé la croissance à partir de la dix-huitième année.

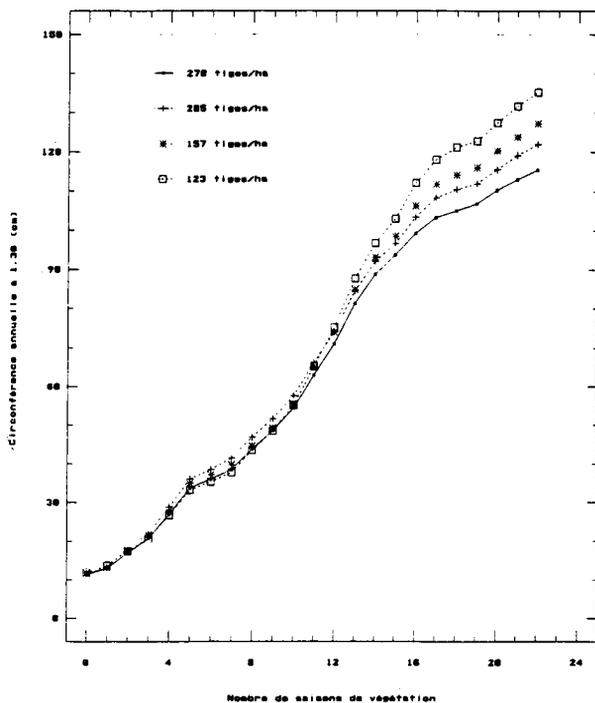


Figure 2 : Circonférence moyenne annuelle mesurée pour différentes densités.

L'application d'un modèle linéaire de régression de type :  $C = a + b \cdot S$ , montre que l'effet du facteur espacement sur la circonférence annuelle devient significatif à partir de la treizième année de végétation ( $p = 0.01$ ) avec un coefficient de corrélation égal à 0.64. Celui-ci augmente régulièrement pour atteindre 0.87 à 21 ans. La figure n°3a illustre l'évolution de la circonférence calculée en fonction de l'espacement si on applique ce modèle.

Ainsi, à 15 ans et pour une circonférence moyenne mesurée de 94.5 cm sur ce site, le gain théorique estimé sur la circonférence est de 9.8 % lorsque la surface disponible par arbre augmente de 36 m<sup>2</sup> à 81 m<sup>2</sup>. Ce gain atteint, pour ces mêmes densités extrêmes, 17.6 % à 21 ans pour une circonférence moyenne observée de 118.2 cm.

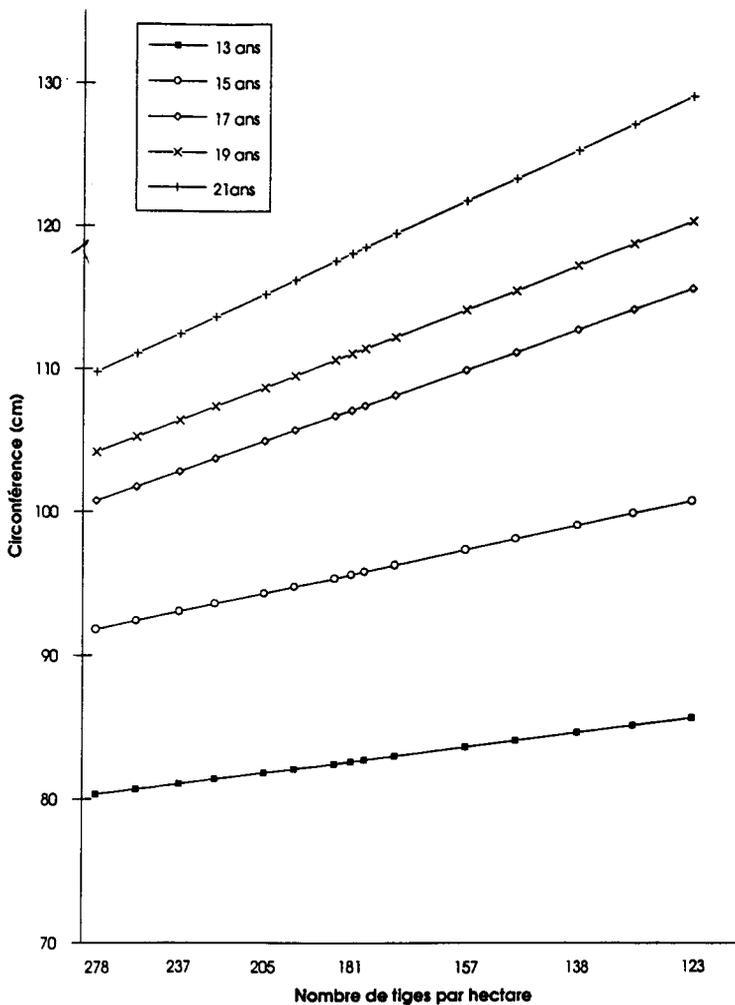


Figure 3a : Évolution de la circonférence selon la densité de plantation.

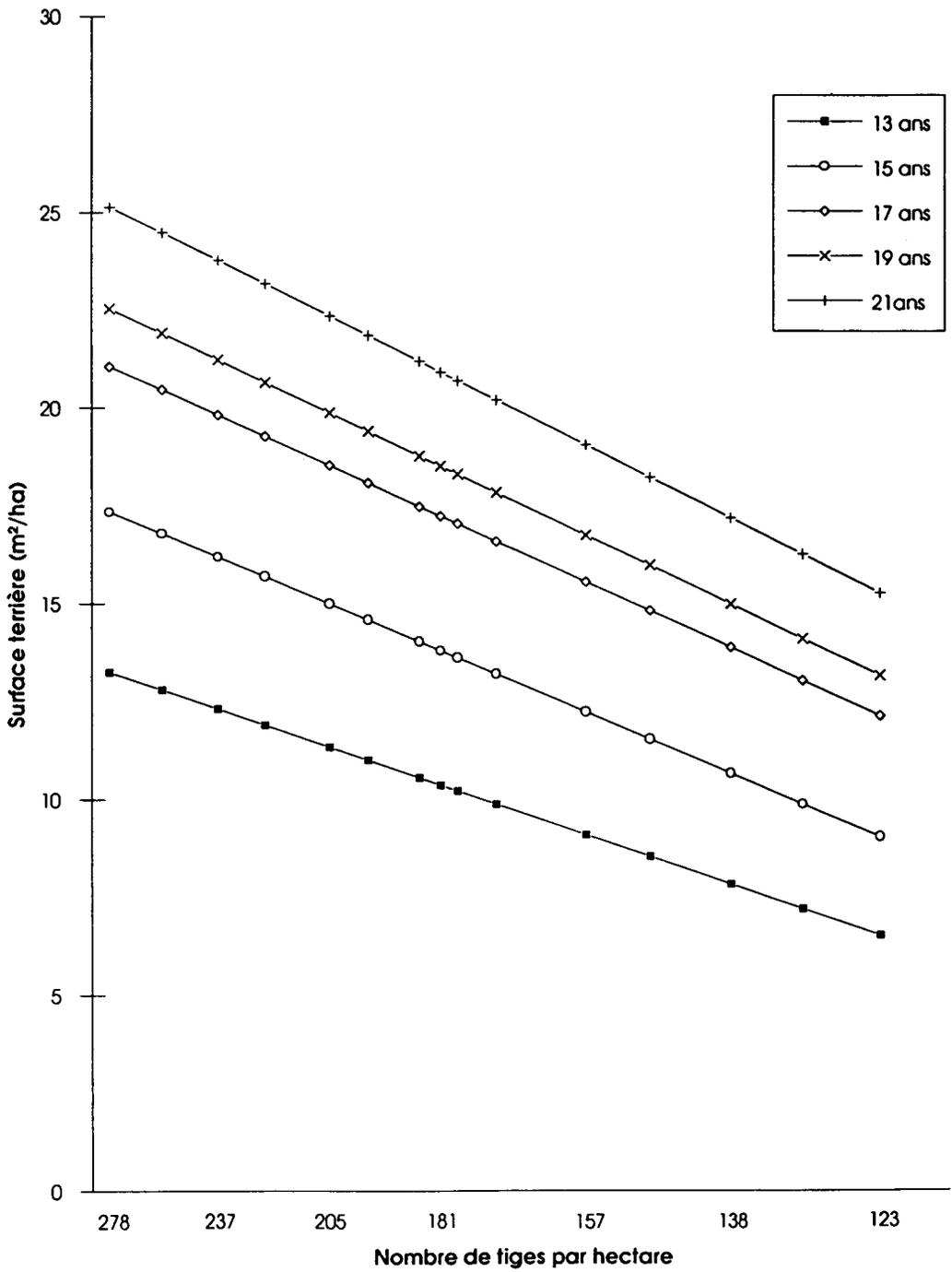


Figure 3b : Évolution de la surface terrière par hectare selon la densité de plantation.

## 2) Effets sur la production

La production peut être estimée grâce à la surface terrière par hectare. L'étude des relations entre ce critère et la densité de tiges montre qu'à un âge donné, un modèle linéaire du premier degré, du type :  $G/ha = a + b * (Nb \text{ tiges}/ha)$  est très significatif ( $p < 10^{-4}$ ) quelque soit la saison de végétation. Les coefficients de corrélation sont toujours supérieurs à 0.92.

On peut alors en déduire des gains de production à l'hectare, exprimés en mètres carrés de surface terrière, ce qu'illustrent de différentes manières le tableau n°3 et la figure n°3b .

Tableau n°3 : Influence de la densité de plantation sur la surface terrière à l'hectare

Nombre de saisons de végétation	Densité de tiges/ha (espacement)	Surface terrière calculée/ha (m <sup>2</sup> )	Comparaison à référence 7m x 7m (en %)
10	124 (9m x 9m)	2.94	61.5
	156 (8m x 8m)	3.68	77.0
	<b>204 (7m x 7m)</b>	<b>4.78</b>	<b>100</b>
	278 (6m x 6m)	6.48	135.5
15	124 (9m x 9m)	9.97	69.0
	156 (8m x 8m)	11.76	81.4
	<b>204 (7m x 7m)</b>	<b>14.45</b>	<b>100</b>
	278 (6m x 6m)	18.59	128.6
20	124 (9m x 9m)	15.79	73.8
	156 (8m x 8m)	18.03	84.3
	<b>204 (7m x 7m)</b>	<b>21.39</b>	<b>100</b>
	278 (6m x 6m)	26.57	124.2

Dans les conditions de fertilité et de sylviculture de cet essai, la surface terrière /ha calculée à l'espacement de 6m x 6m est ainsi pratiquement le double de celle obtenue en plantant à 9 m x 9 m, et ce à l'âge de 15 ans.

En l'absence de mesures de hauteur à différents âges, il n'est pas possible de mettre en évidence une éventuelle date seuil d'apparition de la concurrence pour ce critère. On notera cependant qu'à 18 ans, l'ajustement du modèle linéaire :  $H = 29.36 + 0.028 * S$

(H hauteur totale, S surface disponible par tige) est significatif au seuil de 2 % mais avec un coefficient de corrélation positif mais faible ( $R = 0.58$ ) et une amplitude de variation des hauteurs également faible (H min. = 29 m; H max. = 31.6m).

### 3) Conséquences économiques

La simulation de différents cas suppose la connaissance d'une part des coûts d'installation et de suivi sylvicole pratiqués et d'autre part celle du prix du mètre cube de bois en fonction du volume unitaire des tiges. Si les premiers sont clairement établis dans cet exemple (tableau n°4), il existe en revanche très peu de données concernant le dernier point. En effet les courbes de variation prix-volume varient en fonction de la qualité des bois (peu de variation pour les qualités inférieures), des utilisations possibles (sciage, déroulage), voire du parc industriel des acheteurs. Des évolutions dans le temps sont en outre possibles et difficilement prévisibles par le populteur au moment de la plantation.

Nous avons choisi dans cet article de retenir les données fournies par l'UNICOF pour l'année 1991 (communication personnelle P. Lécureuil) en région Centre et déjà citées dans le rapport de la France pour la XIX<sup>e</sup> session de la Commission Internationale du Peuplier (tableau n°5).

Tableau n°4 : Coût des travaux à l'hectare, hors taxe en francs 1992.

Année	Nature des travaux	Total des dépenses/année (F. HT)
0	labour en plein à la charrue à soc + passage cover-crop	1500
1	fourniture et plantation de N tiges/ha	40 * N
3	labour en plein à la charrue à disques	600
4	élagage et défouillage	4 * N
5	girobroyage en plein	500
6	girobroyage en plein	500
7	girobroyage en plein + élagage et défouillage	500 + (9 * N)
8	girobroyage en plein	500
9	girobroyage en plein	500

NB : N = nombre de tiges plantées à l'hectare

Tableau n°5 : Prix du mètre cube en fonction du volume unitaire (F./m<sup>3</sup>)  
Clone 'I-214'

Volume unitaire	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2
Prix du m <sup>3</sup>	215	246	276	292	307	315

Source : UNICOF 1991 (P. Lécureuil, com. personnelle)

Sous ces hypothèses, on constate que le taux interne de rentabilité, calculé à partir de la treizième année correspondant à la fin de la période de croissance libre, atteint son maximum à 21 ans pour tous les espacements testés (Figure n°4). On notera l'inversion complète du classement des densités entre 15 et 17 ans puis sa stabilité, les valeurs les plus fortes du TIR étant obtenues aux plus faibles densités. A l'inverse, l'indice BASIo est favorisé par les fortes densités (Figure n°5) et ne plafonne pas encore à 21 ans malgré un ralentissement marqué à partir de la dix-septième année.

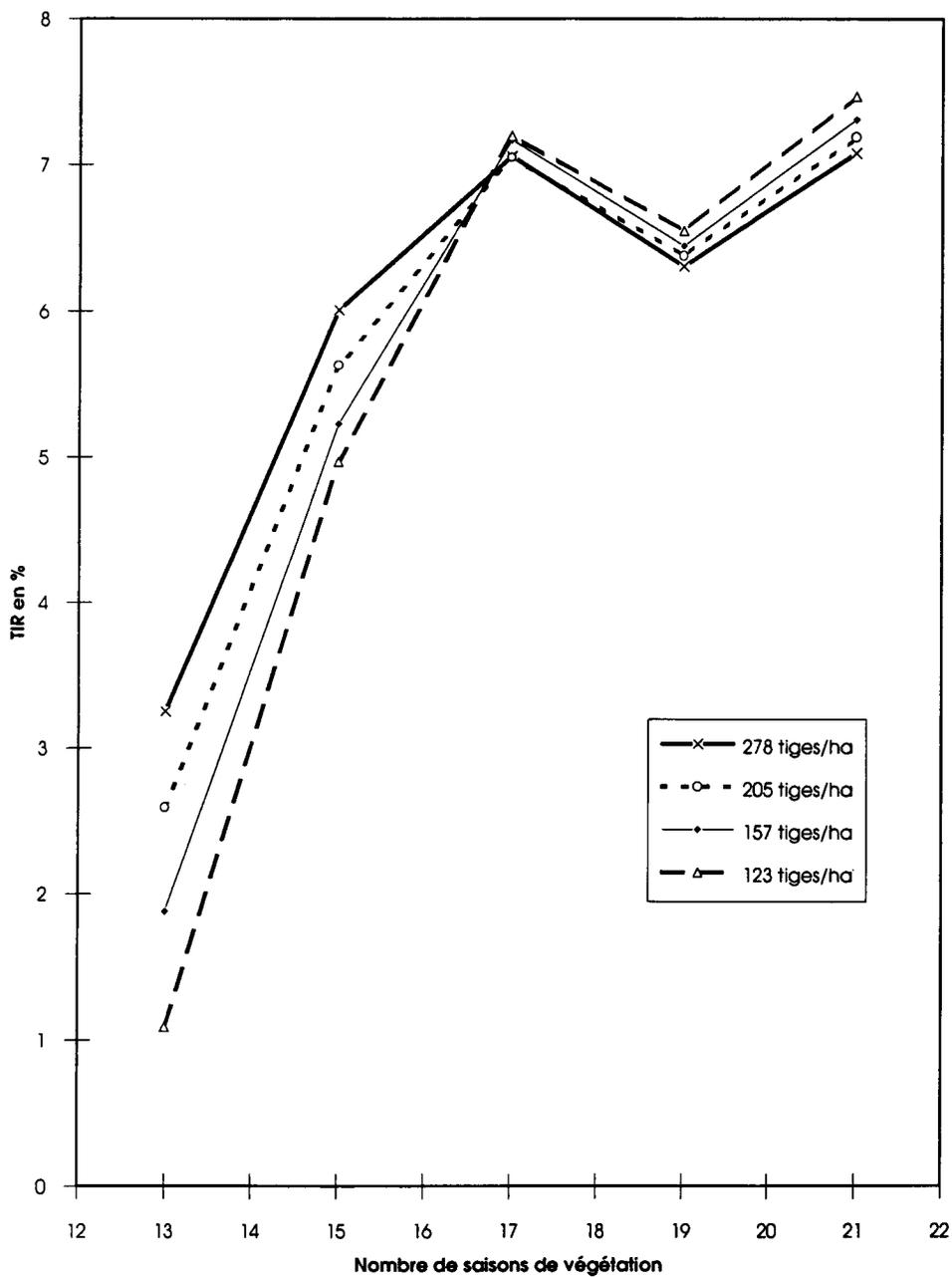


Figure 4 : Évolution du taux interne de rentabilité en fonction de l'âge du peuplement.

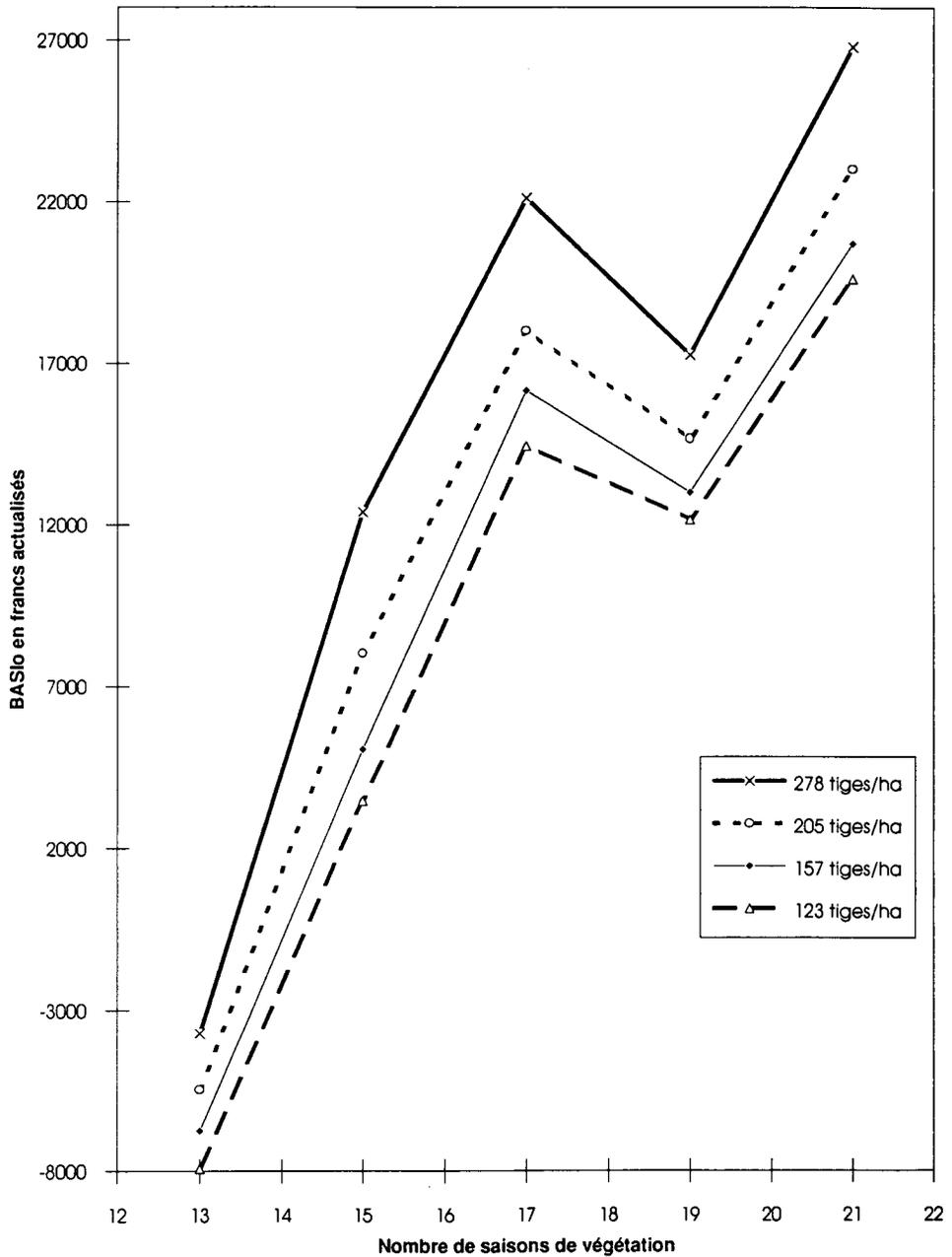


Figure 5 : Évolution du bénéfice actualisé à l'hectare en fonction de l'âge du peuplement.

La chute brutale de ces indicateurs à 19 ans correspond au minimum d'accroissement courant en circonférence (voir Fig.n°1) dû au stress hydrique survenu en 1989 et 1990. La baisse du TIR est légèrement plus marquée pour les grands espacements alors que le BASIo est plus affecté aux fortes densités.

Sur ce site et avec la sylviculture pratiquée, l'espacement de 7m x 7m apparaît comme une valeur seuil pour la recherche d'une tige de volume donné  $V_u$  (tarifs de cubages P. Chaudé 14 à 16 ). En effet, l'évolution du TIR et du BASIo (Figures n°6a-6b) montre qu'un arbre de  $1.2 \text{ m}^3$  de volume moyen peut être obtenu en 19 ans à 204 tiges/ha avec un TIR maximum alors que le BASIo augmente moins rapidement pour des densités de plantation plus élevées. A l'opposé, la production de petites grumes de  $0.8 \text{ m}^3$  est envisageable à 204 tiges/ha (à 14 ans) comme à 278 tiges/ha (à 15 ans), avec des TIR très proches même si le bénéfice actualisé est favorisé par la densité la plus forte. Un volume unitaire de  $1.5 \text{ m}^3$  n'étant atteint dans les conditions de l'expérience qu'aux plus faibles densités, cet objectif de production bien que le plus fréquent n'a pu être analysé ici.

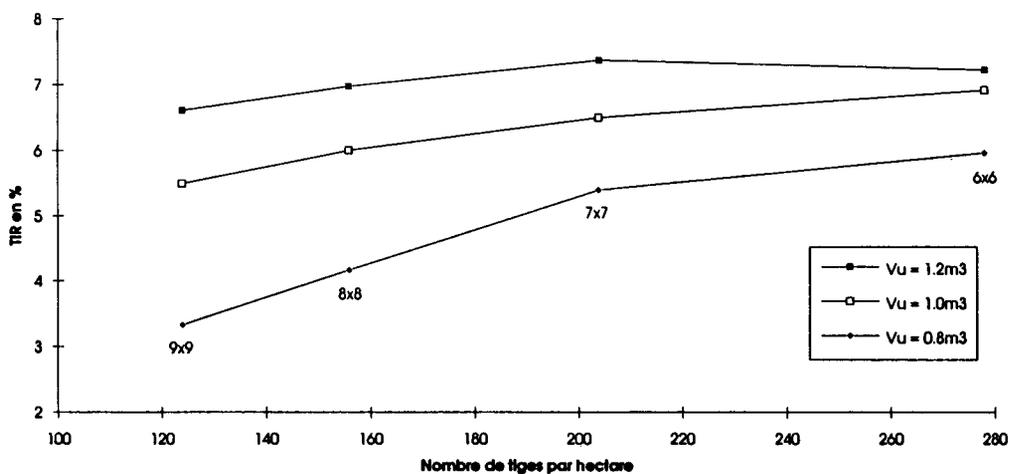


Figure 6a : Évolution du tir selon la densité de plantation et l'objectif de production.

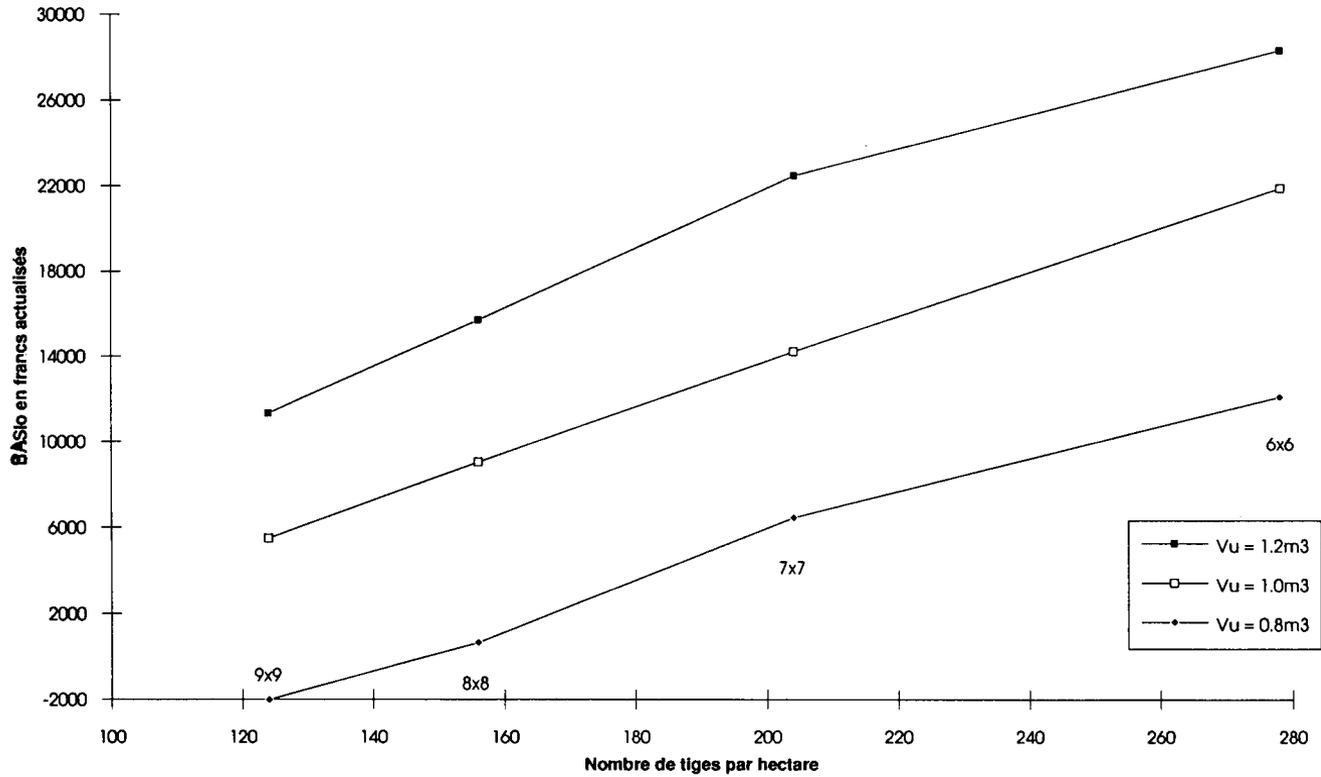


Figure 6b : Évolution du bénéfice actualisé à l'hectare selon la densité de plantation et l'objectif de production.

#### IV DISCUSSION ET CONCLUSION

La croissance du peuplier dans l'essai de PRAYSSAS a été perturbée par deux évènements majeurs qui affectent la validité des résultats : une forte attaque juvénile de *Marssonina brunnea* et les sécheresses exceptionnelles des années 1990. Nous avons considéré que ces évènements ralentissaient la production mais que leur effet sur la croissance était indépendant de la densité ce qui constitue indéniablement une hypothèse réductrice notamment pour ce qui concerne la sécheresse. Il faut donc interpréter les résultats de cet essai avec une certaine prudence. On notera cependant que toute peupleraie est soumise à une succession d'accidents climatiques et pathologiques plus ou moins sévères et que d'autre part les croissances effectivement constatées sont proches de celles rencontrées dans nombre de plantations. Il n'est donc pas aberrant d'utiliser les résultats de cet essai pour analyser l'impact économique de la densité initiale de plantation.

Plantation de I.214 à 6 m X 6 m



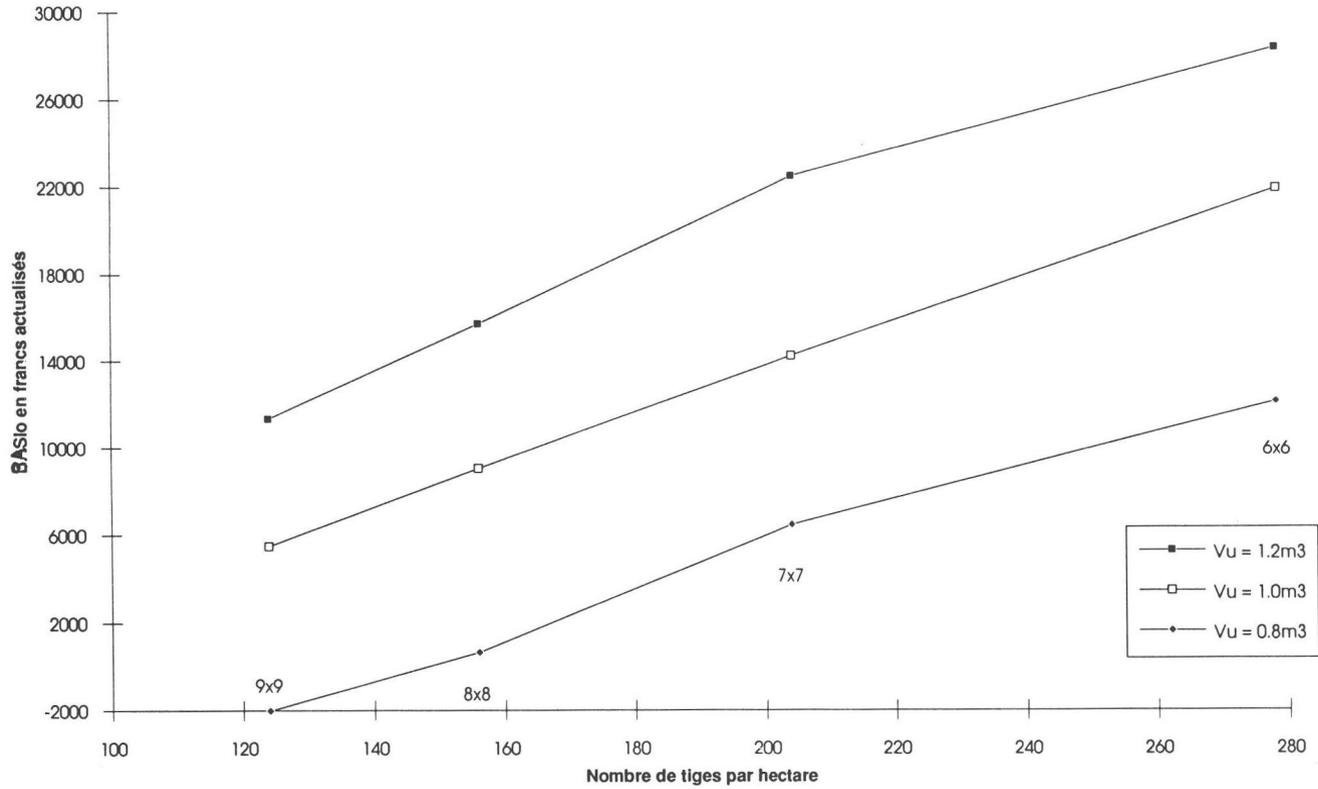


Figure 6b : Évolution du bénéfice actualisé à l'hectare selon la densité de plantation et l'objectif de production.

On note par ailleurs que ces résultats diffèrent peu de ceux obtenus dans des expérimentations de même type. PADRO et HERNANDEZ LEON (1983) signalent ainsi, sur 'I-214' également, qu'aucun effet sur la circonférence n'a pu être mis en évidence à 12 ans pour des espacements variant de 5 m x 5 m à 7 m x 7 m. Le faible effet de la densité sur la hauteur totale observé à PRAYSSAS, est à rapprocher des résultats très similaires obtenus à 9 ans par FABER (1977) sur *Populus x euramericana* cv. 'Dorskamp' pour des espacements de 4 m x 4 m à 8 m x 8 m.

Dans la gamme d'espacements testés, la circonférence de l'arbre moyen augmente avec l'espacement alors que la surface terrière produite à l'hectare augmente avec la densité de tiges plantées. A la production d'un petit nombre de tiges à fort volume unitaire s'oppose donc une production totale à l'hectare plus élevée mais avec des tiges de moindre dimension, selon que l'on choisit des espacements de type 9 m x 9 m ou 6 m x 6 m.

Ce constat assez général (EVRARD et al.1985, TARIS 1986) fait abstraction des contextes économiques (coûts de travaux, marché du bois). Dans le cas du dispositif de PRAYSSAS, l'évolution du taux interne de rentabilité et du bénéfice actualisé en fonction des densités de plantation, dans le cadre d'une relation prix - volume unitaire donnée, illustre deux stratégies possibles pour un reboiseur :

- maximiser le rendement financier du capital investi en plantation en recherchant un taux interne de rentabilité élevé, ce qui conduit à planter à large espacement (9 m x 9 m). La réduction de la durée de rotation et un marché plutôt favorable aux grumes de dimensions moyennes à fortes expliquent ce phénomène.

- maximiser le bénéfice à l'hectare planté en choisissant alors des densités élevées (>250 tiges/ha.), au prix d'une perte de rentabilité d'environ 0.5 point sur la rémunération de l'investissement.

Par ailleurs, dans les conditions de cette expérience et avec l'échelle de prix choisie, si l'objectif du propriétaire est de récolter des grumes de dimension donnée pour un débouché commercial précis, on a vu que la production de grumes de 1.2 m<sup>3</sup> donne les meilleurs résultats financiers, tant pour le taux interne de rentabilité que pour le bénéfice actualisé. L'intérêt économique de la production de plus petites grumes ne paraît donc pas assuré.

Les plantations à faible densité offrent également au propriétaire la possibilité de réagir à une conjoncture économique défavorable, en différant l'exploitation par exemple. En effet, la stabilisation du TIR pour des volumes unitaires produits de 1m<sup>3</sup> ou 1.2 m<sup>3</sup>, constatée dans le cas

de plantations à 6 m x 6 m, montre que le propriétaire ne dispose alors plus de marge de manoeuvre.

Enfin, la recherche d'une réduction de la durée de rotation et d'un rendement financier maximum peut diminuer le niveau du facteur risques (sécheresse, tempête, attaques parasitaires,...), dans des proportions certes non chiffrables mais réelles.

Malgré les résultats présentés ici, il convient de rappeler que cette expérimentation a été fortement perturbée par des attaques de *Marssonina brunnea* et les déficits hydriques importants de deux années, accidents dont la probabilité n'est toutefois pas négligeable dans cette région. Ceux-ci ont ralenti la croissance et perturbent donc l'analyse économique. Il conviendra donc d'éviter toute généralisation des résultats présentés et de considérer qu'ils sont valides uniquement dans cette expérience et sous les contraintes diverses subies. De plus des hypothèses réductrices ont été faites pour l'étude économique (taux d'actualisation, absence de charges fixes autres que le loyer de la terre). L'exploitation de cette expérience présente néanmoins de l'intérêt car peu de références sont actuellement disponibles. La sylviculture pratiquée et le niveau de croissance observé sur ce site se rapprochent de ceux constatés sur des stations difficiles. Ces résultats ne sont donc pas transposables à une populiculture intensive.

Enfin il faut souligner l'absence de données relatives à la qualité du bois produit à différentes densités : l'apparition de la concurrence entre tiges s'exprimant à des âges et des circonférences variables selon les espacements est en effet susceptible d'induire la formation de bois de moindre qualité. La prise en compte de ce facteur, loin d'être négligeable dans la formation du prix du mètre cube, permettrait d'affiner l'analyse de tels dispositifs expérimentaux.

Remerciements : les auteurs remercient les personnels du service forestier de la D.D.A.F du Lot-et-Garonne pour leur aide dans le suivi et les mensurations de ce dispositif.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**BONDUELLE P., SUTTER BARROT E., 1992**

Vers de nouvelles sylvicultures du peuplier en futaie.  
Informations-Forêt, n°3, fasc.439-440, pp.253-288

**EVARD R., BARY-LENGER A., KIMUS J., GATHY P., 1983**

Le choix de l'écartement de plantation en populiculture. Exemple pris en Belgique sur peuplier Robusta.

Bull. Soc. Roy. For. de Belgique, 90-5, pp.271-280

**FABER, P.J., 1977**

Onderzoek naar de ruimte-behoefte van de Populus 'Dorskamp' in Oostelijk Flevoland.  
Populier 14 (2), pp. 31-38

**PADRO A. , HERNANDEZ LEON M., 1983**

Dualidad turno-espaciamento en choperas. Estudio de un caso concreto.  
An. INIA/Ser. Forestal/N.7, pp.83-97

**PANETSOS C. (K) P., 1980**

Selection of New Poplar clones under various Spacings  
Silvae Genetica, vol.29, n°3-4, pp.130-135

**PREVOSTO M., 1965**

L'accrescimento del pioppo euramericano I-214 nei diversi ambienti della pianura lombardo-piemontese in relazione alla spaziatura e al turno.  
Pubblicazioni dell'Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta

**PREVOSTO M., 1967**

Risultati tecnici ed economici di alcuni pioppeti di differente spaziatura in relazione alle variazioni nei prezzi del legname verificatesi tra il 1962 e il 1966.  
Cellulosa e Carta, N°2, pp.27-42

**RIOU-NIVERT P., TOURRET V., 1989**

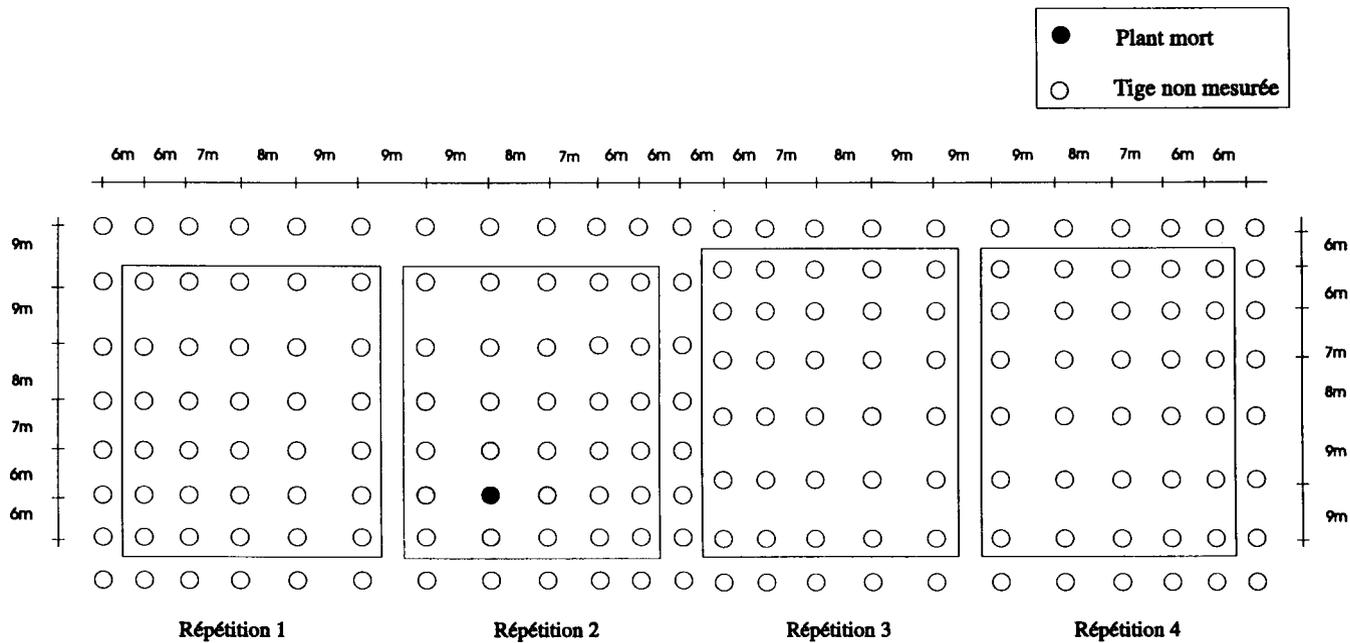
Les calculs économiques en forêt : s'en servir, s'en méfier.  
Forêt Entreprise n°61, pp.12-56

**TARIS, B., 1986**

Influence de l'écartement sur la production de bois de peuplier du cultivar 'I-214' dans la vallée de la Garonne.  
FAO/IPC/MAL, 10p.

**WARDLE P.A., 1967**

Spacings in Plantations. A Management Investigation.  
Forestry, vol.XL n°1, pp.47-69



Annexe 1 : Essai de densité de plantation de Prayssas (47).  
Clone 'I-214' - Plantation printemps 1972.

**ANALYSES FLORISTIQUES  
ET INVENTAIRES DE GAGNAGES  
EN FORET DOMANIALE DE TRONCAIS (ALLIER - FRANCE)**

**GUIBERT B., BALLON P., DENIS M.**  
Division "Espaces Naturels et Faune Sauvage"  
Nogent sur Vernisson

**RESUME**

Un inventaire de gagnages a été mis en oeuvre en mars 1992 sur l'ensemble de la forêt domaniale de Tronçais (03), ainsi que ses bordures forestières privées. Les résultats permettent de décrire de façon détaillée les relations flore / cervidés.

Il ressort que le massif apparaît comme globalement peu accueillant pour les cervidés, et que seules une quinzaine d'espèces sont régulièrement consommées par les animaux en période hivernale. De plus, la pression d'abrutissement, ainsi que l'indice floristique indiquent que la situation au cours de l'hiver 91-92 est proche de l'équilibre forêt / gibier, ce qui est probablement lié à la présence en périphérie du massif d'une quantité importante d'herbages permanents régulièrement visités par les animaux. Enfin, l'étude fine des résultats montre clairement que la qualité et la quantité de nourriture disponible sont très dépendantes du peuplement forestier qui la domine (âge, surface terrière, ...).

Au-delà du cas particulier du massif de Tronçais, ce travail illustre l'utilisation qui peut être faite de l'inventaire de gagnages dans l'étude des relations flore / cervidés.

**PREAMBULE**

La présente étude est extraite de "Diagnostic sur les relations entre le cerf élaphe et son habitat en forêt domaniale de Tronçais; propositions de gestion sylvicole et cynégétique", document réalisé en 1992/93 à la demande et avec la participation financière de la Direction Régionale "Auvergne" de l'Office National des Forêts, qui a bien voulu donner son accord à la présente publication.

## **INTRODUCTION**

Le massif de Tronçais d'une superficie d'environ 10 500 ha abrite une population importante de cerfs qui cohabite avec quelques chevreuils. A l'occasion des opérations de renouvellement de la futaie de chênes les atteintes des cervidés sur la flore se transforment régulièrement en dégâts sur le plan économique, engendrant par la même des conflits d'intérêts entre les "utilisateurs" du massif (forestiers, chasseurs, association de protection de la nature, agriculteurs riverains, ...). Cette étude montre comment une approche, certes "réductrice", du problème, a pu être initiée par la mise en oeuvre d'une analyse floristique et d'un inventaire de gagnages, et permettre de mieux préciser l'état des relations existantes entre la faune et la flore au cours de l'hiver 92/93.

### **1 - OBJECTIFS, METHODOLOGIE, PRINCIPES**

#### 1.1 - Objectifs

Les objectifs de l'inventaire de gagnages mis en oeuvre sur le massif de Tronçais sont multiples:

- acquérir à l'échelle du massif une connaissance de l'état de la végétation accessible aux cervidés tant du point de vue quantitatif que qualitatif,
- apprécier l'utilisation par les animaux de la végétation disponible et mettre notamment en évidence les plantes importantes de leur bol alimentaire hivernal,
- déterminer s'il y a des relations fiables entre la qualité et la quantité de végétation disponible et certains critères descriptifs du milieu (peuplement, topographie, sol, groupement végétal, ...),
- étudier l'impact des animaux sur la végétation forestière hivernale,
- rechercher dans la consommation des espèces du cortège floristique disponible des signes révélateurs d'un déséquilibre forêt-gibier dans le massif inventorié,
- enfin, évaluer si l'utilisation de l'espace par les animaux semble homogène ou au contraire révèle d'importantes disparités locales.

Les nombreux objectifs rappelés ci-dessus conditionnent dans une large mesure la méthodologie utilisée.

#### 1.2 - Méthodologie

La méthodologie utilisée pour les inventaires de gagnage est dérivée de la méthode d'Aldous (ALDOUS - 1944, DENIS - 1988).

Celle-ci, basée sur un sondage statistique, consiste à relever sur des placettes circulaires de 40 m<sup>2</sup>, implantées suivant une grille systématique à maille carrée, le taux de recouvrement des espèces présentes, ainsi que leur degré d'abroustissement. La maille retenue pour l'inventaire a été fixée à 500 m, soit une placette pour 25 ha, ce qui correspond sensiblement à une placette par parcelle. Dans ces conditions, compte tenu de la relative homogénéité des parcelles de la forêt de Tronçais (futaie régulière), l'échantillonnage adopté permet d'obtenir des résultats soit par canton, soit par classe d'âge.

Sur chacune des placettes, l'observateur identifie toutes les espèces accessibles aux cervidés (c'est-à-dire celles qui présentent des parties vivantes consommables à moins de 1,80 m de hauteur). Chaque espèce est alors affectée d'un taux de recouvrement et d'un taux d'abroustissement exprimés en classes (annexe 1)

D'autre part, l'environnement global de la placette est apprécié au travers de quelques observations faites sur le peuplement forestier qui la domine (estimation de la surface terrière et de la hauteur dominante de la futaie). Enfin lorsque la placette est située dans une parcelle qui a été décrite lors de la phase de description des peuplements, réalisée antérieurement à cet inventaire par les personnels de l'Office National des Forêts, la référence au type de peuplement décrit est précisée. Cela a permis ultérieurement de bénéficier d'une description fine de l'environnement de la placette d'inventaire (peuplement dominant, sous-étage, topographie, sol, régime hydrique, groupement végétal, station forestière,...).

Pour apprécier les disponibilités alimentaires du massif, ainsi que les prélèvements des cervidés pendant l'hiver, traditionnellement considéré comme une saison critique pour les animaux, l'inventaire a été réalisé juste avant le débourrement de la végétation au cours du mois de mars 1992.

### 1.3 - Principe des calculs

A l'issue d'un inventaire de gagnages, le traitement informatique fournit des données à la fois pour chacune des espèces végétales rencontrées, pour chacune des placettes inventoriées, et enfin pour l'ensemble du massif ou pour des regroupements de placettes. Les variables utilisées apparaissent dans le tableau récapitulatif joint en annexe 1

### 1.4 - Observations

- La potentialité alimentaire d'une placette (POTj) exprime la richesse en période hivernale de la placette vis à vis des espèces les plus importantes du bol alimentaire.

- L'abrouissement moyen des espèces non herbacées d'une placette (AMOYj), renseigne sur l'utilisation de la placette par les animaux. Dans son calcul, l'abrouissement moyen **exclut les herbacées**, en raison du caractère trop subjectif de la lecture de l'abrouissement sur ces espèces. Il est en effet impossible d'affirmer que l'abrouissement lu sur une espèce herbacée est bien le fait d'un cervidé, alors que le problème ne se rencontre pas avec les espèces lignifiées. Dans le cas du massif de Tronçais, les cinq espèces les plus importantes du bol alimentaire sont : *Rubus sp.*, *Ilex aquifolium*, *Quercus sp.*, *Carpinus betulus* et *Rhamnus frangula*

- En ne retenant dans le calcul de la pression moyenne d'abrouissement des espèces non herbacées d'une placette (PMOYj), que les espèces qui sont effectivement consommées sur la placette, cette variable permet de mieux rendre compte de la pression réelle d'abrouissement des cervidés sur la flore en excluant du calcul les espèces présentes mais localement non consommées.

- L'abrouissement moyen sur les espèces du cortège floristique restreint d'une placette (AMCRj) et la pression moyenne sur les espèces du cortège floristique restreint d'une placette (PMCRj), sont calculés de façon identique aux deux variables précédentes, mais au lieu de s'intéresser aux 5 espèces les plus importantes, on les calcule à partir du cortège floristique restreint constitué des espèces lignifiées dont la fréquence de présence est supérieure ou égale à 10 % et la fréquence de consommation significative est supérieure ou égale à 5 %. Ce cortège regroupe donc les espèces du massif qui sont simultanément suffisamment présentes et régulièrement consommées de façon significative par les animaux. Dans le cas du massif de Tronçais, le cortège floristique restreint est composé de : *Rubus sp.*, *Quercus sp.*, *Ilex aquifolium*, *Lonicera periclymenum* et *Carpinus betulus*.

- L'indice floristique (IF), correspond à la fréquence de consommation significative (c'est-à-dire avec un taux d'abrouissement supérieur à 5 % - classes B,C,D,E) de l'ensemble des espèces du cortège floristique restreint. C'est un indicateur de l'équilibre forêt/gibier : une valeur faible traduit une situation où la végétation est "sous-exploitée" par les animaux (l'effectif de cervidés présent est donc inférieur à la capacité d'accueil du milieu), une valeur forte traduit au contraire un déséquilibre faune/flore avec une végétation "surexploitée" et une charge supérieure à la capacité d'accueil.

## 1.5 - Secteur inventorié et réalisation de l'étude

L'un des objectifs étant d'apprécier l'impact des cervidés sur la végétation forestière hivernale disponible, il convenait de réaliser des placettes **sur l'ensemble** de l'unité forestière parcourue par le cerf et le chevreuil. L'inventaire a donc couvert l'ensemble de la forêt domaniale de Tronçais (407 placettes) et, après accord préalable des principaux propriétaires forestiers riverains, les bordures forestières privées immédiatement contiguës à la forêt domaniale (34 placettes). Au total, 441 placettes ont été étudiées, ce qui correspond à une surface forestière approximative de 11 000 ha.

## **2 - RESULTATS DE L'INVENTAIRE DE GAGNAGES**

### 2.1 - Analyse des résultats relatifs aux espèces

Les résultats de l'inventaire ont montré que sur les 441 placettes, 78 espèces différentes sont accessibles aux cervidés. Cependant, un bon nombre d'entre elles ne jouent pas un grand rôle dans la relation faune/flore, soit parce qu'elles sont trop peu présentes, soit parce qu'elles ne sont que très rarement consommées. En effet, si l'on ne retient que celles qui ont une fréquence de présence supérieure ou égale à 5 % (c'est-à-dire que l'on rencontre au moins dans une placette sur 20) et une fréquence de consommation non nulle, on obtient un cortège de seulement 15 plantes regroupées ci-après :

Tableau 1 : Résultats pour les principales espèces présentes dans le massif de Tronçais

Espèces	Di	Qi	Bi	Ci	Ai	FPI	FCi	FCSi
<b>Carpinus betulus (*)</b>	<b>1.16</b>	<b>5.62</b>	<b>5.79</b>	<b>6.73</b>	<b>3.31</b>	<b>34.69</b>	<b>65.36</b>	<b>34.64</b>
Fagus sylvatica	3.34	16.14	0.37	1.24	0.61	61.00	15.99	4.46
<b>Quercus sp. (*)</b>	<b>2.05</b>	<b>9.92</b>	<b>4.06</b>	<b>8.35</b>	<b>4.10</b>	<b>52.61</b>	<b>31.47</b>	<b>19.83</b>
Hedera helix	0.70	3.36	0.07	0.05	0.02	59.18	1.53	0.38
<b>Ilex aquifolium (*)</b>	<b>3.46</b>	<b>16.73</b>	<b>5.77</b>	<b>19.99</b>	<b>9.83</b>	<b>52.61</b>	<b>62.07</b>	<b>30.60</b>
<b>Lonicera periclymenum (*)</b>	<b>0.50</b>	<b>2.40</b>	<b>2.19</b>	<b>1.09</b>	<b>0.54</b>	<b>44.22</b>	<b>42.05</b>	<b>5.13</b>
Rhamnus frangula	0.09	0.45	21.24	1.98	0.97	7.03	80.65	67.74
<b>Rubus sp. (*)</b>	<b>4.92</b>	<b>23.76</b>	<b>31.18</b>	<b>153.45</b>	<b>75.44</b>	<b>66.89</b>	<b>83.39</b>	<b>68.14</b>
Ruscus aculeatus	0.15	0.71	2.78	0.41	0.20	8.39	40.54	18.92
Sarothamnus scoparius	0.69	3.32	2.18	1.50	0.74	8.62	52.63	28.95
Deschampsia caespitosa	0.16	0.76	1.06	0.17	0.08	12.47	16.36	7.27
Deschampsia flexuosa	0.25	1.19	3.50	0.87	0.43	12.93	56.14	24.56
Holcus sp.	0.46	2.24	1.18	0.55	0.27	17.01	24.00	9.33
Juncus sp.	0.08	0.38	4.06	0.32	0.16	6.12	18.52	11.11
Teucrium scorodonia	0.13	0.62	10.93	1.41	0.69	8.84	61.54	46.15

(\*) : Espèces appartenant au cortège floristique restreint

### *2.1.1 - Examen du recouvrement moyen (Di) et de la représentativité des espèces dans le cortège floristique (Qi)*

Le tableau 1 montre l'absence d'espèces présentant un taux de recouvrement moyen supérieur à 5 %. Cette constatation est très révélatrice de la quasi absence de végétation hivernale accessible au gibier.

Ainsi, la pauvreté du milieu vis-à-vis des cervidés est clairement mise en évidence et, permet déjà de prévoir que la capacité d'accueil globale du massif de Tronçais sera faible.

Cependant, ce type d'inventaire avec une placette pour 25 ha ne permet pas de faire ressortir les quelques trouées de chablis de 1982 qui sont actuellement très favorables pour les cervidés.

Il y a donc avec cette approche et par rapport à la cartographie de la valeur alimentaire des peuplements, une sous estimation de la capacité d'accueil du milieu.

Schématiquement, on peut décomposer le gagnage hivernal disponible de la façon suivante :

- 37 % d'espèces ligneuses (susceptibles de devenir des arbres),
- 54% d'espèces semi-ligneuses (arbustes ou autres plantes lignifiées),
- 9 % d'espèces herbacées.

### *2.1.2 - Examen de l'abrouissement moyen des espèces (Bi)*

Sur l'ensemble des espèces, on constate que les taux d'abrouissement moyen atteignent des valeurs très raisonnables : en effet, il n'y a aucune espèce hormis le cornouiller (rencontré une seule fois) pour laquelle le taux d'abrouissement moyen soit supérieur à 33 %. C'est-à-dire qu'en moyenne, pour toutes les espèces disponibles, la consommation porte sur moins du tiers des feuilles, rameaux ou bourgeons accessibles.

Le simple examen de cette variable indique déjà qu'au cours de l'hiver 91-92, la pression exercée par les animaux sur l'ensemble de la végétation disponible ne semble pas excessive.

Si l'on exclut les espèces peu représentées, dont l'appétence peut être liée à leur rareté, on obtient l'échelle d'appétence hivernale croissante suivante :

espèces "délaissées"	$Bi \approx 0 \%$	hêtre, lierre, canche cespiteuse, houlque
espèces "goûtées"	$Bi \approx 3 \%$	chênes, chèvrefeuille, fragon, genêt, canche flexueuse, joncs
espèces "faiblement abrouties"	$3 \leq Bi \leq 10 \%$	charme, houx
espèces "abrouties"	$10 \leq Bi \leq 25 \%$	bourdaine, germandrée
espèces "très abrouties"	$25 \leq Bi \leq 35 \%$	ronce
espèces "surabrouties "	$Bi > 35 \%$	néant

Remarque : le taux d'abrouissement du lierre, proche de 0 , est certainement lié à la difficulté de la lecture de l'abrouissement sur cette espèce, et non pas à son délaissement réel par les animaux.

Enfin il est rassurant de constater que les taux d'abrouissement moyen sur toutes les essences ligneuses sont globalement faibles. Un traitement particulier, ne retenant que les zones en régénération montre que le taux d'abrouissement sur les semis de chênes "utiles" est de 3.6 %, ce qui est très voisin de la consommation sur les semis "inutiles", c'est-à-dire ceux présents dans les parcelles où la régénération n'est pas encore souhaitée (4.3 %). Ce résultat suggère a priori que les travaux actuels de renouvellement des peuplements forestiers doivent pouvoir être conduits de façon satisfaisante (si les conditions actuelles restent équivalentes).

### 2.1.3 - Examen du coefficient de consommation ( $C_i$ ) et de la représentativité des espèces dans le régime alimentaire hivernal ( $A_i$ )

L'examen de ces deux variables permet d'appréhender le régime alimentaire hivernal des cervidés du massif de Tronçais, en identifiant les espèces les plus consommées.

On constate que le régime alimentaire hivernal est majoritairement composé de ronce et accessoirement de houx, l'ensemble des autres espèces n'étant que très secondaire.

Schématiquement, on peut décomposer à Tronçais le régime alimentaire hivernal des cervidés de la manière suivante :

- 9 % d'espèces ligneuses (susceptibles de devenir des arbres),
- 89 % d'espèces semi-ligneuses (arbustes ou autres plantes lignifiées),
- 2 % d'espèces herbacées.

Cependant, il est plus que probable que la part des espèces herbacées dans le bol alimentaire soit beaucoup plus importante que ces chiffres ne le suggèrent et cela pour deux raisons. La première est liée à une sous-estimation, qui peut être parfois importante, de l'abroustissement sur les espèces herbacées, ce qui diminue sensiblement leur représentativité dans le régime alimentaire. La seconde est liée à l'existence en périphérie du massif de zones de gagnage herbacé sur lesquelles les animaux s'alimentent fréquemment, mais qui ne peuvent pas être prises en compte dans les observations faites lors d'un inventaire de gagnages cantonné dans les zones forestières.

#### *2.1.4 - Examen des fréquences de présence (FPI) et de consommation significative (FCSI)*

Afin d'avoir une analyse plus performante, il convient d'observer simultanément ces deux fréquences. Pour ce faire, le graphe (figure 1) des fréquences avec en abscisse la fréquence de présence et en ordonnée celle de la consommation significative présente l'ensemble des espèces.

Cette visualisation confirme qu'il y a un certain nombre d'espèces dont la fréquence de consommation est relativement élevée (supérieure à 30 %), alors qu'elles apparaissent relativement peu souvent dans le massif. Cette constatation met assez nettement en évidence que l'appétence de certaines plantes peut quelquefois être exacerbée par leur rareté.

D'autre part, cette représentation illustre également bien la notion du cortège floristique restreint, composé des plantes non herbacées dont la fréquence de présence est supérieure à 10 % et la fréquence de consommation significative supérieure à 5 %. En effet, elle permet de visualiser que même au sein d'un cortège floristique varié (78 espèces différentes) seules quelques-unes jouent réellement un rôle dans les relations faune/flore. Ce graphe permet également de visualiser que parmi les 5 espèces du cortège floristique restreint, la ronce se distingue des autres, ce qui est effectivement confirmé par l'importance qu'elle a dans le régime alimentaire (75 %).

**Fréquence de consommation significative**

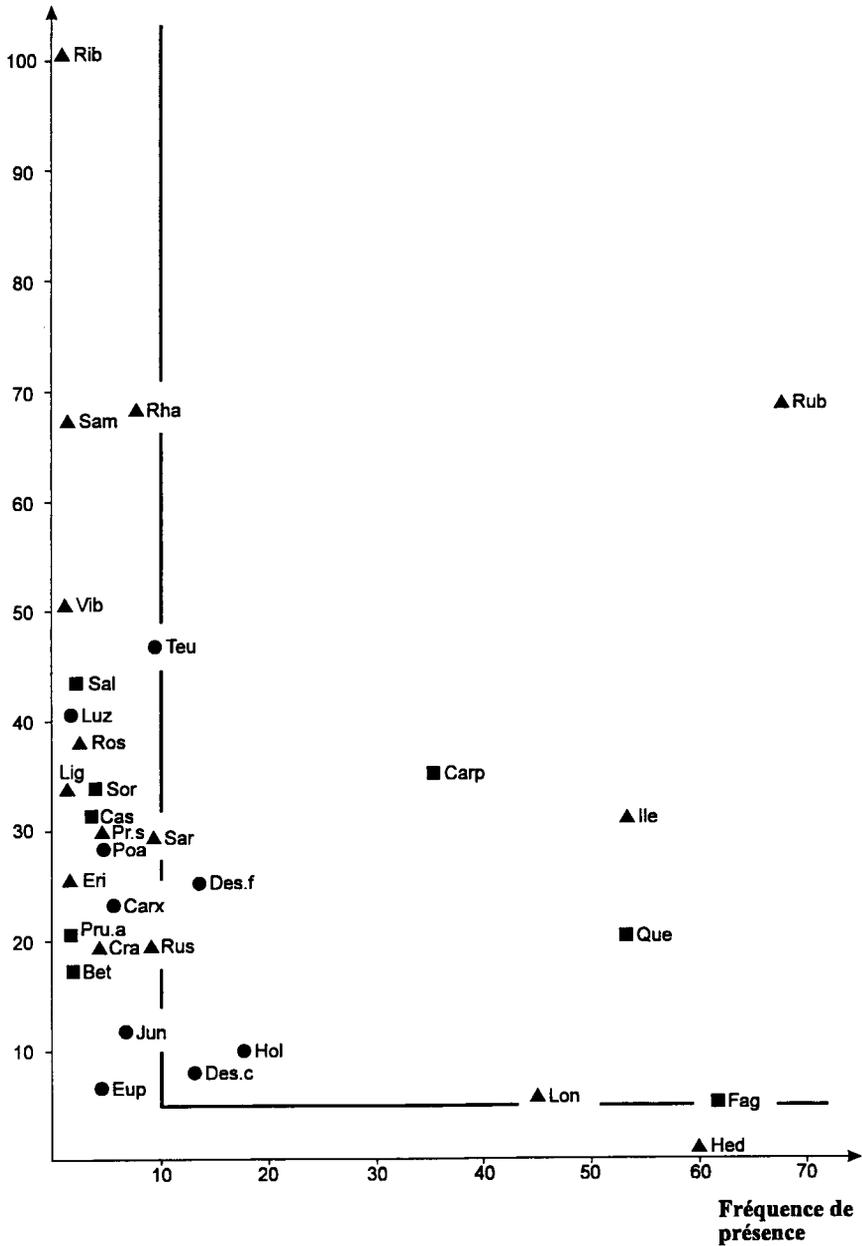


Figure 1 : Graphe des fréquences des espèces du massif de Tronçais.

## 2.2 - Analyse des résultats relatifs au massif

Il ne semble pas utile a priori, encore qu'ils soient disponibles, de donner les résultats relatifs aux placettes, car la maille de 500 m utilisée n'autorise pas une cartographie des indices calculés (la valeur calculée sur la placette d'un indice quel qu'il soit n'est certainement pas représentative des 25 ha qui entourent la placette). Par contre les résultats obtenus pour l'ensemble du massif ou pour des zones homogènes présentent un intérêt certain pour la compréhension des relations forêt-gibier sur la zone d'étude.

### *2.2.1 - Potentialités alimentaires*

Le massif de Tronçais dans sa globalité a une potentialité alimentaire moyenne (richesse de l'offre alimentaire hivernale) de 50 points (résultat brut issu du calcul).

Si l'on se réfère à la définition même de la potentialité alimentaire (qui est homogène à un taux de recouvrement exprimé en pour mille), on comprend aisément pourquoi la potentialité alimentaire a une valeur si faible. En effet comme on l'a déjà noté en observant les données relatives aux espèces, aucune d'entre elles n'a un recouvrement moyen important. Il est donc impossible que la moyenne pondérée de ces recouvrements soit forte.

Ce résultat global ne permet pas de faire apparaître les variations locales de la disponibilité alimentaire au sein du massif. C'est pourquoi on a découpé le massif de Tronçais en 5 cantons distincts (figure 2) :

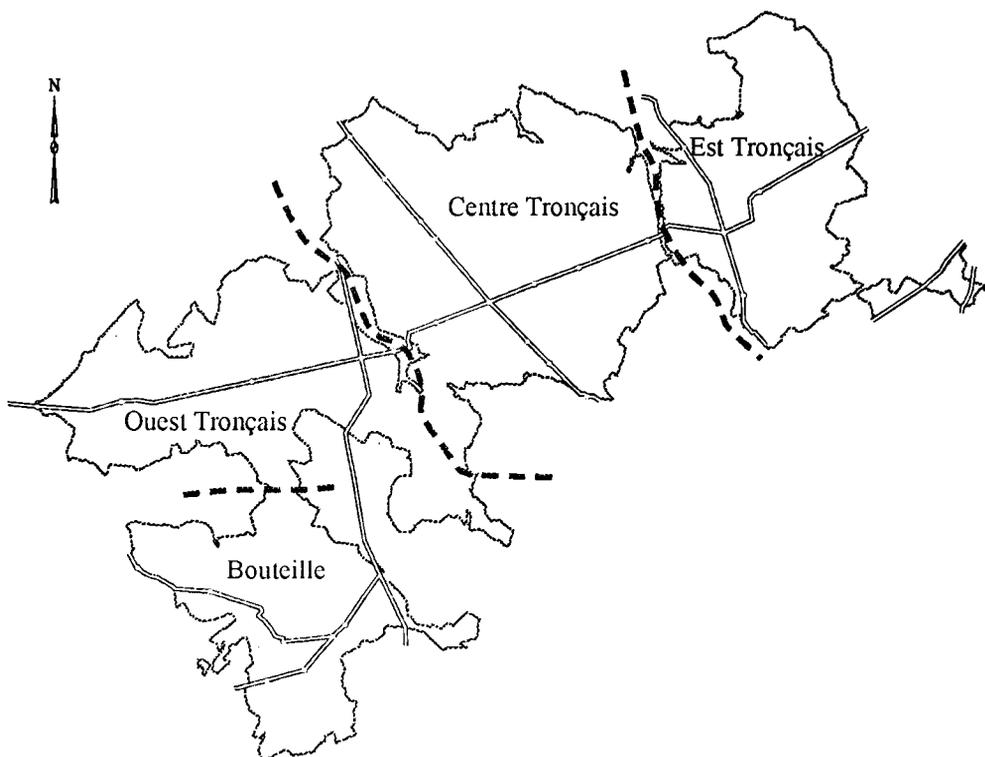


Figure 2 : Massif de Tronçais

- Est Tronçais (2144 ha),
- Centre Tronçais (3743 ha),
- canton à l'ouest du massif (2736 ha),
- canton situé au sud des parcelles 378 et 346 dit de la "Bouteille" (1809 ha),
- canton regroupant l'ensemble des bordures privées inventoriées.

Les résultats relatifs à ces 5 zones figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Potentialité alimentaire, pression d'abrouissement et indice floristique des différentes zones du massif de Tronçais

Canton	Nb plac.	POT	AMOY	PMOY	AMCR	PMCR	IF
Est Tronçais	84	66	18.1	29.3	12.7	29.1	29.8
Centre Tronçais	142	36	21.0	33.4	14.8	30.2	36.2
Ouest Tronçais	112	31	15.4	21.5	12.4	17.6	31.8
Bouteille	69	95	14.8	22.4	13.8	21.8	33.5
Bordures privées	34	40	23.2	31.5	18.2	26.2	44.4
<b>Ensemble du massif</b>	<b>441</b>	<b>50</b>	<b>18.1</b>	<b>27.7</b>	<b>13.9</b>	<b>25.0</b>	<b>34.0</b>

Il apparaît nettement que les disponibilités alimentaires du massif sont très hétérogènes, avec la zone sud plus favorable (en valeur relative) tandis que les zones centrale et ouest sont plutôt défavorables.

### *2.2.2 - Indices d'utilisation de la flore*

Pour chaque zone, les différents indices d'utilisation de la végétation (abroustissement moyen, pression moyenne d'abroustissement, indice floristique) ont pu être calculés, et les résultats figurent dans le tableau 2. L'ensemble des variables liées à l'abroustissement des différentes zones du massif, révèle, comme pour la disponibilité alimentaire, des disparités entre les secteurs. Ceci suggère que la répartition des cervidés en période hivernale n'est pas homogène dans le massif.

Globalement, le massif de Tronçais a un indice floristique de 34.0 %, c'est-à-dire qu'une espèce du cortège floristique restreint est consommée de façon significative une fois sur 3 environ.

Afin de relativiser ces valeurs, les résultats correspondant à un grand nombre de massifs étudiés selon la même méthodologie figurent dans le tableau 3 :

L'observation dans le détail des résultats obtenus à Tronçais pour chaque espèce, dont un extrait figure au tableau 1 (abondance et consommation) permet par comparaison avec l'ensemble des autres massifs français étudiés par la même méthodologie, de conclure que la végétation forestière disponible en période hivernale est "normalement" sollicitée par l'ensemble des animaux présents. C'est-à-dire que l'effectif de la population de cerfs (quel qu'il soit) est en harmonie avec ce que le milieu peut supporter (capacité d'accueil). Cette impression est confirmée par les indices synthétiques, qui pour le massif de Tronçais présentent des valeurs intermédiaires entre des milieux déséquilibrés (végétation "surexploitée") et des territoires où la végétation apparaît comme "sous-exploité" par les animaux (tableau 3). Enfin, compte tenu que les cervidés sont souvent observés dans les périphéries agricoles du massif de Tronçais, il est évident que la part du bol alimentaire prélevées dans ces zones de gagnages non forestières, ne l'est pas au détriment de la végétation forestière du sous-bois. Dans ces conditions, **le massif de Tronçais au cours de l'hiver 91-92 était donc en situation d'équilibre forêt/gibier quelles qu'en puissent être les raisons, notamment la présence d'une périphérie agricole.**

Tableau 3 : Résultats synthétiques de plusieurs inventaires de gagnage en France

Forêt	Localisation	POT	AMCR	PMCR	IF
Sainte Hélène 1990	Aquitaine	88	5.3	12.3	12.1
Hostens 1990	Aquitaine	48	8.0	24.8	16.9
Pontenx 1991	Aquitaine	49	4.3	10.5	18.1
Lucmau 1991	Aquitaine	34	7.0	21.0	19.3
Préchac 1992	Aquitaine	111	7.3	12.8	22.3
Dourdan 1985	Ile de France	273	11.5	14.9	25.0
Montecot 1991	Centre	37	11.8	31.2	26.6
Neung/Beuvron 1991	Centre	71	12.6	30.5	26.9
Montargis 1992	Centre	97	7.6	18.3	29.1
Montargis 1991	Centre	97	11.4	23.4	30.9
Chateauneuf 1989	Centre	144	15.3	22.1	33.9
<b>Tronçais 1992</b>	<b>Auvergne</b>	<b>50</b>	<b>13.9</b>	<b>25.0</b>	<b>34.0</b>
Dourdan 1991	Ile de France	307	21.9	30.5	36.2
Fontmort 1992	Cévennes	91	19.2	34.9	37.3
Ciran 1991	Centre	77	23.1	44.3	40.2
Roquedols 1991	Cévennes	109	18.0	34.2	40.9
Clairvaux 1991	Champagne	123	9.0	23.7	41.8
Chizé extérieur 1991	Charente	352	8.2	11.9	42.1
Arue 1991	Aquitaine	37	14.3	18.6	42.5
Saint Gatien 1989	Normandie	53	18.4	33.8	43.5
Dourdan 1989	Ile de France	158	16.8	24.0	43.7
Bouges 1992	Cévennes	47	12.2	30.9	46.7
Dourdan 1992	Ile de France	279	20.2	29.0	48.1
Montambert 1991	Centre	67	30.0	52.6	52.7
Grand Jailly 1981	Bourgogne	26	32.8	41.2	55.4
Chizé réserve 1991	Charente	61	14.4	19.6	58.1
Marle 1983	Picardie	121	35.7	39.7	59.0
Vibraye 1990	Pays de Loire	35	25.2	30.5	62.4
Pinderes 1990	Aquitaine	30	43.2	64.2	64.6
Cham du Pont 1992	Cévennes	49	18.4	37.9	66.9
Gatignolle 1984	Centre	14	31.5	41.9	71.3

### 2.3 - Analyses complémentaires fines (résumé)

Des tests statistiques complémentaires (tests de  $\chi^2$  sur des tableaux de contingences) ont été mis en oeuvre afin de rechercher les liens existants entre la disponibilité alimentaire, les indices d'utilisation de la flore, et les critères environnementaux relevés sur la placette.

Ces analyses ont été conduites bien que l'échantillonnage initial n'est pas explicitement été prévu pour cela. Cependant, en raison de la relative homogénéité des peuplements et de la bonne répartition des classes d'âges dans le massif, la représentativité de chaque modalité des critères étudiés a paru suffisante pour conduire ces analyses complémentaires. Ces tests conduisent en ce qui concerne Tronçais aux conclusions suivantes :

- La pression moyenne d'abrouissement des espèces du cortège floristique restreint est une variable indépendante des conditions du milieu (peuplement, station). Elle est dépendante des zones, mais surtout de la disponibilité alimentaire offerte : la pression d'abrouissement est d'autant plus importante que les zones sont riches, ce qui suggère que les animaux s'alimentent préférentiellement dans les parcelles où la potentialité alimentaire est forte, de 200 à 500 points (vieilles futaies, futaies adultes, parcelles en régénération). Toutefois, dans les secteurs en régénération l'indice floristique (IF) a une valeur moyenne (25.8 %) ce qui indique que les prélèvements alimentaires restent limités par rapport à l'ensemble de la végétation disponible.
- La potentialité alimentaire est indépendante des conditions stationnelles (groupements végétaux, texture du sol, régime hydrique, topographie). Elle est par contre très liée aux variables caractérisant le peuplement forestier : stade de développement, hauteur dominante, classe d'âge et surface terrière.

Schématiquement, dans le cas du massif de Tronçais, la potentialité alimentaire est moyenne (80 points) lors de la phase d'installation d'un peuplement de chênes (parcelle en régénération) puis, au fur et à mesure du vieillissement du peuplement, elle décroît pendant environ 100 ans pour atteindre une valeur très faible (10-12 points) au stade haut perchis et jeune futaie de 20 à 25 m de hauteur. Enfin, à partir de ce stade, les éclaircies aidant, la disponibilité alimentaire ne cesse de croître pour atteindre à nouveau dans les peuplements les plus vieux une valeur moyenne (90 points) (figure 3).

Les résultats relatifs à la surface terrière confirment que la disponibilité alimentaire est très dépendante de l'ouverture des peuplements et prouve s'il en était besoin combien la conduite de peuplements trop denses est néfaste aux cervidés, dans la mesure où la quantité de nourriture qui leur est offerte est considérablement réduite (figure 4).

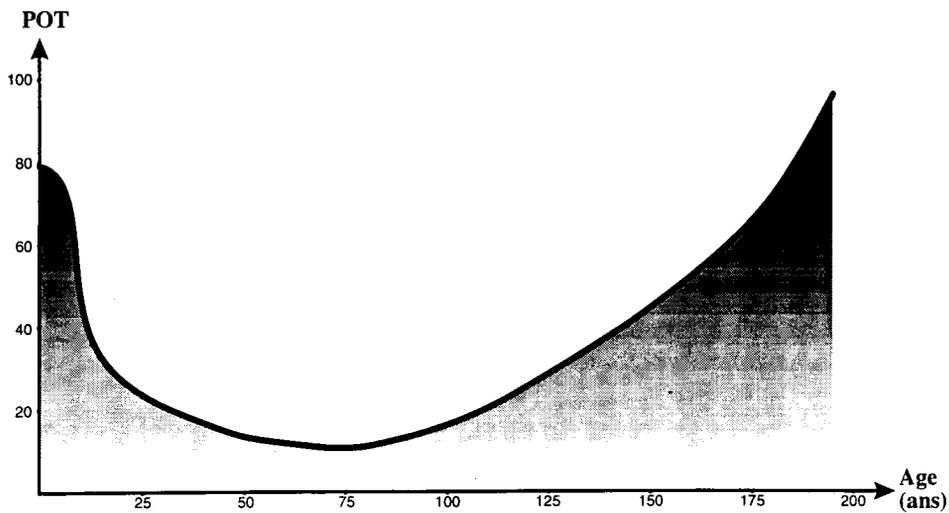


Figure 3 : Évolution de la potentialité alimentaire d'un peuplement de Chênes en fonction de l'âge.

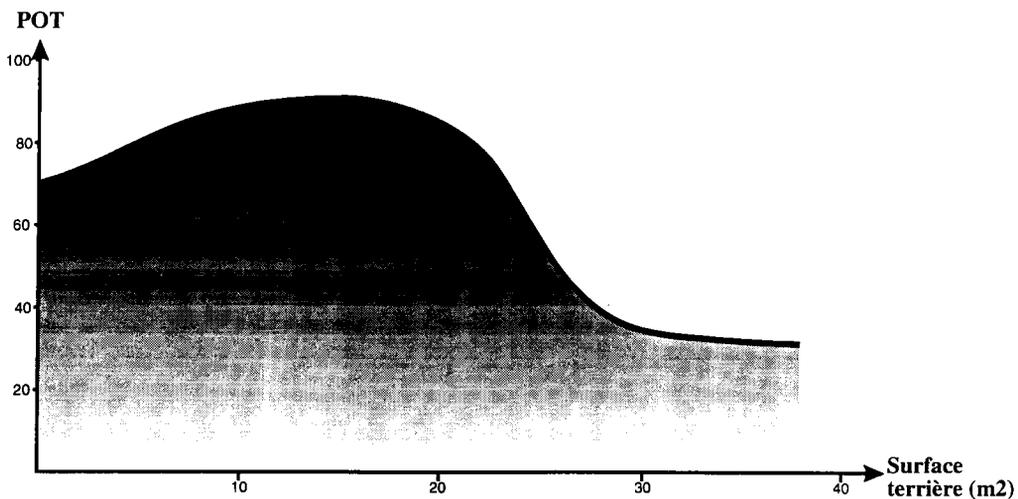


Figure 4 : Évolution de la potentialité alimentaire d'un peuplement de Chênes en fonction de la surface terrière.

### 3 - CONCLUSIONS

Cette étude montre l'utilisation qui peut être faite d'un inventaire de gagnages. L'ensemble des indicateurs proposés permettent de mieux affiner l'étude des relations entre la faune présente dans un massif forestier et la végétation disponible aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif. Cependant, certains de ces indicateurs synthétiques ne sont pas encore totalement testés (potentialité alimentaire, indice floristique, ...), et sont encore à l'épreuve en multipliant les sites de mise en oeuvre, afin de rencontrer la plus grande diversité des situations possibles. Actuellement, l'exploitation des données d'un inventaire de gagnages, permet de repérer aisément les situations "tranchées" (déséquilibrées ou non), mais elle manque encore de finesse dans des situations voisines de "l'équilibre forêt/gibier".

Au cas particulier de Tronçais, les principaux résultats de l'inventaire de gagnages sont rappelés ci dessous :

- les indices d'utilisation de la flore, comparés à ceux d'une trentaine d'autres massifs étudiés par la même méthodologie, confirment que la situation au cours de l'hiver 91-92 est proche de l'équilibre forêt/gibier. Toutefois cet équilibre faune/flore reste assez précaire, et il conviendra de rester vigilant pour suivre l'évolution des paramètres liés à la pression d'abrutissement dans les prochaines années.

- l'étude fine des résultats de l'inventaire montre que les animaux s'alimentent préférentiellement dans les zones où la végétation est la plus abondante. De plus, il apparaît que la quantité et la qualité de la nourriture disponible sont très dépendantes du peuplement forestier qui la domine. Des études complémentaires devront être initiées pour établir des liaisons avec les typologies des stations forestières ainsi qu'avec les typologies de peuplements forestiers et leurs évolutions, dans le but de mieux expliquer les dynamiques de végétation.

**Le massif de Tronçais offrant peu de nourriture aux cervidés, et ces derniers exerçant une pression d'abrutissement limitée sur la végétation disponible, il est donc probable, et sans préjuger du nombre d'animaux présents sur le massif, qu'une part non négligeable de leur alimentation hivernale soit prélevée en dehors de la zone forestière, dans les bordures agricoles périphériques.** Cet aspect n'a cependant pas pu être évalué par la méthodologie mise en oeuvre, qui n'est utilisable qu'en zone forestière, mais devrait être étudié en collaborant avec des pastoralistes spécialistes de la "consommation prairiale".

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

**BALLON P., GUIBERT B., HAMARD J.P., BOSCARDIN Y.** (1991) :  
Evolution de la pression d'abrutissement du chevreuil en forêt de  
Dourdan.  
CEMAGREF Forêt - Annales 91, (9) : 99 - 112

**BONFILS P.** (1970) : La forêt de Tronçais - Etude pédologique.  
R.F.F., XXII (1) : 35 - 43.

**CEMAGREF** (1981) : L'alimentation du cerf élaphe. Synthèse des  
inventaires de gagnages effectués de 1974 à 1980 par la méthode  
d'Aldous : application à la détermination de la capacité alimentaire et  
territoriale.  
CEMAGREF, Nogent-sur-Vernisson, étude n° 10 : 57 p.

**C.T.G.R.E.F.** (1976) : Etude des gagnages à cervidés. Résultats de  
l'inventaire réalisé au printemps 1974 par la méthode d'Aldous en forêt  
vosgienne (forêts d'Abreschwiller, Lutzelse, Wisches).  
CTGREF, Nogent-sur-Vernisson, étude n° 3 : 20 p.

**DHONDT A.A.** ( 1991) : Density dependance, téta selection and the  
exploitation of animal populations.  
Gibier Faune Sauvage, 8 : 297 - 307.

**LARTIGES A. et ALBARET M.** (1981) : Enquête sur les populations de  
cerfs (*Cervus laphus*). Région massif central.  
B.M. O.N.C., 48 : 17 - 28.

variable	dénomination	formule	applicable aux	homogène à	exprimé en
Di	Taux de recouvrement moyen	$D_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij}$	Espèces	Recouvrement	%
Qi	Représentativité d'une espèce dans le cortège floristique global	$Q_i = \frac{100 \times D_i}{\sum_{i=1}^e D_i}$	Espèces	Proportion	%
FPi	Fréquence de présence	$FP_i = \frac{100}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij}$ avec $p_{ij} = 0$ lorsque $d_{ij} = 0$ et $p_{ij} = 1$ sinon	Espèces	Fréquence	%
Bi	Taux d'abrouissement moyen	$B_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \times d_{ij}}{\sum_{j=1}^n d_{ij}}$	Espèces	Abrouissement	%
Ci	Coefficient d'utilisation	$C_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \times d_{ij}$	Espèces	X	X
Ai	Représentativité d'une espèce dans le régime alimentaire hivernal	$A_i = \frac{100 \times C_i}{\sum_{i=1}^e C_i}$	Espèces	Proportion	%
FCi	Fréquence de consommation	$FC_i = \frac{100}{p} \sum_{j=1}^n c_{ij} \times p_{ij}$ avec $c_{ij} = 0$ lorsque $a_{ij} = 0$ et $c_{ij} = 1$ sinon et $p = \sum_{j=1}^n p_{ij}$	Espèces	Fréquence	%
FCSi	Fréquence de consommation significative	$FCS_i = \frac{100}{p} \sum_{j=1}^n c'_{ij} \times p_{ij}$ avec $c'_{ij} = 0$ lorsque $a_{ij} = 0$ ou $a_{ij} = 3$ et $c'_{ij} = 1$ sinon	Espèces	Fréquence	%

variable	dénomination	formule	applicable aux	homogène à	exprimé en
POTj	Potentialité alimentaire	$POTj = 10 \times \frac{\sum_{i=1}^e dij \times Ci}{\sum_{i=1}^e Ci}$	Placettes	Recouvrement	‰
AMOYj	Abrouissement moyen des espèces non herbacées	$AMOYj = \frac{\sum_{i=1}^5 aij \times dij}{\sum_{i=1}^5 dij}$	Placettes	Abrouissement	%
AMCRj	Abrouissement moyen des espèces du cortège floristique restreint	$AMCRj = \frac{\sum_{i=1}^e aij \times dij}{\sum_{i=1}^e dij}$	Placettes	Abrouissement	%
PMOYj	Pression moyenne d'abrouissement des espèces non herbacées	$PMOYj = \frac{\sum_{i=1}^5 aij \times dij \times cij}{\sum_{i=1}^5 dij \times cij}$	Placettes	Abrouissement	%
PMCRj	Pression moyenne d'abrouissement des espèces du cortège floristique restreint	$PMCRj = \frac{\sum_{i=1}^e aij \times dij \times cij}{\sum_{i=1}^e dij \times cij}$	Placettes	Abrouissement	%
IF	Indice floristique	$IF = 100 \times \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^e c'_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^e pij}$	Massif	Fréquence	%



**LA LUTTE CHIMIQUE CONTRE L'OIDIUM DU CHENE  
EN JEUNE PLANTATION :  
DEFINITION DE L'EPOQUE ET DU NOMBRE DE  
TRAITEMENTS FONGICIDES (FORET COMMUNALE  
D'AUXONNE -1993)**

**SOUTRENON A.& JUVY B.**

Division Protection Phytosanitaire de la Forêt  
Grenoble

**RESUME**

LE CEMAGREF a confirmé les premiers résultats acquis en 1992 en jeune plantation en Forêt Domaniale de Chaux concernant l'étude d'une stratégie de lutte contre l'oïdium du chêne Microsphaera alphitoïdes (Grif. et Maubl.) : date et fréquence des traitements chimiques effectués à l'aide d'une préparation à base de triadiménol à la dose de 7,5 g/hl.

On relève que, sur les trois pousses feuillées apparues au cours du cycle de végétation, seule la première est quasiment indemne d'oïdium et les deux suivantes sont fortement atteintes.

Alors qu'une application ne se justifie pas sur la première pousse et n'a d'ailleurs aucune incidence préventive sur les deux suivantes, on a montré que deux interventions assuraient une bonne protection jusqu'à la fin de la saison de végétation : la première est faite à la sortie de la deuxième pousse et la seconde à la sortie de la troisième pousse.

Par ailleurs, en dépit de fortes attaques observées, il n'a pas été possible de mettre en évidence l'effet bénéfique des traitements sur l'accroissement en hauteur de la flèche à la fin de l'année même des applications.

**1 - INTRODUCTION**

L'oïdium du chêne, Microsphaera alphitoïdes (Grif. et Maubl.) est l'affection la plus dommageable en pépinières et en jeunes plantations, en particulier chez le chêne pédonculé (Quercus robur L.) et chez le chêne rouvre (Quercus petraea Liebl.) (ABGRALL et SOUTRENON, 1991). Il s'agit d'une maladie dont l'intensité est variable selon les années, l'hygrométrie

paraissant jouer un rôle essentiel dans son évolution ; la progression du mycélium est d'autant plus rapide que la pousse est vigoureuse.

Quelques expérimentations antérieures, plus particulièrement celles de BOUDIER (1993), ont permis de sélectionner certaines matières actives efficaces. Le problème forestier posé est celui de la date et de la fréquence des applications et pour des raisons pratiques de faisabilité, on s'est intéressé exclusivement à la lutte en "jeune plantation" qui est en quelque sorte un "modèle". Cependant l'incidence de la maladie a sans doute beaucoup plus d'acuité dans les semis (mortalités non négligeables) et c'est précisément dans ce type de contexte que le problème semble surtout se poser.

En 1992, une première campagne d'essai a porté sur l'étude des niveaux d'infection de la maladie en fonction de la fréquence et de l'époque des traitements afin de trouver le meilleur compromis pour la lutte en rapport avec le nombre de pousses sorties dans l'année de végétation (SOUTRENON, 1993). Le dispositif expérimental installé en jeune plantation sur chêne pédonculé en Forêt Domaniale de Chaux (39) a permis de tirer quelques enseignements préliminaires en dépit de nombreuses difficultés de terrain survenues au cours de l'année (incidence à long terme des gelées tardives du printemps 1991, abrutissement du chevreuil sur la première pousse, dégâts dus à différents insectes sur la première et la seconde pousse, non démarrage du bourgeon terminal de certaines deuxièmes et troisièmes pousses, sécheresse marquée ...).

En conséquence, le fait que la croissance des plants ait été sérieusement perturbée, qu'elle soit donc très faible et que les risques d'erreurs pouvaient être importants, nous a incité à reprendre l'expérimentation par une nouvelle campagne d'essais dans une autre plantation.

## **2 - MATERIEL ET METHODES**

### **2.1 - Description de la parcelle**

L'essai a été installé en avril 1993 dans une plantation de chêne pédonculé entrant dans sa deuxième année et située en Côte d'Or en Forêt Communale d'Auxonne - Forêt des Crochères (parcelle 92 B).

En novembre 1991 la parcelle a subi un nettoyage au girobroyeur puis un billonnage à 4 m et un assainissement en décembre. La plantation a été réalisée en janvier 1992 à la densité initiale de 1660 plants/ha (1,5 m x 4 m) ; un cloisonnement, 1 rang sur 2, a été effectué au girobroyeur en septembre.

En 1992 la maladie était présente à un niveau élevé et répartie de façon uniforme sur l'ensemble de la parcelle (situation d'infection naturelle). Comme en 1992 en Forêt Domaniale de Chaux, on a retenu un dispositif en 5 blocs complets randomisé comprenant chacun 6 modalités dont un témoin ; une unité expérimentale correspond à 10 plants alignés sur le billon. Il y a donc 50 plants par modalité sur l'ensemble du dispositif d'une population expérimentale de 300 sujets tous étiquetés.

## 2.2 - Modalités et traitement

Les 5 modalités testées correspondent chacune à une seule date d'application chimique ou à des répétitions ; le tableau 1 ci-dessous résume la nature des modalités en fonction de la période et du nombre de traitements:

DATES DE TRAITEMENTS			
Modalités	1ère pousse + 15 j.	2ème pousse	3ème pousse
	10 mai	23 juin	4 août
T0			
T1	X		
T2	X	X	
T3		X	
T4		X	X
T5	X	X	X

Tableau 1 - Modalités étudiées

Pour fixer les dates de traitement, la difficulté a été l'étalement important de la sortie de la première et troisième pousse. Pour la première pousse, la date moyenne a été fixée au 25 avril période à laquelle 50 % des pousses avaient débourré : le premier traitement a été réalisé 15 jours après, le 10 mai. La deuxième pousse était dans son ensemble bien développée le 23 juin. La troisième pousse dont la sortie s'est échelonnée sur 3 semaines à partir du 19 juillet a été traitée le 4 août.

L'application chimique, plant par plant, a été réalisée à l'aide du pulvérisateur à jet projeté et à pression préalable muni d'une lance à main assurant une répartition uniforme du produit sur la flèche et sur le reste du plant jusqu'au point de ruissellement (chaque plant reçoit en moyenne 40 ml de solution). La matière active choisie est la même que celle de l'essai 1992 en Forêt Domaniale de Chaux à savoir le triadiménol (famille chimique des triazoles) à la dose de 7,5 g/hl (BOUDIER communication personnelle, 1991). Le produit commercial (Baytan 5 liquide, concentration en m.a. : 50 g/l) sous forme d'émulsion aqueuse a été ainsi employé à la dose de 150 ml/hl.

Le triadiménol est doté de propriétés systémiques et agit par contact sur de nombreux champignons dont l'oïdium (Index Phytosanitaire de l'ACTA, 1994).

Par ailleurs, afin de limiter les conséquences d'éventuelles attaques d'insectes, dont l'impact avait été sensible en Forêt Domaniale de Chaux, un traitement insecticide préventif, à base de deltaméthrine (K. Othrine flow 7,5) a été réalisé, plant par plant, sur l'ensemble des 300 sujets de la parcelle le 11 mai.

### 2.3 - Notations, méthode d'analyse

Les chênes ont, d'une manière générale, débourré trois fois au cours de la saison de végétation, produisant ainsi trois pousses sur l'axe principal (flèche). En fait, les notations de la première et la deuxième pousse ont concerné les 300 plants de la population expérimentale mais celle de la troisième n'a pu être faite que sur 216 sujets les autres n'ayant pas fait de pousse. Quelques sujets ont, par contre, débourré une quatrième fois mais il n'a pas été fait de notation sur cette quatrième pousse ; cette dernière très tardive (début septembre), par ailleurs fortement oïdiée, est très fragile et pourrait entraîner au printemps suivant la formation de fourches lors du débourrement.

Il est à noter que les plants n'ayant pas eu de troisième pousse et ceux possédant une quatrième pousse ne correspondent pas à une modalité particulière mais sont répartis au hasard sur l'ensemble de la parcelle expérimentale.

Deux notations ont été réalisées aux périodes suivantes :

- . 1ère notation : les 22 et 23 juillet sur la première et la seconde pousse.
- . 2ème notation : les 21 et 22 septembre sur les trois pousses.

L'effet des modalités a été mesuré selon trois approches :

- la première portant sur l'intensité de la maladie de la flèche :

A chacune des deux notations de la flèche, chaque pousse est évaluée par son pourcentage d'infection traduisant le rapport de feuilles oïdiées au nombre de feuilles total de la pousse considérée (on ne tient pas compte du pourcentage de la surface de la feuille couverte par l'oïdium).

Les pourcentages d'infection étant impropres à une analyse de variance, une transformation angulaire a été appliquée selon la formule

$$Y = 2 \text{ arc sin} \sqrt{\%} \text{ (Dagnelie, 1975)}$$

les nouvelles valeurs "transformées" obtenues s'échelonnant de 0 à 3,14 obéissent à une loi de distribution normale et ont été soumises aux différentes analyses.

- La seconde portant sur l'intensité de la maladie de l'ensemble du plant :

En complément de la notation de la flèche, le reste du plant a été noté aux deux périodes selon l'échelle simple suivante :

- 0 - pas d'infection,
- 1 - moins de 50 % des feuilles atteintes.
- 2 - plus de 50 % des feuilles atteintes.

- La troisième prenant en compte l'accroissement en hauteur 1993 des plants :

Deux mesures de la hauteur des 300 plants ont été effectuées, la première avant le début de la végétation lors de l'installation du dispositif, la seconde à la fin de la saison lors de la deuxième notation, déterminant ainsi leur accroissement en hauteur pour l'année 1993.

### 3 - RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 - Intensité de la maladie de la flèche

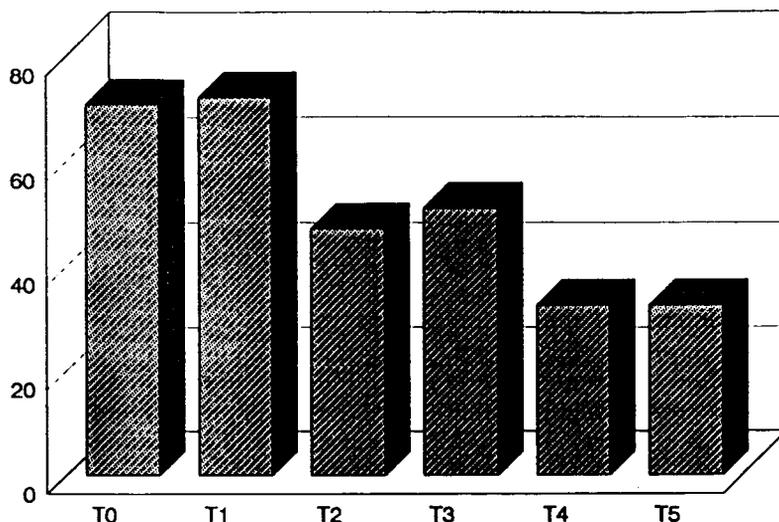
Aux deux périodes de notation, l'évolution de l'attaque a été suivie séparément sur chacune des trois pousses de la flèche et chaque observation s'est traduite par un pourcentage d'infection.

Pour la première pousse (P1), les pourcentages d'infection de la 1ère notation correspondent exactement à ceux de la seconde notation ; pour la deuxième pousse (P2), les pourcentages de la 2ème notation, qui ont été analysés, sont légèrement plus forts que ceux de la 1ère notation.

Modalité	P1 1ère et 2ème notation	P2 1ère notation	P2 2ème notation	P3 2ème notation
T0	2,96	88,54	94,98	100,00
T1	5,02	86,12	93,78	99,08
T2	2,89	40,62	46,96	97,42
T3	6,52	40,30	47,12	99,17
T4	5,86	36,46	38,10	49,10
T5	4,24	34,56	35,85	49,11

Tableau 2 - Pourcentages d'infection moyens par modalité de chaque pousse aux deux notations

Ce tableau exprime les tendances en proportion de chaque modalité pour chaque pousse ; le graphique 1 révèle ces tendances par modalité toutes pousses confondues à partir du tableau 2 et fait apparaître la supériorité des modalités T4 et T5.



Graphique 1 - Pourcentage de feuilles oïdiées en fonction des modalités

### Première pousse

Pour cette pousse, l'analyse de variance effectuée sur les très faibles valeurs des 300 données transformées ne permet pas de juger de l'efficacité des modalités et de les différencier.

On note donc une absence presque totale d'oïdium durant toute la saison de végétation de la première pousse ; en conséquence, tout traitement sur cette première pousse ne paraît pas se justifier.

### Deuxième et troisième pousses

L'examen du tableau 2 révèle pour la deuxième pousse, et encore plus pour la troisième, des pourcentages d'infection par unité expérimentale très élevés par rapport à ceux de la première. On peut penser que l'infection de ces deuxième et troisième pousses n'est pas fonction du développement de l'oïdium sur la première : il peut exister un potentiel d'infection naturel dont les peuplements voisins sont susceptibles d'être responsables.

Il est à noter pour la troisième pousse (P3), un taux d'infection anormalement élevé (et inexpliqué) pour les modalités T4 et T5 du bloc 1 et à un moindre degré du bloc 4.

L'analyse de variance effectuée sur les 300 données transformées de la 2ème notation de la deuxième pousse (P2-2) et sur celles des 216 plants ayant débourré une 3ème fois (P3) met en évidence, quelle que soit la pousse, un effet traitement très hautement significatif : des différences existent donc entre les modalités.

Le test de comparaison des moyennes des pourcentages d'infection transformées donne le tableau suivant :

2è pousse	Traitements	T5	T4	T2	T3	T1	T0
P2-2	moyennes	1,145	1,298	1,486	1,492	2,873	2,949
	gr. homogènes	a	ab	b	b	c	c
3è pousse	Traitements	T5	T4	T2	T1	T3	T0
P3	moyennes	1,662	1,663	3,023	3,105	3,116	3,168
	gr. homogènes	a	a	b	b	b	b

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement entre elles

Pour la deuxième pousse, T5, T4, T2 et T3 sont des modalités efficaces car significativement différentes du témoin T0 : pour la troisième pousse, seules T5 et T4 le sont.

En tenant compte de la nature des modalités étudiées (tableau 1), le test fait apparaître les points suivants :

- Pour les deux pousses, T0 et T1 ne sont pas significativement différents : le traitement effectué sur la première pousse n'entraîne aucune protection préventive sur les deux pousses suivantes.

- Pour la deuxième pousse, les modalités T4, T2, T3 différentes de T1 et T0, ne le sont pas entre elles : la première application de T2 (10 mai) et la deuxième application de T4 (4 août) n'apportent aucune amélioration de l'efficacité du traitement. Seule la modalité T3, consistant en un seul traitement réalisé à la sortie de cette deuxième pousse (23 juin), suffit pour assurer sa protection jusqu'à la fin de la saison.

- Pour la troisième pousse, le fait que les modalités T2, T1, T3 ne soient pas différentes significativement du témoin indique l'importance et la nécessité du traitement du 4 août de T5 et T4 : ce traitement effectué à la sortie de la troisième pousse assure une bonne protection de celle-ci jusqu'à la fin de la saison. Par ailleurs, T5 et T4 n'étant pas différents

significativement, on démontre, une nouvelle fois, l'inutilité du premier traitement de T5 (10 mai).

Pour les deuxième et troisième pousses, tout se passe comme si la maladie ne se développait que pendant la phase de croissance de la pousse et qu'il suffisait de traiter pendant cette période.

### 3.2 - Intensité de la maladie de l'ensemble du plant

Les deux notations effectuées sur les 300 plants, selon le barème à 3 classes (notes 0,1,2), sont traduites dans le tableau 3 (maximum de la notation pour une unité expérimentale : 20).

Modalité	1ère notation	2ème notation
T0	14,6	16,6
T1	13,0	17,6
T2	8,8	13,0
T3	9,6	12,0
T4	9,6	10,4
T5	9,0	10,2

Tableau 3 - Moyenne pour chaque modalité du total cumulé des notes attribuées à chacun des 10 plants (unité expérimentale)

L'analyse de variance réalisée sur 30 données (donc par unité expérimentale) met en évidence, pour les deux notations, un effet très hautement significatif.

Le test de comparaison des moyennes fait apparaître les résultats suivants :

1ère not.	Traitements	T2	T5	T3	T4	T1	T0
	moyennes	8,80	9,00	9,60	9,60	13,00	14,60
2è not.	Traitements	T5	T4	T3	T2	T0	T1
	moyennes	10,20	10,40	12,00	13,00	16,60	17,60
	gr. homogènes	a	a	a	a	b	c
	gr. homogènes	a	a	ab	b	c	c

Les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement entre elles

- Pour la première notation, les modalités T1 et T0 sont différentes significativement des 4 autres modalités (non différentes entre elles) comme cela avait été le cas pour la notation de la deuxième pousse de la flèche.

- Pour la deuxième notation, le test fait apparaître la supériorité significative de T5 et T4 rejoignant les résultats obtenus pour la troisième pousse de la flèche.

Les deux notations de l'ensemble du plant ne sont pas en contradiction avec celles obtenues pour la flèche (deuxième et troisième pousses).

### 3.3 - Accroissement en hauteur 1993

Modalité	Moyenne des accroissements cumulés
T0	279,6
T1	306,9
T2	276,2
T3	314,6
T4	272,2
T5	349,8

Tableau 4 - Moyennes pour chaque modalité des totaux cumulés des accroissements 1993 mesurés en cm sur chacun des 10 plants

L'analyse de variance pratiquée sur les 300 accroissements révèle l'absence d'effet traitement et donc ne permet pas de différencier le témoin des modalités-traitement, ni ces dernières entre elles, le seuil de probabilité étant de 12 %.

Malgré un niveau de maladie élevé, les résultats obtenus ne font pas apparaître de différence significative sur la croissance en hauteur des plants mais il n'est pas exclu que, sur plusieurs années successives d'attaque, cet écart puisse s'agrandir et devenir significatif ; c'est dans ce but, qu'un essai comparatif à long terme a été mise en place en 1993 pour étudier l'incidence d'un traitement annuel systématique sur l'accroissement en hauteur des plants.

Si l'effet des traitements n'est pas perçu au niveau de l'accroissement en hauteur, il se fait probablement sentir sur la migration et l'accumulation des substances de réserve.

Feutrage blanc caractéristique sur feuille de chêne correspondant à la  
forme asexuée du champignon



#### 4 - CONCLUSIONS

Cette campagne d'essai sur l'époque et le nombre des traitements au triadiménol contre l'oïdium du chêne confirme les premiers résultats acquis dans un contexte de terrain difficile en 1992 en Forêt Domaniale de Chaux.

Les principaux enseignements de cette étude devraient permettre de préconiser une méthode pratique aux gestionnaires forestiers.

Dans les conditions de l'année en Forêt Communale d'Auxonne, il y a eu d'une manière générale trois pousses dans cette parcelle de chêne pédonculé. Il est à noter, dans deux contextes différents, la coïncidence des périodes de sortie des trois pousses avec celles de la Forêt Domaniale de Chaux en 1992, première : fin mai, deuxième : 2ème quinzaine de juin et troisième : fin juillet.

Seule la première pousse est d'une façon générale très peu attaquée durant toute la saison de végétation : aucun traitement ne semble devoir se justifier sur cette pousse.

Contrairement à la première pousse, la seconde et la troisième ont subi une forte attaque d'oïdium, avec davantage d'intensité sur la troisième.

Les analyses statistiques effectuées sur les données de la deuxième et de la troisième pousses révèlent un fort effet modalités - traitement.

Une application effectuée en début de saison sur la première pousse (date moyenne de sortie + 15 jours) n'entraîne aucune incidence préventive sur les deux suivantes. Pareillement, une intervention sur la deuxième pousse n'apporte rien sur l'état phytosanitaire de la 3ème pousse.

Pour la seconde pousse, un seul traitement réalisé à sa sortie (feuilles bien développées) entraîne une protection suffisante de cette pousse jusqu'à la fin de la saison de végétation ; il en est de même pour la troisième pousse.

La matière active choisie pour cet essai, le triadiménol à la dose de 7,5 g/hl, semble présenter des propriétés intéressantes vis à vis de l'oïdium du chêne.

En dépit de fortes attaques, la réaction des plants à l'effet de différentes modalités n'est pas perceptible à travers l'accroissement en hauteur 1993 à la fin de la saison de végétation mais un effet cumulatif de plusieurs années d'attaque peut entraîner une réduction, voire même un arrêt de croissance.

Cependant, il faut insister sur les dégâts que l'on peut attribuer à l'oïdium du chêne en jeune plantation : essentiellement baisse de vigueur à cause d'une mauvaise constitution de réserves ou d'une diminution des réserves accumulées en fin de saison et mauvais aoûtement des pousses (au moins la dernière) entraînant notamment une plus grande sensibilité au froid. Ces effets ne sont visibles que l'année suivante au débourrement et peuvent se traduire par un buissonnement du feuillage.

Le problème prend sans doute un autre aspect pour les semis où les cas de mortalité observés pourraient nous faire adopter une stratégie de lutte quelque peu modifiée et adaptée à cette situation : la période de végétation active ne semble pas correspondre aux mêmes mois, la première pousse devra éventuellement être traitée et les applications seront peut-être alors plus nombreuses et prolongées en saison.

### Remerciements

Cette étude a été menée grâce à l'aide technique des personnels de l'ONF d'Auxonne, en particulier MM. MEYSEN A. et JOVIGNOT B.. Nous leur exprimons nos sincères remerciements.

### BIBLIOGRAPHIE

**ABGRALL J.F., SOUTRENON A.,** 1991 - La Forêt et ses ennemis. Edition CEMAGREF, DICOVA, Antony - 400 p.

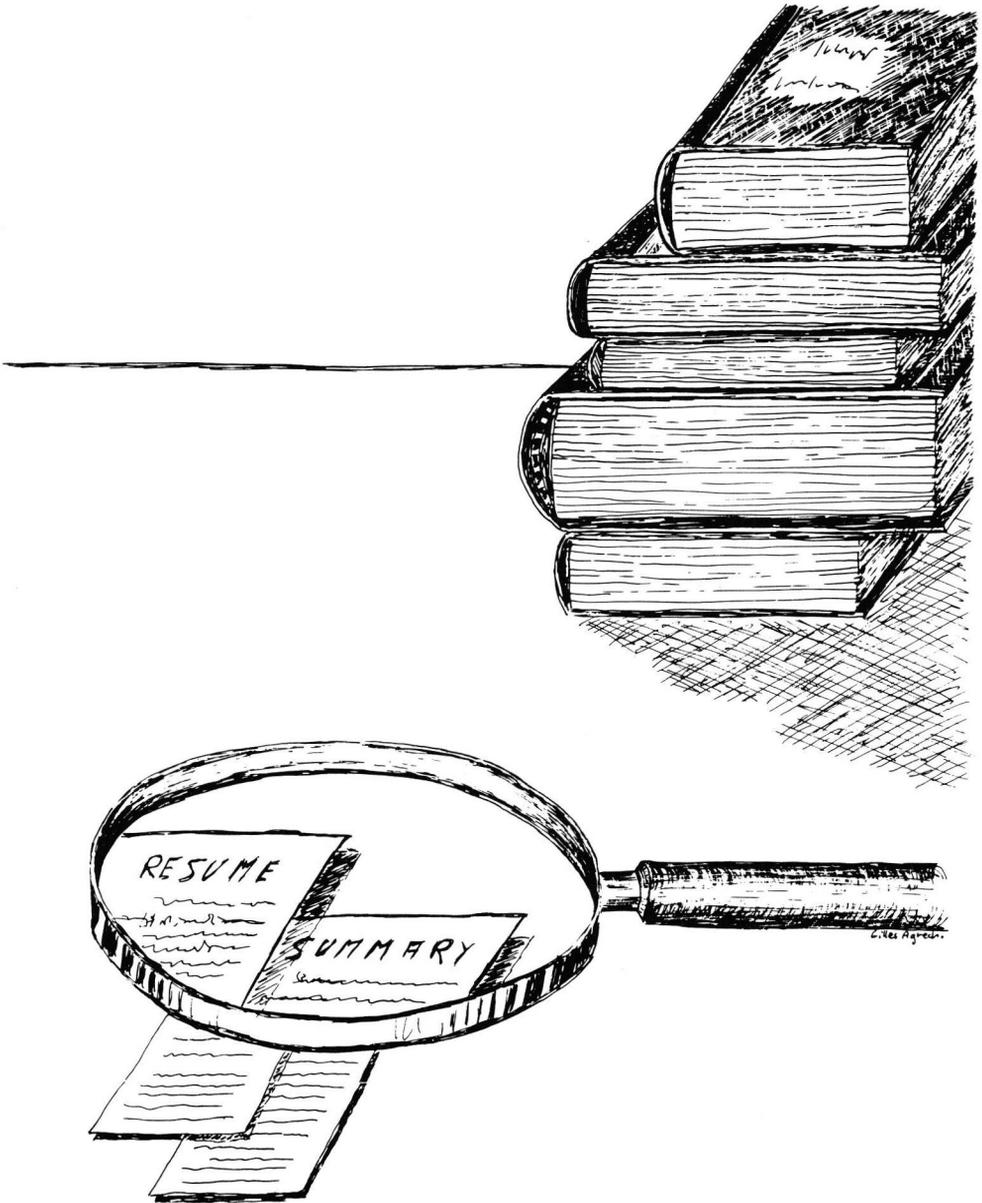
**BOUDIER B.,** 1993 - Oïdium du chêne (Microsphaera alphitoides). Document interne, Service de la Protection des Végétaux, 3 p.

**BOUDIER B.,** 1992 - Les triazoles confirment leur efficacité. Phytoma - Défense des cultures, n° 442, 35 - 37.

**DAGNELIE P.,** 1975 - Théorie et méthodes statistiques, vol.II. Les Presses Agronomiques de Gembloux éd., 463 p.

**SOUTRENON A.,** 1993 - La lutte chimique contre l'Oïdium du chêne (Microsphaera alphitoides). Premier essai de définition de l'époque et de la fréquence des traitements (Forêt Domaniale de Chaux - 1992). Document interne CEMAGREF - Grenoble, 13 p.

## 5. Abstracts





## **FORESTRY EXPLOITATION IN FRANCE : AN INTERACTION MANPOWER/MECHANIZATION**

**BONICELLI B.**

Agricultural equipment and food process engineering  
Montpellier

French market is one of the most important in Europe concerning forest mechanization. But, if globally forest mechanization is 90% developed in France, harvesting operations are only 2.5% mechanized in term of felling woods. In front of the crisis of forest workers disposability, forest logging and specially harvesting has a lot of potentiality and is a good solution to minimize this situation. The analyses of situation of forestry manpower in France is related to forest productivity, machines and training systems. The target of the strategy of forestry partners is to improve and develop mechanization in France.

## **" CEMAG ", A NEW TRANSPLANTING MACHINE FOR FOREST NURSERIES.**

**BALDET P.**

Forest Nurseries and Plant Genetics Division  
Nogent sur Vernisson

Object is to reduce frequency of root deformations on forest plants induced during transplanting operations in nurseries. According to the rules, it's not allowed to commercialize plants affected by root deformations.

Problem. Mechanical transplanters classically used in forest nurseries run with a circular-type conveyor. This kinematic is not suitable for deep transplanting required in forest nurseries. It results in club or bent roots which occurs at approximatively ten centimeters deep.

Solution. Forest nurseries and plant genetics division imagined and patented a new transplanting process named " linear process ". In this new kinematic, transplanting is realised by translation and not by rotation. In that way, plants are hold vertically during all the transplanting stages, this fact warrants a good root-system straightness.

A successfull industrialisation. GREGOIRE-BESSON Company, located in Montigné / Moine 49230, purchased the CEMAGREF patent and elaborated on this technical foundation an original machine: " The CEMAG transplanter ". This technology developped first for forest nurseries is nowadays appreciated by market gardeners for transplanting vegetables like leek or cabbage.

## **PRODUCTION OF A CLONAL VARIETY OF NORWAY SPRUCE.**

**VERGER S.**

Forest Nurseries and Plant Genetics  
Nogent sur Vernisson

Clones of Norway spruce have been selected by INRA (National Institute of agriculture research) on 3 traits : growth, late budburst, and wood quality. These clones are propagated by cuttings. The technique of vegetative propagation has been developed by INRA and CEMAGREF. Methods of stock plant management, rooting of cuttings in the greenhouse, and growing techniques of the rooted cuttings in the nursery have been defined , and are described here.

## LARGELY SPACED PLANTATIONS

**GUITTON J.L.\* , C. GINISTY\*\***

\*Forest management and engineering  
Riom

\*\*Forest management and engineering  
Nogent sur Vernisson

First, the idea of large spaces, or low density of plantation, is defined from the density of the final stand (80 and 250 stems per ha for broadleaves and coniferous) and from the minimal standard densities of plantation given by the French Forest Fund.

Largely spaced plantations cannot be imagined without a real tree culture which means a particular attention to establishment and weed competition conditions and the artificial bole formation by prunings.

The article analyses the technical, ecological and socio-economical advantages and constraints of this silviculture : it is necessary to create an homogenous stand to ensure its future value. Prunings are too very constraining and compulsory with broadleaves as with coniferous.

The total cost of these plantations analysed with some standards is nearly the same than in classical plantations, except when protections against deers are necessary. The gain at plantation is losen by overcosts for cleanings and prunings. However a lot of works can be made by the owner, what decreases the costs. This the main advantage as well as the conception of a new silviculture close to arboriculture where one take cares of all the trees rather selecting and suppressing the worst ones. At last these plantations allow intercropping cultures and plantations.

**INCIDENCE OF TEMPERATURE ON THE DEVELOPMENT  
OF THE GREAT SPRUCE BEETLE *IPS TYPOGRAPHUS*  
(Col., Scol.)  
IN MOUNTAIN SPRUCE STANDS**

**ABGRALL J. F. & JUVY B.**  
Forest Pest Management Division  
Grenoble

A model is presented that describe the influence of temperature upon the duration of the first generation of the Great spruce bark beetle in the Northern Alp and Central Massif.

The insect evolution was studied from the beginning of the swarming period in spring to the occurrence of the adult stage on logs naturally colonized, then encaged. In these conditions the thermal sum was 550 degree-days.

This model was validated with the data obtained from five trapping systems during 22 life cycles from 1983 to 1992 ; in all these cases the thermal sum of the first generation was 3 to 15 days anterior to the summer swarming.

The applicability of the model to program the timing of the silvicultural methods of control were discussed for spruce stands with high risks of pullulation.

**THE HYBRIDIS LARCH IN PLANTATION :  
PROVISIONAL RESULTS ON 17 SITES IN FRANCE**

**CAZAUX J.P.**

Forest Management and Engineering Division  
Nogent sur Vernisson

Bibliography about hybrid larch is drawn up.

Many authors have noticed that growth of hybrid larch is better than other trees in various sites.

One of the formula (203) was tested for 8 years in different reforestation sites within usual ways of planting and keeping up.

This formula shows good growth on hill an downhill sites but have got ominus lengthwise splits on few sites.

# **RECENT EVOLUTIONS ON TRADE OF POPLAR VARIETIES LEGISLATIVE ASPECTS AND ADVICES FOR USE**

**VALADON A. & TERRASSON D.**

Forest Nurseries and Plant Genetics Division  
Nogent sur Vernisson

The evolution of legislation on trade of forest material and the creation of the European Union allow free transfer and cultivation of poplar varieties registered in each state member of the E.U. Poplar growers can now theoretically choose among 128 monoclonal or multiclonal varieties, although many of them will be difficult to find in much of the nurseries.

Technical informations are available for much of these varieties but all of them have not been tested in France and growers must be careful in the use of non well known clones. In order to help them, we have in a first step classified the registered varieties in four categories (to proscribe, mainly for pathological reasons; without any interest in french conditions; interest on at least some regions; unknown, be very careful), taking into account the importance of pathological criteria in our national sanitary situation.

One must not forget that more freedom on trade does not mean suppression of all the controls. This increases also the responsibility of the users and as a consequence the importance of the organisations responsible for vulgarisation.

## ECOLOGY OF STONE PINE

**BOISSEAU B.**

Mediterranean Forestry Division

Aix en Provence

In order to optimize the selection of reforestation species in the French mediterranean region, a research program has been carried out on ecological performance and on height growth of forest species according to natural environment parameters.

This study on Stone Pine (*Pinus Pinéa L.*) takes into account more than 200 stands located over the whole region.

They are described systematically using ecological and dendrometric surveys. A site index is calculated for each survey.

Statistical and computerized data analysis then allows to correlate this site index with environment parameters.

The main characteristic of Stone Pine can be summarized as follows :

- likes warmth
- but water balance must be taken into account
- enjoys flat topography
- doesn't like stony sites (difficult root prospection)
- is indifferent to calcareous or acid soils
- prefers soft to dense substratum.

From a practical point of view, the study leads to developping a site index determination key and chart in relation with environment parameters.

**CHEMICAL STRUGGLING AGAINST THE OAK OIDIUM  
ON YOUNG PLANTATION :  
DEFENING OF THE RIGHT TIME IN YEAR AND OF THE  
NUMBER OF CHEMICAL TREATMENTS**

**SOUTRENON A. & JUVY B.**  
Forest Pest Management Division  
Grenoble

CEMAGREF had confirmed its first results obtained in 1992 in young plantations in the state forest called "Forêt de Chaux", about the definition of a strategy to fight the oak oïdium Microsphaera alphitoïdes (Grif. et Maubl.) : the dates and the frequency of chemical treatments with a preparation based on triadimenol dosed 7,5 g/hl.

It has been observed that among the three shoots which appear during the vegetation cycle, only the first one is not attacked by oïdium, the two following ones are strongly attacked.

Consequently there is no interest to do any application on the first shoot. Moreless, it has no preventive action for the two following ones. Trials demonstrate that two applications give a good protection untill the end of the season of vegetation, the first done at the sprouting of the second shoot and the second at the sprouting of the third shoot.

In spite of observed strong attacks, it has not been possible to put in evidence the gains in hight increment in treated plots. May be the positive effect of fungicide will be observed after the second year.

**FLOWER ANALYSIS AND GAME EATING INVENTORY  
IN THE DOMANIAL FOREST OF TRONÇAIS  
(ALLIER, FRANCE)**

**GUIBERT B., BALLON P. , DENIS M.**  
Range and Wildlife Management Division  
Nogent sur Vernisson

An investigation of the availability of browse plants was made in march 1992 on the state Forest of Tronçais (03).

It appears the carrying capacity of this forest is rather poor for Red deer. Only 15 plants are regularly browsed by deer in winter. Because of the agricultural meadows located around the forest, no significant impact of the red deer population on the forest vegetation has been detected.

A substantial result of the investigation was that significant differences of the browse plants available has been found between the forest stands.

At last this work shows the use of this method in order to better understand the relationships between the vegetation and their use by cervids.

**EFFECT OF SPACING IN POPLAR PLANTATIONS :  
ONE EXAMPLE WITH *POPULUS x EURAMERICANA* CV.  
'I-214' IN SOUTH-WEST OF FRANCE**

**VALADON A., PICORIT C., TERRASSON D.**  
Foret Nurseries and Plant Genetics Division  
Nogent-sur-Vernisson

A spacing experiment was established in spring 1972 at Prayssas (Lot-et-Garonne) in south western part of France on clay silty soil with the clone 'I-214' in order to evaluate the consequences of different densities of plantation (123 trees/ha to 278 trees/ha) on growth and profitability.

The negative effect of the increase of density on DBH appears 13 years after plantation but the design was not strong enough to precise the age of beginning of competition between trees for each spacing tested. Low densities increase the volume of the average tree but reduce the volume produced per hectare.

Internal rate of return (IRR) is maximum using large spacings whereas high densities have positive effect on actualized benefit per hectare with few losses on IRR. Under the ecological, silvicultural and economical conditions of this experiment, IRR and actualized benefits are maximum with the production of trees of 1.2 m<sup>3</sup> unit-volume. Furthermore, low densities of plantation ensure the owner of wider choices for the period of final cutting.

**MONITORING OF OAK GREEN TORTRIX POPULATIONS  
WITHIN THE PRODUCTIVE OAK FORESTS :  
FIRST RESULTS**

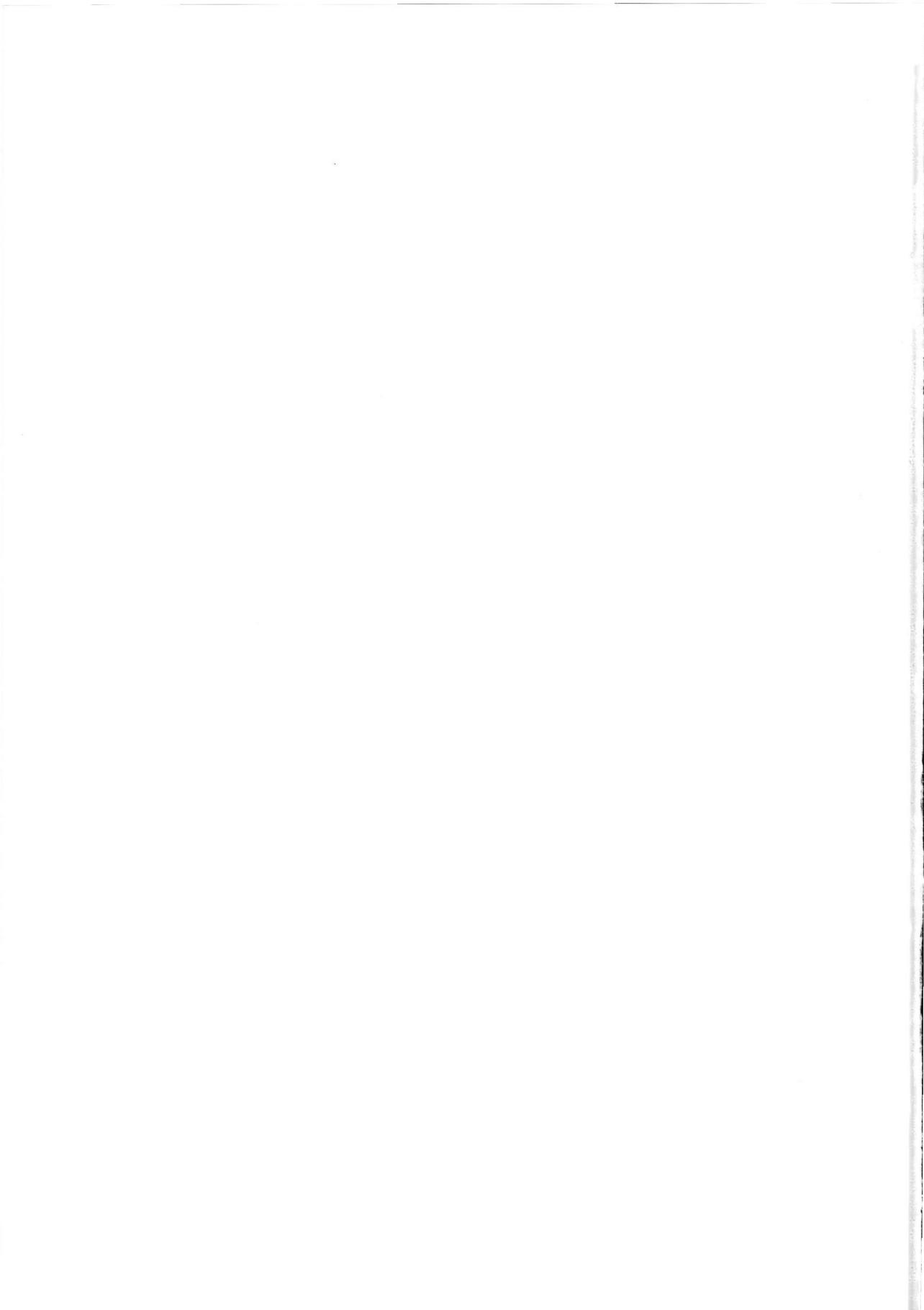
**MALPHETTES C.B., SAINTONGE F.X.**

Forest pest management Division  
Nogent sur Vernisson

The populations of green tortrix, *Tortrix viridana* L. are monitored since several years in northeastern and central France with pheromone traps. The mainly trap design is a delta trap. An other design, a funnel trap, is tested also.

The first results are given. Only the delta trap design, with a bait of 0,05 mg of pheromone gives consistent informations. Several bait charges are compared. Trapping is carried out on 40 sites and results indicate an increase trend of populations in northeastern France. The catches are confirmed by egg counts on twigs during the following winter.

L O U I S - J E A N  
avenue d'Embrun, 05003 GAP cedex  
Tél. : 92.53.17.00  
Dépôt légal : 717 — Septembre 1994  
Imprimé en France



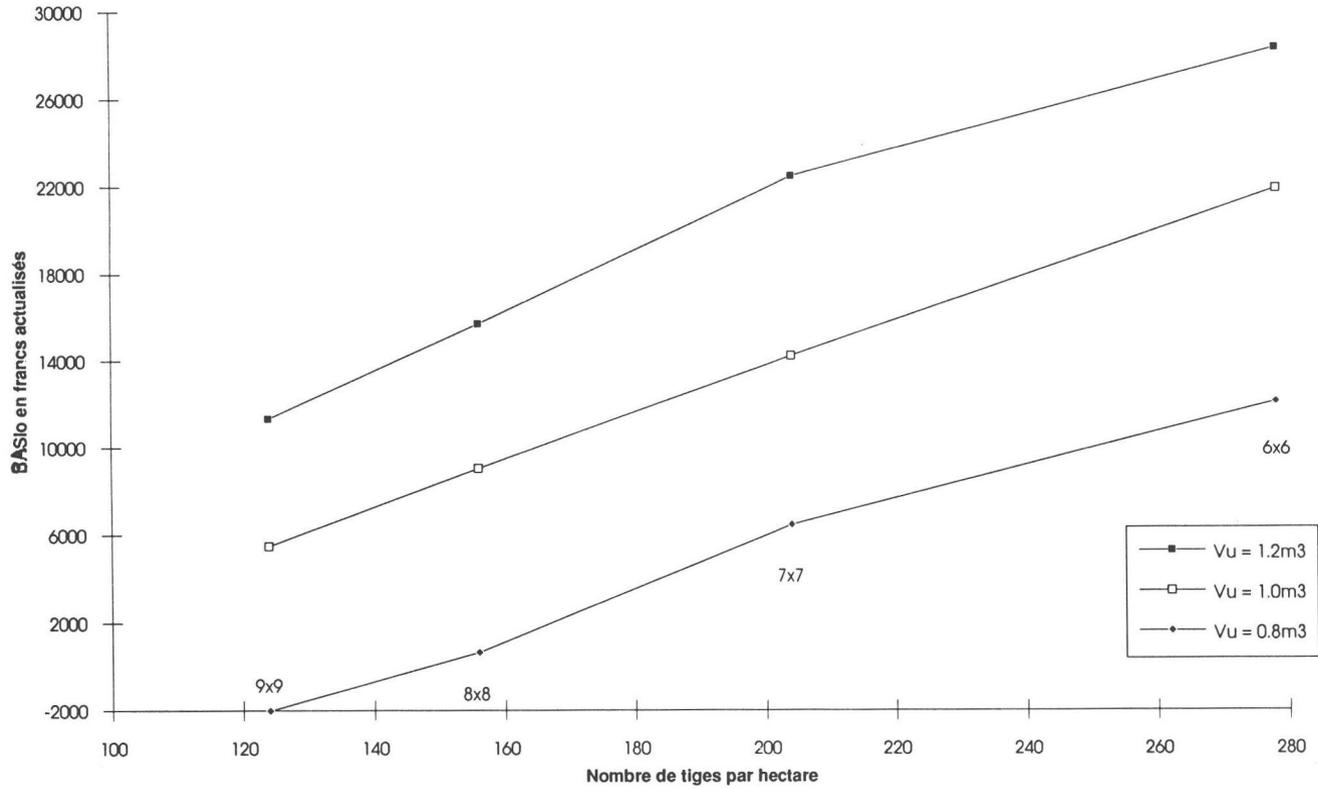


Figure 6b : Évolution du bénéfice actualisé à l'hectare selon la densité de plantation et l'objectif de production.



"Études" du CEMAGREF, série Gestion des Territoires n° 12, **Annales Forêt 1993 - 1994**, 1<sup>re</sup> édition. ISBN 2-85362-380-7. Dépôt légal 4<sup>e</sup> trimestre 1994 - Coordonnateur de la série : Daniel Terrasson, chef de département - Photo de couverture : CEMAGREF - Impression et façonnage : imprimerie Louis Jean, BP 87, 05003 Gap - Edition et diffusion : CEMAGREF-DICOVA, BP 22, 92162 Antony Cedex, tél. : (1) 40 96 61 32 et CEMAGREF Clermont-Ferrand, division *Techniques forestières*, Domaine de Lалуas, 63200 Riom, tél. : 73 38 20 52. Diffusion aux libraires : TEC et DOC, 14, rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex, tél. : (1) 47 40 67 00.  
**Prix : 220 F TTC.**