Annales 91 : département forêt

- [.]cemagref

▶ **To cite this version:**

- [.]cemagref. Annales 91 : département forêt. Cemagref Editions, pp.191, 1992, Coll. Etudes du Cemagref, série Forêt, n° 9, 2-85362-291-6. hal-02576841

HAL Id: hal-02576841
https://hal.inrae.fr/hal-02576841

Submitted on 24 May 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

Forêt

PUB0000 3640

n° 9

Annales 1991

Département Forêt

CEMA GT 34

EMAGREF
UMENTATION
NT-FERRAND

ANNALES 91

Département Forêt

CEMAGREF

CENTRE NATIONAL
DU MACHINISME AGRICOLE
DU GÉNIE RURAL
DES EAUX ET DES FORÊTS

DIRECTION GÉNÉRALE
Parc de Tourvoie,
92160 Antony
Tél. : (1) 40.96.61.21
Télécopie : (1) 46.66.37.44

Les *ÉTUDES* du CEMAGREF

Série : *Ressources en eau*

N° 1 - Potentiel d'électrode de platine en épuration biologique - 1990, 164 pages - **200 F**

N° 2 - Le phosphore et l'azote dans les sédiments du fleuve Charente : variations saisonnières et mobilité potentielle - 1990, 228 pages - **250 F**

N° 3 - Typologie aquacole des marais salants de la côte atlantique - 1991, 232 pages - **200 F**

N° 4 - Pêche, biologie, écologie des aloses dans le système Gironde-Garonne-Dordogne - 1991, 392 pages - **350 F**

N° 5 - La pêche professionnelle fluviale et lacustre en France - 1992, 290 pages - **300 F**

N° 6 - Les mono-oxygénases de poissons, un outil pour la caractérisation des pollutions chroniques - 1992, 232 pages - **250 F**

Série : Hydraulique agricole

N° 1 - Etude de la qualité des eaux de drainage. Diagnostic de risque de lessivage d'azote en fin de campagne culturale. La tranchée de drainage. Une nouvelle expression de la hauteur équivalente. A propos des coefficients de forme de la nappe libre drainée - 1986, 21 x 29,7 - 182 pages - **200 F**

N° 2 - Hydraulique au voisinage du drain. Méthodologie et premiers résultats. Application au diagnostic du colmatage minéral des drains - 1987, 21 x 29,7 - 220 pages - **200 F**

N° 3 - Secteurs de références drainage. Recueil des expérimentations - 1988, classeur 20 x 26 - 92 fiches - **150 F**

N° 4 - Fonctionnement hydrologique et hydraulique du drainage souterrain des sols temporairement engorgés : débits de pointe et modèle SIDRA - 1989, 334 pages - **250 F**

N° 5 - Transferts hydriques en sols drainés par tuyaux enterrés. Compréhension des débits de pointe et essai de typologie des schémas d'écoulement - 1989, 322 pages - **250 F**

N° 6 - Réseaux collectifs d'irrigation ramifiés sous pression. Calcul et fonctionnement - 1989, 140 pages - **150 F**

N° 7 - Géologie des barrages et des retenues de petites dimensions - 1992, 144 pages - **200 F**

N° 8 - Estimation de l'évapotranspiration par télédétection. Application au contrôle de l'irrigation - 1990, 248 pages - **250 F**

N° 9 - Hydraulique à l'interface sol/drain - 1991, 336 pages **250 F**

N° 10 - Le fonctionnement du drainage : approche pédo-hydraulique - 1991, 248 pages - **200 F**

N° 11 - Mise en valeur des sols difficiles. Drainage et après-drainage des argiles vertes - 1991, 140 pages - **150 F**

N° 12 - Colmatage des drains et enrobages : état des connaissances et perspectives.
1991, 152 pages - **200 F**

Série : Equipement des IAA

N° 1 - Carbonisateur à pailles et herbes pour les pays en développement - 1990, 56 pages - **100 F**

Série : Forêt

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 de Lannemezan, Ger et Moyen Adour - 1991, 436 pages - **250 F**

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

Série : Production et économie agricoles

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

Série : Gestion des services publics

N° 1 - Économie et organisation à l'échelle départementale du financement du renouvellement des réseaux d'eau potable - 1991, 76 pages - **150 F**

Série : Montagne

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

A commander au CEMAGREF - DICOVA, BP 22, 92162 ANTONY CEDEX - Tél. : (1) 40.96.61.32
joindre votre paiement à la commande

8.92

Le CEMAGREF est un organisme de recherches dans les domaines de l'eau, de l'équipement pour l'agriculture et l'agro-alimentaire, de l'aménagement et de la mise en valeur du milieu rural et des ressources naturelles.

En contact permanent avec les agents économiques et les collectivités, il cherche à constituer des outils mieux adaptés dans différents secteurs d'activités :

- eau, hydrologie, hydraulique agricole, qualité des eaux
- risques naturels et technologiques
- montagne et zones défavorisées
- forêts
- machinisme et équipement agricoles
- équipement des industries agro-alimentaires
- production et économie agricoles.

Le CEMAGREF est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique sous la tutelle des ministères de la Recherche et de la Technologie, de l'Agriculture et de la Forêt.

Il emploie 970 agents dont 420 scientifiques répartis en 10 groupements : Aix-en-Provence, Antony, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Lyon, La Martinique, Montpellier, Nogent-sur-Vernisson, Rennes.

SOMMAIRE

Introduction 8-9

Le département Forêt en 91 11

Faits marquants de chaque programme pour l'année 14-22

- Agroforesterie 14
- Amélioration génétique des arbres forestiers 15
- Création et conduite de peuplements 16
- Méthode d'élevage du matériel végétal forestier 17
- Productivité des écosystèmes forestiers 18
- Protection des forêts contre l'incendie 19
- Protection phytosanitaire 20
- Relations forêt-gibier 21
- Forêt de montagne (département montagne) 22

Publications de l'année 91 23

Publications de chaque programme pour l'année 25-51

- Agroforesterie 25
- Amélioration génétique des arbres forestiers 27
- Création et conduite de peuplements 31
- Méthode d'élevage du matériel végétal forestier 33
- Productivité des écosystèmes forestiers 35
- Protection des forêts contre l'incendie 40
- Protection phytosanitaire 41
- Relations forêt-gibier 46
- Forêt de montagne 51

Notes d'informations techniques 53

Traitements fructifères dans les vergers à graines d'arbres forestiers 55
Alain VALADON, Gwenaël PHILIPPE

Le bouturage direct en populiculture permet-il une réduction des coûts de production 67
Gilles DEBOISSE, Daniel TERRASSON

Agroforesterie moderne en Auvergne : principes et premier bilan d'une expérimentation multilocale 77
Jean-Luc GUITTON, François-Xavier de MONTARD, Hélène RAPEY

Notes et analyses 87

ARGILIER C. : Contribution à l'étude de la croissance et de la nutrition minérale du pin laricio de Calabre en pépinière 89

BALLON P., GUIBERT B., HAMARD J.P., BOSCARDIN Y. : 99

Evolution de la pression d'abroutissement du chevreuil en forêt de Dourdan

GUITTON J.L, de MONTARD F.X., RAPEY H. : Principes et modalités de l'ouverture de plantations résineuses au pâturage 115

MAILLET A. : Elaboration d'une méthode d'évaluation du risque d'incendie de forêt 133

PHILIPPE G. : Des injections de gibberellines 4/7 associées à des annelations d'écorce stimulent la floraison d'un verger d'épicéa commun 143

SAINTONGE F.X., MALPHETTES C.B., BOUTTE B. : Bilan d'une première année de traitement chimique de bois abattus contre les attaques de scolytides : traitement avant et après infestation des rondins 155

TERRASSON D., DEBOISSE G. : Effet du Melampsora larici-populina race E2 sur la croissance en pépinière de deux peupliers interaméricains 167

Abstracts

181

Planting poplar cuttings straight in the field ; Is it a solution to reduce production costs ? 183

Stimulation of the forest seed orchards productivity 184

Modern agroforestry in Auvergne Principles and firts results of a multilocal experimentation 185

Contribution in study of growing and mineral nutrition of calabrian pine in nursery 186

Evolution of roe deer browsing pressure in the forest of Dourdan 187

Opening of coniferous stand for grazing : first trial, principles and modalities for setting up 188

Setting up a method for evaluation of fire risks in forest 189

Gibberellins 4/7 injections combined with girdling stimulate flowering in a norway spruce seed orchard. 190

Preliminary results of chemical treatments on cut logs against bark beetle attacks - treatment before and after infestation of logs 191

Impact of Melampsora larici populina race E2 on the growth in nursery of two poplars clones 192

ENGLISH FOREWORD

The CEMAGREF is a French Institute for agricultural and Environmental Enginering 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 selection, mediterranean forests and others. Mechanisation and road building in Forest depend on an other department : Agricultural Mechanisation.

This fourth yearbook issued by the Department of Forestry aims at valorising the works of all its teams. Il 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 by 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 trés diverses, l'appui technique, les revues, les publications.

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

- présenter les activités du département

- rassembler les références des publications de l'année 1990

- grouper et faire connaitre 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. Le département Forêt en 1991

Les implantations des divisions du département Forêts

NOGENT-SUR-VERNISSON

Division Amélioration génétique et pépinières forestières
Daniel Terrasson

Division Espaces naturels et faune sauvage
Jean-Claude Chartron

Division Techniques forestières
Jean-Pierre Cazaux

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

Division Protection phytosanitaire de la forêt
Claude-Bernard Malphettes

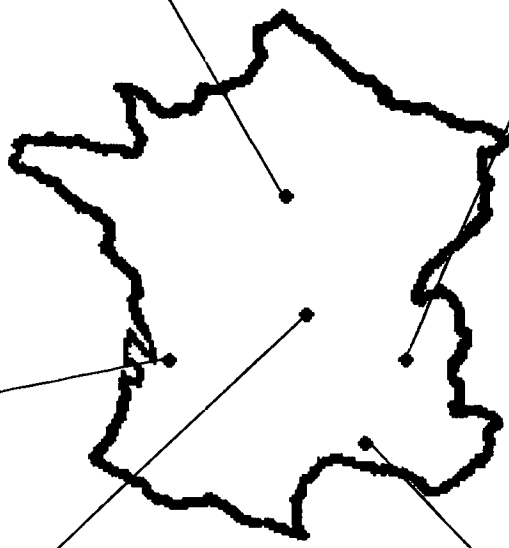
INRA, Ardon
45160 Olivet
Tél. : 38 41 78 00
Télécopie : 38 41 78 79

GRENOBLE

Division Protection phytosanitaire de la forêt
Jean-François Abgrall

Département montagne : cellule Forêts de protection en montagne
Claude Rupé

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



BORDEAUX
Antennne du programme Potentialités des stations forestières

Anne Hubert-Chêne
Division Production et économie agricoles
50, avenue de Verdun
BP 3, 33611 Gazinet Cedex
Tél. : 56 36 09 40
Télécopie : 56 36 75 11

CLERMONT-FERRAND - RIOM
Division Techniques forestières (moyenne montagne)

Jean-Luc Guitton
Domaine de Laluas
63200 Riom
Tél. : 73 38 20 52
Télécopie : 73 38 76 41

AIX-EN-PROVENCE
Division Forêt méditerranéenne

Patrice Juillet de Saint Lager
Le Tholonet, BP 31,
13612 Aix-en-Provence, Cedex 1
Tél. : 42 66 93 10
Télécopie : 42 66 88 65

Les huit programmes du département "Forêt" et le programme "Forêts de montagne" du département Montagne rassemblent, en dehors de la mécanisation forestière qui relève du département Machinisme, l'essentiel des activités forestières du CEMAGREF.

Dans ce premier chapitre, la parole est laissée aux animateurs de programme qui vont vous indiquer en quelques lignes les faits marquants de l'année écoulée et les modifications essentielles d'orientation de leur programme.

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.

PROGRAMME AGROFORESTERIE

L'année 1991 a été marquée par la première évaluation du programme, procédure propre au CEMAGREF, qui permet à la direction générale de faire appel à des intervenants extérieurs pour porter un jugement sur la validité du programme, dans le cadre de la commission scientifique spécialisée du département "Forêt".

La présentation des différentes actions, leur discussion et leur évaluation ont conduit à synthétiser les idées et résultats et à préciser les différentes relations en jeu dans les schémas agroforestiers testés. Elles ont fait ressortir trois grandes notions :

1) L'association de la culture d'arbres pour la production de bois de qualité **et de l'élevage** qui est étudiée dans ce programme **est basée sur un triptyque original** peu appréhendé jusqu'à présent, l'association **arbre + herbe + animal**.

Cela signifie l'étude des interactions

arbre-herbe quand l'arbre est jeune ou adulte,
arbre-animal avec ou sans une protection,
herbe-animal s'il y a modification de la prairie.

Cela signifie également la sélection de chacun de ces éléments pour une meilleure intégration générale (arbres adaptés au tube-abri, herbes de semi-ombrage,..).

2) L'éleveur, chef d'exploitation est le maître de cette association, il joue par des interventions et choix techniques, en fonction de ses moyens de production, ses objectifs et sa technicité, sur les conduites du troupeau, du système fourrager et des arbres.

3) La parcelle agroforestière est une pièce de l'exploitation agricole : elle est soumise à l'environnement socio-économique et réglementaire. C'est aussi un élément du territoire qui joue un rôle à définir dans le paysage général.

Si l'accent a été porté dans les premières années à juste titre, pour la phase de définition et de mise en place du programme, sur le premier point, il est ressorti de l'évaluation que les deux autres points ne devaient plus être négligés à l'avenir, d'autant qu'ils feraient sans doute modifier la hiérarchie des éléments techniques à étudier.

PROGRAMME AMELIORATION GENETIQUE DES ARBRES FORESTIERS

Vergers à graines

L'année 1991 a été marquée par les excellentes récoltes obtenues sur les pins, avec 215 hectolitres de cônes (> 350 kg de graines) sur pin maritime et 900 hectolitres (environ 1 tonne de graines) sur pin laricio. Pour cette seconde espèce, la production est supérieure à la consommation nationale évaluée à 700 kg/an.

En revanche, les conditions ont été très mauvaises pour douglas vert, épicéa commun et mélèze en raison, d'une part, des très bonnes récoltes de l'année précédente et d'autre part, des gelées tardives survenues au mois d'avril. Ces conditions ont notamment perturbé les travaux sur la stimulation de la floraison. Les principaux travaux concernent la poursuite de la mise au point du prototype de pollinisateur artificiel, et le démarrage d'un programme d'étude sur la faisabilité d'un verger sous serre de mélèze hybride.

Tests des variétés améliorées

L'ensemble des variétés produites en vergers à graines doivent être évaluées afin de répondre à 3 questions :

- vérifier les hypothèses faites dans le processus d'amélioration aboutissant à la constitution des vergers à graines ;

- permettre la commercialisation dans la catégorie contrôlée prévue par les directives européennes ;

- préciser les conditions dans lesquelles la supériorité se manifeste.

Un programme de tests a été lancé en 1991 pour les 7 parcelles de vergers de douglas vert (dont le verger franco-danois provenance Darrington), un verger franco-danois d'épicéa commun provenance Rachovo et le verger de pin maritime de Lavercantière.

Conditions réglementaires applicables aux variétés améliorées

Une réflexion approfondie a été engagée sur les limitations imposées par la règlementation aux méthodes d'amélioration des arbres forestiers. Des propositions de modification des textes en vigueur ont été soumises à la CEE et à l'OCDE, afin d'introduire une nouvelle catégorie réglementaire pour les variétés dont la supériorité est estimée par le calcul génétique, et non établie dans des tests comparatifs.

Populiculture

Démarrage d'un programme de valorisation de clones de Populus deltoïdes sélectionnés dans les tests anciens de l'INRA.

PROGRAMME CREATION ET CONDUITE DE PEUPLEMENTS

En 1991, quelques axes principaux de travail ont été développés :

1) La mise en oeuvre de dispositfs techniques de boisement de terres agricoles :

- comparaison semis-plantation d'essences feuillues (chêne rouge)
- installation de végétations d'accompagnement (merisier)
- poursuite des essais sur la sélectivité, l'efficacité et l'utilité de divers produits phytocides.

Le document "Choisir un produit adapté" (herbicides et débroussaillants en forêt), corédigé par le CEMAGREF, la Protection des plantes et environnement et l'INRA (station de sylviculture et de production) a été publié.

Dans le Guide Forestier Méditerranéen a été publié le cahier n° 7 relatif aux techniques de reboisement en région méditerranéenne.

2) L'étude sur les plants en motte et en conteneurs hors région méditerranéenne a été entreprise. Les premiers résultats mettent en évidence que les architectures racinaires restent globalement moyennes, quels que soient les dispositifs étudiés, dans les conditions des parcelles reboisées il y a 5 à 10 ans.

3) Des dispositfs sylvicoles, centrés sur la conduite dynamique des jeunes peuplements équiennes permettent de voir leur fonctionnement aux conditions limites et de mesurer les risques, inconvénients et avantages sur peuplements feuillus (chêne, châtaignier, merisier) et résineux (pin laricio et sylvestre en plaine, douglas et épicéa en moyenne montagne).

4) L'année 1991 a marqué le début de la réflexion sur la participation du CEMAGREF au **projet coordonné de coopérative de données** de certains peuplements forestiers en partenariat avec l'INRA, l'ONF, l'AFOCEL sous le pilotage scientifique de l'ENGREF.

5) Enfin les divisions concernées ont continué à apporter un appui significatif à la **formation initiale et continue**.

PROGRAMME METHODE D'ELEVAGE DU MATERIEL VEGETAL FORESTIER

En ce qui concerne la zone tempérée, le programme est orienté autour de 2 axes principaux :

Production des variétés améliorées

. Multiplication végétative de l'épicéa commun.

Les travaux portent sur la production d'une variété multiclonale sélectionnée par l'INRA. La phase d'enracinement est bien maîtrisée et les travaux portent principalement sur la gestion des pieds-mères afin de limiter l'importance de la plagiotropie. Par ailleurs, la phase d'éducation des plants racinés mérite une certaine attention notamment afin d'obtenir un système racinaire bien conformé (cernage, densité, fertilisation).

. Multiplication végétative en vrac du douglas vert

En 1991, les premiers essais de forçage des semis (pieds-mères) en serre ont été menés. Ils consistaient à effectuer un semis précoce (janvier) en conteneur, sous serre, et élever les semis avec/sans éclairage artificiel, avec/sans chauffage de fond, et avec différentes modalités de fertilisation (Osmocote + fertirrigation).

Nutrition des plants en pépinière

. Mycorhization contrôlée en pépinière.

Les travaux sur les conséquences techniques et économiques de la mycorhization contrôlée du douglas vert au semis sont en voie d'achèvement et l'accent est mis sur l'épicéa commun issu de multiplication végétative. Les premiers résultats obtenus à Peyrat-le-Château font apparaître un effet significatif sur la croissance en hauteur mais aussi sur le retour à l'orthotropie. L'importance de l'effet de la mycorhization contrôlée sur la croissance du douglas vert en pépinière permet de penser que les conditions de nutrition sont éloignées de l'optimum. Un programme d'étude a donc été engagé sur cette essence.

Zone méditerranéenne

Les travaux portent essentiellement sur la nutrition en pépinière de plants de résineux élevés en conteneurs (sapin de Bornmüller, pin laricio, cèdre de l'Atlas). Les études incluent d'une part, la nutrition minérale, mais aussi la recherche de souches mycorhiziennes adaptées.

Pour ce sous-programme, l'événement majeur a cependant porté sur la rédaction du chapitre 6 du guide du forestier méditerranéen "production de plants forestiers". Ce document destiné au praticien, fait le point des connaissances actuelles sur ce sujet, et reprend notamment les conclusions des études sur les conteneurs.

PROGRAMME PRODUCTIVITE DES ECOSYSTEMES FORESTIERS

Le cru 1991 du programme Productivité des Ecosystèmes Forestiers est un excellent millésime, puisque des travaux entrepris de longue haleine ont abouti cette année, et que d'autres, de non moins longue haleine, ont été entrepris.

Citons notamment, parmi les travaux achevés les plus marquants :

la typologie des stations forestières des régions de Lannemezan, Ger & Moyen Adour et la Bordure Est du Massif Central,

l'autécologie de deux essences méditerranéennes, le pin Brutia et le pin de salzmann

les relations stations-production sur le douglas en pays d'Othe.

Les travaux entrepris concernent principalement la typologie en région méditerranéenne et le développement des relations entre le milieu et la qualité des bois feuillus, que ce soient les feuillus précieux ou les chênes indigènes : c'est l'objet d'une thèse en cours à Bordeaux avec un partenariat scientifique du laboratoire qualité des Bois de l'INRA à Nancy.

Le programme poursuit ainsi son activité sur les deux pôles qui le structurent : l'étude du milieu pour une meilleure prise en compte dans la gestion forestière, et la réponse des peuplements aux variations de milieu, tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

PROGRAMME PROTECTION DES FORETS CONTRE L'INCENDIE

Dans les 15 départements méditerranéens, on compte environ 4 250 000 ha d'espaces naturels non agricoles exposés aux incendies de forêts. On estime à environ 1 000 000 ha la zone dite "rouge" où le risque est le plus élevé du fait du climat, de la végétation et du relief. Chaque année une surface de 10 000 à 60 000 ha est parcourue par le feu.

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 (relief, météo, végétation, etc...) et des facteurs humains (présence de routes, de dépots d'ordure, etc...). Elle aboutit 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 débute par une préétude en cours de réalisation dans le Massif des Maures (Var).

2) Etude des caractéristiques techniques et des modes de mise 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.

La division travaille à définir les caractéristiques techniques et les modes de mise en valeur des grandes coupures existant dans les 15 départements méditerranéens. Les résultats de cette étude feront l'objet d'une note technique fournissant les clauses d'établissement et d'entretien des grands coupures stratégiques prescrites par le Ministère de l'Agriculture et de la Forêt (rapport de Monsieur l'Ingénieur Général COCHELIN).

PROGRAMME PROTECTION PHYTOSANITAIRE

A Grenoble, dans le cadre du programme DEFORPA d'étude des "pluies acides" a été mise en route une base de données pour le réseau bleu .

En Pathologie, l'expérimentation destinée à vérifier l'efficacité des onguents pour la protection des plaies d'élagage a démarré sur le terrain. L'influence des types de pulvérisation dans la lutte contre la rouille courbeuse des pins a fait l'objet d'une ultime expérimentation. Différentes matières actives ont été testées pour lutter contre la cylindrosporiose des merisiers.

En Entomologie, à Grenoble comme à Nogent, les insectes ravageurs forestiers sont les principaux sujets d'études. Ce sont :

- le scolyte typographe ravageur de l'épicéa.

Dans le site du Meygal, par des essais de densification du piégeage par utilisation de phéromone d'agrégation, on essaie de corréler la sensibilité aux attaques de ce scolyte avec la croissance en diamètre des épicéas.

Une nouvelle vérification des pièges à typographe s'est faite en Basse Normandie et Champagne-Ardennes. Enfin, des premiers essais visent à quantifier la pullulation des scolytes à partir des grumes laissées en forêt après leur abattage.

- la cheimatobie et l'influence de la structure du peuplement sur le niveau des captures.

- l'hylobe après coupe rase des peuplements de pins. Le suivi dans le temps des populations a été repris à l'aide de pièges appatés à l'éthanol et l'alpha-pinène. Les résultats sont croisés avec ceux obtenus par dissection de plus de mille femelles capturées dans ces pièges.

- la tordeuse verte avec des études en laboratoire sur la population de chenilles de premier âge ainsi que le suivi des pullulations en forêt.

- les insectes des taillis à courte rotation gérés par l'Afocel.

Les chercheurs de ce programme soutiennent aussi les ingénieurs du Département de la Santé des Forêts, dans la gestion des problèmes nouveaux qui sont rencontrés et pour la formation des forestiers de terrain.

PROGRAMME RELATIONS FORET-GIBIER

L'activité de la Division "Espaces Naturels et Faune Sauvage", en sus d'une part très importante d'appui technique notamment auprès des services extérieurs de l'Office National des Forêts (183 journées de déplacements en 1991) et des Fédérations Départementales des Chasseurs, demeure orientée sur :

* l'évaluation de la capacité d'accueil du milieu forestier pour les cervidés,

* la prise en compte de la grande faune dans l'aménagement et les techniques sylvicoles,

* l'intégration dans le paysage des régénérations, boisements neufs et équipements linéaires,

* l'analyse et la prévention des dégâts,

* la diversification des utilisations du territoire rural dans le cadre de la déprise agricole.

Les études poursuivies en 1991 ont permis de confirmer que ce sont bien les interventions du forestier, tout au long de la vie de la forêt et pas seulement pendant la phase de régénération, qui font que la lumière pénètre plus ou moins dans les peuplements, et activent en conséquence la végétation au sol ; celle-ci est trop souvent appréciée en seuls termes de concurrence vis-à-vis des essences forestières, alors qu'elle doit - et très certainement peut dans la majorité des cas - constituer non seulement la base alimentaire de populations de cervidés en équilibre avec leur habitat, mais encore un remède préventif contre certains dégâts qui sont la hantise des gestionnaires. D'autre part, les outils maintenant disponibles ou en passe de le devenir sous peu (indicateurs floristiques et biométriques) devraient constituer pour les forestiers une aide précieuse à la gestion de leurs populations de cervidés.

En matière de prévention des dégâts, une piste prometteuse est apparue en 1991 dans le cadre de la recherche de composés chimiques susceptibles d'expliquer l'aversion alimentaire chez les cervidés : une molécule d'origine végétale a été identifiée, est en cours de synthèse et donnera lieu dès le début 1992 à des essais sur animaux en captivité (lapin de garenne, chevreuil) ; en cas de résultats satisfaisants, il conviendra toutefois de s'assurer de son innocuité, et de la possibilité de lui conférer un caractère systémique.

PROGRAMME FORET DE MONTAGNE

Opération "forêt de protection"

A la suite de la conférence de Strasbourg sur la protection des forêts, une étude importante concernant les structures et la stabilité des forêts d'épicéa dans les Alpes du Nord a été entreprise. Elle fait l'objet d'une convention tripartite entre le CEMAGREF, le Ministère de l'Agriculture (DERF) et l'ONF et d'un financement de la DERF pour trois ans.

Cette étude comporte trois volets :

- l'analyse des forêts comprenant l'étude des structures, des risques et des enjeux, la prise de mesures et la cartographie ;

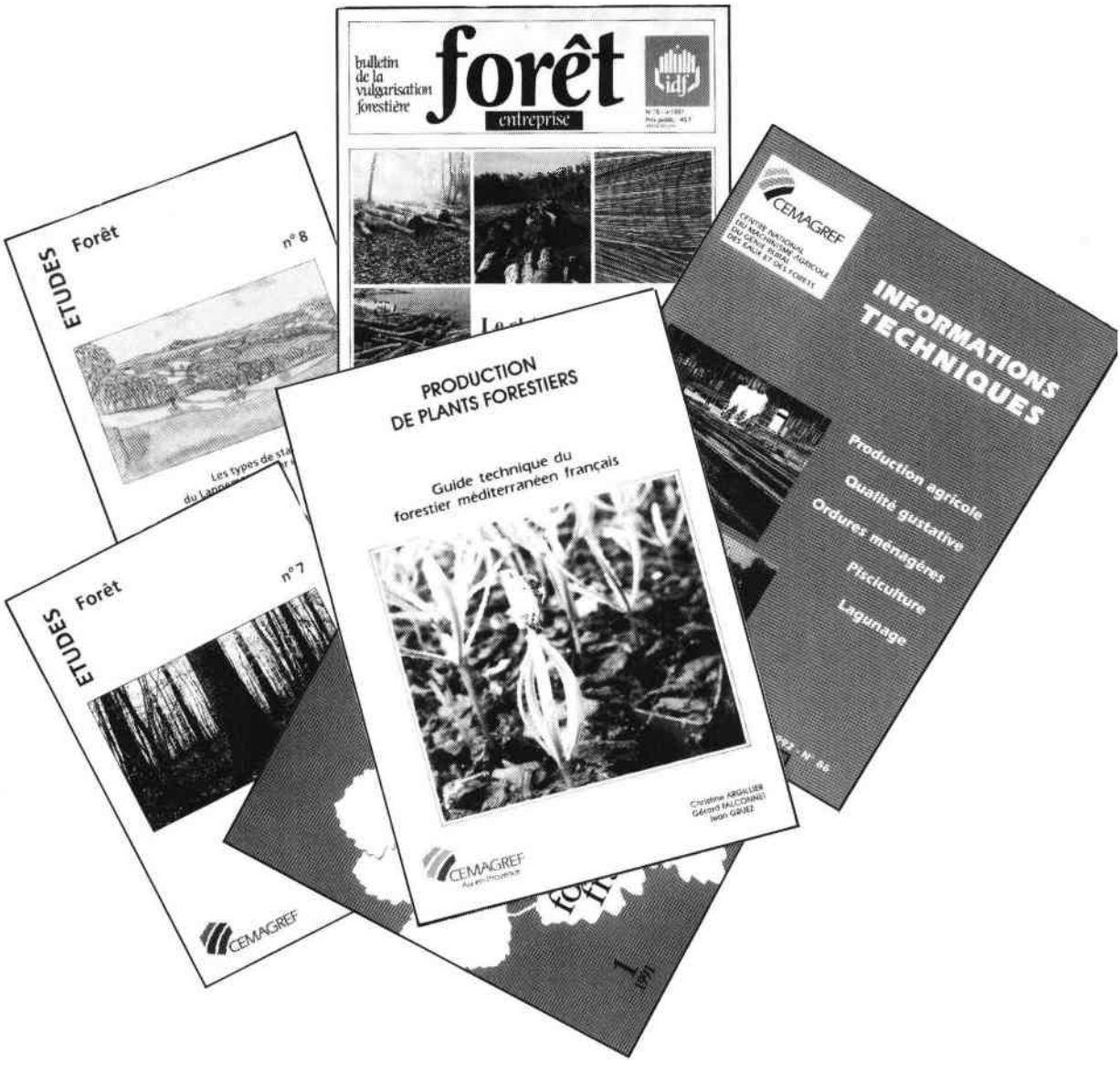
- la définition, la réalisation et le suivi d'actions sylvicoles ;

- la modélisation pour se prononcer à terme sur l'évolution des peuplements.

Au titre de l'année 1991, les volets "analyse" et "modélisation" ont été abordés à l'occasion d'une campagne de terrain importante et d'un travail de DEA (B. Courbaud).

Dans le cadre des opérations de zonage préconisées par la DERF et à la suite d'une demande du président des communes forestières de Savoie, a été lancée une étude de deux ans concernant la détermination des forêts à rôle de protection et les priorités dans les actions sylvicoles à y mener. La méthode de travail est basée sur le croisement de différentes cartes thématiques, au moyen du logiciel arc-info. Les fichiers pourront être ensuite rétrocédés à l'ONF après discussion des modalités.

2. Publications de l'année 1991



PROGRAMME AGROFORESTERIE

AUBIER T., LONGERON S. 1991

Projet d'ouverture de la forêt au pâturage en moyenne montagne humide, CEMAGREF-Université Paris VII, Division Techniques Forestières Moyenne Montagne, 160 p.

Cette étude vise à mesurer le degré de réceptivité du Forez pour des projets d'ouverture de plantations résineuses au pâturage, à travers l'analyse du contexte physique, humain et juridique. Les peuplements en majorité à base de pins sylvestre ayant largement dépassé le stade de la première éclaircie ne sont pas les plus adaptés. De plus, l'extrême morcellement (40 ares en moyenne) interdit toute opération isolée. Seules une solution collective pouvant s'appuyer sur l'association forestière pastorale, peut permettre de rassembler les intérêts des éleveurs, des propriétaires et des collectivités.

FRAIN M., 1991

Caractérisation botanique phytosociologique des essais agroforestiers d'Auvergne installés depuis 1989 en praries permanentes, CEMAGREF-ARENES-INRA, Division Techniques Forestières Moyenne Montagne, 18 p.

Il s'agit dans cette étude de caractériser la composition floristique des prairies du dispositif agroforestier auvergnat, plantées de feuillus précieux pour avoir un point zéro avant le développement des arbres et la modification induite de la flore. Des 45 relevés , il apparait quatre principaux types de prairies ; les trois premières se rencontrent aux altitudes basses et moyennes (250 à 1 080 m), la dernière à Laqueuille sur le flanc nord de la Banne d'Ordanche (1 250m)

1) Les prairies intensément pâturées semi-naturelles à ray-grass anglais
2) Les pacages maigres naturels à crételle et fétuque(s) rouge(s)
3) Les prairies grasses à *Arrhenatherum elatius* et *Lolium perenne*
4) La nardaie améliorée à trèfle blanc

GUITTON J.L. 1991

Importance et rôle du bois dans les exploitations agricoles de Moyenne Combraille. CEMAGREF, Annales 1990 Forêt - Collection Etudes n°6 pp.228-239

Cet article analyse la place de l'arbre dans l'exploitation agricole de Moyenne Combraille, région de moyenne montange à l'Ouest du département du Puy de Dôme.

La plupart des agriculteurs travaillent annuellement les arbres des haies pour leur bois de chauffage, ce qui constitue un gros chantier d'environ 1 mois. Le capital bois s'appauvrit d'année en année du fait de l'absence de régénération des arbres. Par contre, les parcelles boisées (principalement de feuillus) ne sont pas exploitées et constituent un capital pour l'avenir.

Malgré l'omniprésence de l'arbre, les agriculteurs de Moyenne Combraille, sont donc peu préparés à innover dans des plantations de prairies paturées pour une production parallèle de bois d'oeuvre. De plus les schémas d'évolution de l'agriculture sont toujours les schémas traditionnels de spécialisation. Le terroir et la structure d'exploitation sont, à l'inverse, plus favorables. L'agroforesterie devra s'appuyer sur des techniques simples et sures, une vulgarisation efficace et des aides à la.plantation.

GUITTON J.L., DE MONTARD F.X., RAPEY H., 1991

Agroforesterie moderne en Auvergne : principes et premier bilan d'une expérimentation multilocale, in Informations Techniques du CEMAGREF n° 81, note 2, 7 p. (cf. chapitre 3)

Les progrès scientifiques, génétiques et techniques ainsi que l'évolution de la politique agricole commune qui incite à une diversification des productions sont autant de raisons pour imaginer et tester de nouvelles associations de cultures d'arbres et d'agriculture.

En Auvergne, il s'agit de complanter des prairies pâturées. L'article présente la méthode d'installation de protection des arbres contre le bétail et les premiers résultats tant de croissance des jeunes plants que de la cohabitation arbre-animaux.

PROGRAMME AMELIORATION GENETIQUE DES ARBRES FORESTIERS

ARBEZ M., TERRASSON D., 1991

Genetic improvement and varietal risk in forest varieties : integration in European legislation - IUFRO W.P. S-202-21 - GMUNDEN, 10 - 15 June 1991, 8 p. (à paraître)

Le rôle du législateur consiste à favoriser la diffusion de variétés plus performantes tout en protégeant l'utilisateur contre les risques de la nouveauté. Le risque variétal dépend du choix des parents et du mode d'obtention, il augmente généralement avec le niveau d'amélioration.

La réglementation européenne privilégie la protection de l'utilisateur mais le coût et la durée des tests d'homologation en catégorie contrôlée peuvent constituer un frein pour la création variétale. Pour réduire cet inconvénient, il importe donc de créer une nouvelle catégorie réglementaire, provisoirement baptisée "présumée améliorée".

Caractérisée par une inscription sur dossier pour une période strictement limitée dans le temps, elle constituerait une étape transitoire vers la catégorie contrôlée. Le dossier d'homologation préparé par l'obtenteur, doit permettre d'apprécier l'intérêt novateur de la variété et de calculer le niveau de supériorité attendu. Il contient des informations précises sur le nombre, l'origine et le pedigree des parents, les types de croisements et le mode d'obtention de la variété, les conditions d'installation et de conduite des éventuels essais réalisés par l'obtenteur et leurs résultats.

DEBOISSE G., TERRASSON D., 1991

Le bouturage direct en populiculture permet-il une réduction des coûts de production ? - Informations Techniques du CEMAGREF n° 84, 8 p. (cf Chapitre 3)

Les auteurs comparent la technique traditionnelle de plantation des peupleraies utilisant des plançons de 2 ans, avec une technique plus économique basée sur la mise en place de boutures à espacement définitif (7 m x 7 m).

Il apparaît que cette méthode est techniquement viable sous réserve du choix d'un clone adapté et d'un entretien très intensif. En revanche, elle comporte un risque d'échec élevé, et augmente l'hétérogénéité du peuplement.

De plus, le bilan économique s'avère négatif, compte tenu de l'augmentation des coûts d'entretien du sol et d'élagage, et de l'allongement de la rotation. Le bouturage doit donc être réservé à la pépinière ou aux taillis à courte rotation.

FERNANDEZ R. (sous la direction de), 1991

Amélioration des essences forestières ; matériels contrôlés et sélectionnés : Conseils d'utilisation - Ministère Agriculture, 60 p.

Ce document analyse pour chaque espèce et par zone géographique, les régions de provenances et les matériels de reproduction de catégorie contrôlée, qui peuvent être conseillés. Il comporte une fiche pour chaque essence, afin de pouvoir être actualisé au fur et à mesure des évolutions possibles dans la délimitation des régions de provenance, la liste des peuplements contrôlés et les conseils d'utilisation.
Chaque fiche, qui concerne une espèce soumise au code forestier, livre V, titre V, comprend trois parties :
- description des matériels de base français approuvés : peuplements et vergers contrôlés, et, pour les matériels sélectionnés, régions de provenance ;
- conseils d'utilisation des matériels français et des matériels étrangers autorisés à l'importation ;
- carte des régions de provenance et des matériels de base contrôlés.

FERNANDEZ R., 1991

Forest reproductive materials concerning pedunculate oak (Quercus robur L.) and sessile oak (Quercus petraea (Matt.) lieb) in France : Problems and results - IUFRO W.P. S-202-22 "genetics of oak species" - Nogent/Vernisson, 2-6 Septembre 1991, 3 p.

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) : deux difficultés d'application sont analysées (pureté spécifique des peuplements et des lots de matériels forestiers de reproduction) et un bilan est tiré après presque vingt ans d'application de la réglementation.

PHILIPPE G., BALDET P., 1991

Production de graines hybrides de mélèze : Essai de pollinisation mécanisée. Rapport GIS "Variétés Forestières Améliorées", 23 p.

L'absence de synchronisation entre les floraisons des clones de mélèze d'Europe et du Japon présents dans les vergers à graines interdit leur hybridation naturelle. La production de graines de Larix eurolepis implique donc la pollinisation artificielle du clone européen, utilisé comme mère. Le CEMAGREF a construit une machine à polliniser qui fonctionne selon le principe du poudrage électrostatique. Ce procédé vise à guider le pollen vers les inflorescences femelles en tirant parti des différences de conductivité observées entre ces dernières et les organes lignifiés de l'arbre tels que le tronc ou les branches.
Une première série d'essais met effectivement en évidence un effet très positif de l'électrisation du pollen, cette technique augmentant dans de fortes proportions le nombre de graines de pollen déposées sur les fleurs. En revanche, les pollinisations réalisées en vraie grandeur aboutissent à des rendements en graines extrêmement faibles et très inférieurs à ceux

obtenus en utilisant la méthode manuelle (soufflage de pollen à l'aide d'un pistolet pneumatique). Cet échec est attribué à une mauvaise électrisation du pollen liée à un séchage déficient de l'air qui l'achemine vers le pistolet distributeur.

TERRASSON D., 1991

La culture du peuplier et du saule en Argentine - Revue Forestière Française n° 3 - 1991, pp. 240 - 247.

La culture du peuplier et du saule en Argentine est concentrée dans trois zones aux caractéristiques édaphiques très différentes. Dans le delta du Parana soumis à des inondations périodiques, on trouve essentiellement des saules et des peupliers deltoïdes. En bordure des Andes la culture se développe sur des terrains irrigués avec des plantations de peupliers euraméricains près de Mendoza et des alignements de Populus nigra au nord de la Patagonie. Il faut signaler l'importance économique du Septoria musiva, agent d'un chancre du tronc inconnu en Europe.

TERRASSON D., DEBOISSE G., 1991

Quel clone de peuplier choisir dans l'Oise et dans le Bassin Parisien - l'AUBIER n°5, Octobre 1991, 1 p.

La populiculture du Bassin Parisien a été dominée pendant de nombreuses années par le clone 'Robusta'.
Les modifications intervenues récemment dans le catalogue national doivent lui faire préférer des clones plus récents sélectionnés en Belgique, ainsi que 'Flévo' obtenu aux Pays-Bas. 'Ghoy' est bien adapté aux stations les plus humides. 'Flévo' peut être utilisé sur les stations humides. et sur les stations alluviales sèches.
Dans tous les autres cas, les meilleurs résultats sont obtenus avec les peupliers interaméricains. Il faudra néanmoins prendre en compte la sensibilité au vent de ceux-ci, mais également leurs différences de sensibilité pathologique. Les populicultures devront tout particulièrement veiller à éviter la monoculture.

VALADON A., PHILIPPE G., 1991

Traitements fructifères dans les vergers à graines d'arbres forestiers - Informations Techniques CEMAGREF n° 81 note 6, 8 p. (cf Chapitre 3)

Le programme public de vergers à graines doit permettre aux reboiseurs de bénéficier rapidement des résultats de l'amélioration génétique. En l'absence d'interventions humaines, la production des vergers est cependant insuffisante pour satisfaire aux exigences du marché, ce qui justifie les recherches entreprises au CEMAGREF pour hâter et intensifier leur fructification.

Les techniques utilisables visent :
- à favoriser l'apparition d'ébauches florales. Il s'agit de traitements culturaux (fertilisation azotée, annélation d'écorce, cernage racinaire) ou hormonaux (injections de gibbérellines dans le tronc). L'efficacité de ces interventions est fortement conditionnée par leur synchronisation avec la période de différenciation florale;
- à améliorer la pollinisation en apportant un complément de pollen au moment du pic de réceptivité des fleurs femelles ;
- à assurer un bon développement des ovules en graines, notamment en les protégeant contre les insectes ravageurs des cônes et des graines.

Signalons enfin que ces techniques, d'abord destinées à accroître la production, peuvent aussi être utilisées pour améliorer la qualité de la graine produite.

PROGRAMME CREATION ET CONDUITE DE PEUPLEMENTS FORESTIERS

CHEVALIER R., 1991

Premiers résultats d'un réseau d'essais sur le dépressage et la première éclaircie du pin laricio en région Centre. Forêt-Entreprise n° 78, 6/91, pp. 14-20

L'analyse des résultats de 8 expérimentations met en évidence l'effet de l'intensité et du stade de la première éclaircie sur la croissance et la forme des arbres, ainsi que sur le coût de l'opération. Ces connaissances débouchent sur des conseils aux gestionnaires, pour la réalisation de la première éclaircie du pin laricio, dans les meilleures conditions technico-économiques, suivant le type de sylviculture envisagé.

GINISTY C., 1991

Premiers résultats d'un réseau d'essais de dépressages et d'éclaircies précoces de résineux. Séminaire sur les coupes d'éclaircies du comité mixte ONU, OIT, CEE à Nodebo - Danemark du 24 au 28 juin 1991- 5 p.

Un réseau d'essais a été installé par le CEMAGREF et l'Institut pour le Développement Forestier pour étudier la réaction des peuplements résineux (croissance, forme, chablis, bilan économique...) à des éclaircies fortes et précoces pratiquées à différents stades et avec diverses intensités.

Pour le pin laricio (Pinus nigra ssp. Laricio) et dans le cadre d'une sylviculture très dynamique, une première éclaircie dès 7,5 m de hauteur dominante (ramenant la densité à 800 t/ha) paraît être une possibilité, réduisant la production de petit bois rouge (difficile à vendre) et maintenant le peuplement en situation d'équilibre vis-à-vis des chablis. Une autre voie, moins dynamique, est de réaliser la première éclaircie vers 11 m de hauteur dominante, pour réduire la densité à 1 100 t/ha. Dans les deux cas, les conséquences sur la qualité technologique des bois produits doivent être parfaitement évaluées.

GINISTY C., CHEVALIER R. 1990

Un réseau d'essais sur le dépressage et les éclaircies précoces des résineux. CEMAGREF - Annales 1990 Forêt - Collection Etudes n° 6 pp. 217-227

Depuis 1984, le CEMAGREF, en collaboration avec l'IDF, a installé près d'une cinquantaine de dispositifs testant des dépressages et des premières éclaircies sur pin sylvestre et laricio, épicéa commun et douglas.

L'éclaircie d'un peuplement résineux (dépressage quand la hauteur dominante est comprise entre 2 et 8-10 m) vise en tout premier lieu à abaisser la densité de manière à concentrer la croissance sur un plus faible nombre de tiges sélectionnées, à rendre le peuplement plus stable. Des interventions fortes font perdre en volume total produit à l'hectare mais "dynamisent" la sylviculture en diminuant le délai pour atteindre un diamètre moyen donné.

Etudier la réaction des quatre espèces précitées à des interventions brutales (abaisser la densité à des niveaux de (800 à 600 tiges/ha) est l'objet des tests comparatifs simples ou statitisques.

L'article décrit le protocole d'installation et de suivi en croissance et en forme de ces essences et l'état du réseau au 1er janvier 1990. Il présente les types de résultats que peuvent attendre les gestionnaires et les scientifiques.

PROGRAMME METHODE D'ELEVAGE DU MATERIEL VEGETAL FORESTIER

AMIRAULT J.M. ET GENERE B., 1991

Mycorhization contrôlée en pépinière classique (3ème tranche) - Rapport F.F.N., Juin 1991, 48 p.

Synthèse des travaux réalisés depuis 1989 sur la mycorhization contrôlée par Laccaria laccata S-238, du douglas vert issu de semis et de boutures d'épicéa commun, ainsi que des premières observations après transplantation en forêt.
En ce qui concerne le douglas vert il est apparu que les plants mycorhizés n'avaient pas un rapport hauteur/diamètre conforme aux normes de commercialisation fixées par la CEE, et qu'il était donc nécessaire de modifier la technique d'élevage en jouant sur 3 aspects : réduction des densités, cernage, dépivotage.
Pour l'épicéa commun issu de multiplication végétative, la mycorhization contrôlée entraîne une augmentation significative de la croissance en pépinière, mais elle améliore également le taux de retour à l'orthotropie.

ARGILLIER C., FALCONNET G., GRUEZ J., 1991

Guide technique du forestier méditerranéen français : chapitre 6 : production de plants forestiers ; 9 fiches.

Ce chapitre a pour but de :

- présenter les caractéristiques que doivent offrir les plants forestiers pour être bien adaptés aux conditions de climat et de sol propres aux régions méditerranéennes,

- décrire les méthodes de culture permettant de produire des plants répondant à ces caractéristiques.

Il traite du choix des provenances, de la physiologie des plants, des supports d'élevage (conteneurs, substrats), de l'alimentation des plants (eau, éléments minéraux, lumière), de la durée de culture, de l'installation des plants.

GENERE B., AMIRAULT J.M., 1991

L'élevage du douglas mycorhizé au semis : influence de la pépinière et du type de plants - Annales Forestières du CEMAGREF 1990, pp. 186-200.

Les techniques d'inoculation au semis du douglas vert avec la souche S 238 de *Laccaria laccata étant bien* maîtrisées, l'étude porte sur la phase d'élevage des plants en 2 ans. Quatre essais sont décrits, permettant de distinguer les deux facteurs de variation retenus que sont l'effet pépinière (Les Barres ou Peyrat-le-Château) et le type de plant (avec ou sans repiquage). La hauteur des plants et le taux de mycorhization des racines courtes par *Laccaria laccata* sont mesurés à la fin de chacune des deux années d'élevage par échantillonnage.
Les résultats obtenus sont contrastés tant au niveau de la croissance améliorée de 32 % par l'inoculation à Peyrat non modifiée aux Barres, que du taux de mycorhization en sortie qui diminue en deuxième année de pépinière.

VALLEE B.
Utilisation de plants en conteneurs hors région méditerranéenne Résultats de deux essais sur pin laricio de Corse. CEMAGREF - Annales 1990 Forêt - Collection Etudes n° 6 pp. 201-216

L'utilisation de plants éduqués en motte ou en conteneur connait un certain développement, même hors région méditerranéenne. La division "Techniques Forestières" de Nogent sur Vernisson a mis en place durant les hivers 85-86 et 86-87 deux essais sur pin laricio de Corse, prenant en compte un facteur type de plants (motte Hiko, motte Fertiss, paperpot, et racines nues), et un facteur date de plantation (novembre, mars, mai).

En comparant la reprise et la croissance des plants en conteneurs et des plants en racines nues, les deux essais présentent des résultats légèrement contradictoires ; les types de conteneurs, par compte, ne se différencient pas entre eux. Concernant l'époque de plantation, la plantation d'automne est, dans l'un des essais, supérieure à celles de printemps.

D'autre part, des arrachages, en vue d'étudier le système racinaire des plants de chaque modalité, ont été effectués à l'automne 1989. L'on a pu constater que les plants en conteneur possèdent pour la plupart un pivot et une bonne répartition spatiale des racines latérales. Les plants en racines nues, se caractérisent souvent par un système racinaire en forme de crosse.

PROGRAMME PRODUCTIVITE DES ECOSYSTEMES FORESTIERS

BOLCHERT C., 1991

Les feuillus précieux : ressources et récolte nationales, propriétés de base et propriétés technologiques du bois, valorisation et commercialisation, marchés actuels et ordres de prix, CEMAGREF, Divison Techniques Forestières Moyenne Montagne, 150 p.

Ce travail de synthèse bibliographique a mis en évidence le fait que les feuillus précieux dont la ressource n'est pas négligeable, sont des essences aux dimensions intéressantes. Leurs bois ont un aspect esthétique très apprécié. En outre, ils présentent des propriétés physiques (densité, dureté, rétractabilité) moyennes, de bonnes propriétés mécaniques et de très bonne propriétés technologiques (une aptitude certaine au tranchage, un comportement très satisfaisant à la finition).
Les feuillus précieux doivent être encouragés chaque fois que les conditions écologiques le permettent et ils peuvent aider à rendre plus productives de petites propriétés forestières. En outre, le fait que ces bois fassent l'objet de demandes importantes indépendantes des modes est un élément rassurant. Reste à savoir si l'offre future en hausse ne fera pas chuter sensiblement les cours.

CURT T., 1991

Catalogue des stations forestières de la bordure Est du Massif Central, CEMAGREF, Division Techniques Forestières Moyenne Montagne, 200 p.

Cette typologie de stations forestières décrit dans une première partie les paramètres géologiques, climatiques et géomorphologiques qui conditionnent la variabilité stationnelle sur la bordure orientale du Massif Central (du Charolais à la Haute Ardèche). Les types de stations ont été étudiés en fonction de la *nature lithologique* du substratum géologique, qui conditionne la nature - et particulièrement la *texture* - des matériaux d'altération.
Un découpage en régions climatiques homogènes a permis de pratiquer des choix d'essences en fonction de l'étagement altitudinal, mais aussi du régime pluviométrique. Les stations de type *oligotrophe* - de réserve utile variable - dominent largement dans la zone d'étude, et permettent des choix d'essences assez nombreux. Les potentialités forestières varient essentiellement par rapport à la *réserve utile* des matériaux et des sols.
Les stations présentant des sols plus dégradés chimiquement sont limitées aux *zones d'altitude* (rankers cryptopodzoliques, andosols humifères); elles doivent être réservées à des *essences peu exigeantes* en terme de nutrition.

FRANC A., 1991

Les stations forestières : diversification des méthodes et lien avec la production, Revue Forestière Française, Actes du Xème Congrés Forestier Mondial, hors série n°4, pp. 263-271

L'article rappelle un bref historique des études de typologie des stations en France, incluant notamment les apports de Ph. Duchaufour ou M. Becker. Il propose ensuite un prolongement des méthodes en approfondissant la notion de paysages.
Les études stations-production pour les peuplements réguliers ont montré la faisabilité de nombreux travaux européens. La difficulté d'étude des peuplements irréguliers provient d'une méconnaissance des mécanismes écologiques à deux niveau : l'allocation des ressources au sein d'un arbre entre ses différentes composantes (houppier, tronc, racines) d'une part, et la compétition entre individus dans un écosystème, d'autre part.

FRANC A., BOLCHERT C., MARZOLF G., 1991

Exigences stationnelles du merisier - Apports de la bibliographie, Communication aux journées scientifiques INRA les 20 et 21 juin 1991 à Nancy, CEMAGREF division Techniques Forestières moyenne montagne Riom, 12 p.

Cette note de synthèse présente les résultats de travaux bibliographiques sur les exigences stationnelles et les principales caractéristiques autécologiques du merisier. Il apparaît que cette essence est essentiellement collinéenne (mais est présente en accrus dans l'étage montagnard), légèrement thermophile à large répartition (médioeuropéenne à subméditerranéenne).
Le merisier a une grande amplitude écologique quant au sol, mais exige une bonne réserve utile pour assurer une bonne croissance : celle-ci est donc forte sur sols limoneux (quel que soit le niveau trophique), même si certaines bonnes croissances sont observées sur sols sableux à pH bas (environ 4,5). Les sols riches en bases échangeables restent les plus favorables. Le calcaire actif n'est pas un obstacle à l'existence du merisier, mais est un facteur limitant pour une bonne croissance.

HUBERT A.

Typologie des stations forestières : apport de la pédologie et de l'étude de la dynamique forestière. CEMAGREF - Annales 1990 Forêt - Collection Etudes n° 6 pp. 129-137

L'article présente les acquis méthodologiques d'un travail de typologie des stations forestières sur le plateau de Lannemezan, de Ger et les plaines du Moyen Adour.
Le fonctionnement au Quaternaire des nappes alluviales rend cruciale l'étude des paléosols pour l'estimation des potentialités forestières.

L'utilisation de la végétation pour la typologie doit tenir compte des modifications apportées au milieu par l'homme, et permet de replacer les principales essences rencontrées dans un contexte de successions végétales.

LADIER J., BOISSEAU B., 1991

Typologie des stations du massif Sainte-Victoire. Préétude.- CEMAGREF. Division Forêt Méditerranéenne, ONF, avril 1991. - 51 p.

Cette préétude est la première phase de la typologie des stations du massif Sainte-Victoire.

Il s'agit d'une part de rassembler le plus d'éléments possibles sur le milieu, d'autre part de faire une description de la zone d'étude après en avoir précisé les limites.

Une première partie détaille donc la géographie, la géologie et la pédologie, le climat, la végétation et un aperçu historique.
La deuxième partie aborde le choix d'une démarche, les caractéristiques des secteurs, le plan d'échantillonnage et le protocole des relevés.

MAILLET A., LECOMTE P., 1991

Le Massif des Maures. Préétude. Tome I : présentation du milieu naturel 19 p. Tome II : la problématique incendies de forêts 25 p. Tome III : réflexions préalables à la mise au point d'une méthode d'évaluation du risque incendie. CEMAGREF. Division Forêt Méditerranéenne, septembre 1991.

La mise au point d'une méthodologie d'évaluation du risque d'incendies de forêts implique la prise en compte préalable :

- des connaissances acquises sur les mécanismes du feu

- des techniques utilisées dans le cadre de travaux déjà réalisés sur ce thème .

C'est le sujet du tome III.

Afin de rester pratique on a opté pour l'étude d'un massif test (les Maures) sur lequel étaient déjà disponibles les informations sur le milieu naturel (tome I) et sur la problématique incendies de forêts (tome II).

MARZOLF G., 1991

Etude bibliographique de l'autécologie du frêne commun - CEMAGREF, Division Techniques Forestières moyenne montagne, 55 p.

Ce travail de synthèse bibliographique a mis en évidence les conditions climatiques et édaphiques qui régissent la croissance du frêne commun (Fraxinus excelsior L.). Il apparaît qu'une bonne alimentation en eau (sans hydromorphie) est un facteur essentiel à une bonne croissance. Le frêne est relativement moins sensible au niveau trophique; seuls les sols nettement acides sont défavorables. Ces résultats semblent confirmés par les mesures de croissance en hauteur et en circonférence. L'influence du milieu sur la qualité du bois n'a pas pu être explicitement mise en évidence. La variabilité individuelle des propriétés technologiques, élément essentiel pour la commercialisation des feuillus précieux, apparaît élevée, et laisse entrevoir le rôle essentiel joué par les facteurs génétiques.

NOUALS D., BOISSEAU B., 1991

Le pin brutia en France Continentale.- CEMAGREF. Division Forêt Méditerranéenne, mars 1991. - 86 p.

A l'instar des travaux déjà réalisés (pin pignon, cyprès vert, sapins méditerranéens, pins laricio), la présente étude sur le Pin brutia, vise à préciser les exigences écologiques de cette essence et à fournir des éléments pratiques et d'usage facile pour permettre d'optimiser son utilisation dans les opérations de reboisement.
L'auteur s'est attaché, à travers une première étape bibliographique, à résumer les connaissances existantes sur l'autécologie de cette essence dans son aire naturelle.
Puis il a tenté de tirer profit des enseignements fournis par les reboisements français en faisant notamment apparaître les facteurs du milieu qui ont eu le plus d'influence sur la bonne ou mauvaise croissance des peuplements.
Enfin, il fait le point sur l'ensemble de ces connaissances, en particulier par comparaison avec le Pin d'Alep, pour faire apparaître les principaux critères pour le choix de cette essence en reboisement.

TANGHE C., 1991

Ecologie et croissance du pin de Salzmann en France - Aix en Provence : CEMAGREF, Division Forêt Méditerranéenne, août 1991 - 79 p.

Le pin de Salzmann est une essence Méditerranéenne qui couvre moins de 2 000 ha en France. Redécouverte depuis peu, elle semble intéressante. A partir des peuplements naturels et artificiels, cette étude tente de caractériser croissance et écologie de ce pin en zone méditerranéenne française. La place de cette essence dans la classification est d'abord

décrite, puis sont exposées la méthode utilisée et les campagnes de mesures entreprises. Après une phase de modélisation de la croissance, l'auteur analyse la répartition des espèces accompagnatrices, puis l'importance des variables écologiques vis-à-vis du milieu et de la croissance. En dernier lieu, il propose une succession de "cas écologiques" pour lesquels la croissance est assez bien connue.

ROSE O., 1991

Cartographie détaillée des stations forestières en forêt domaniale de Bonnefoy (Ardèche), ENITEF-CEMAGREF, Division Techniques Forestières moyenne montagne, 30 p.

Ce travail a permis de cerner la variabilité stationnelle d'une domaine de forêt de moyenne montagne, sur roches volcaniques, en contexte climatique méditerranéo-montagnard. Il apparaît que, si les niveaux trophiques sont relativement homogènes, les valeurs de réserve utile sont extrêmement différenciées, et varient suivant la nature des matériaux du sol.
Le rapport s'appuie sur une carte détaillée des stations forestières dans un secteur de la forêt domaniale de Bonnefoy (haute Ardèche) et des cartes thématiques (carte des profondeurs de sol, des types de sols, de niveau trophique).

PROGRAMME PROTECTION CONTRE LES INCENDIES

BOISSEAU B., MAILLET A., 1991

Faut-il reconstituer les espaces brûlés? La Recherche N°234, juillet-août 19991, pp 919 à 922.

Cet article détaille en fait plusieurs exemples d'application de la typologie des stations forestières à la reconstitution de massifs incendiés. Typologie et cartographie des stations permettent un diagnostic du milieu qui précède la réhabilitation du site proprement dite.

PROGRAMME PROTECTION PHYTOSANITAIRE DE LA FORET

ABGRALL J.F., 1991

Problèmes phytosanitaires dans les vergers à graine du CEMAGREF division Protection Phytosanitaire de la Forêt - Rapport interne, 10 p.

Cette étude s'insère dans un suivi phytosanitaire des vergers à graine du CEMAGREF et souligne les principaux problèmes d'entomologie qui se posent en 1991 et qui concernent principalement le pin :
- omniprésence du Pissode des pins et pullulations de la Processionnaire du pin conduisant à envisager des actions de lutte en 1992.
D'autres ravageurs méritent un suivi extensif : Coléophore du mélèze, Lyde et Rouille courbeuse sur pin, Hanneton sur épicéa. Est à l'étude un problème de sections de flèches sur pin sylvestre et de nécrose de tige sur douglas.

ABGRALL J.F., 1991

Dépérissement de marronniers Place Bellecour et de platanes à la Croix Rousse - Lyon - Rapport interne CEMAGREF, division Protection Phytosanitaire de la Forêt - 15 p., photos.

ABGRALL J.F., 1991

Dépérissement de l'allée de marronniers du Château de Sassenage - Rapport interne CEMAGREF, division Protection Phytosanitaire de la Forêt - 6p., photos.

Ces deux études analysent les causes biotiques et abiotiques de dépérissements de marronniers et de platanes en zone urbaine et péri-urbaine. Les facteurs déclenchant impliqués semblent résulter de l'association de stress hydriques (sècheresses) et de perturbations des systèmes racinaires. Les champignons lignivores du platane pourraient de plus, être impliqués dans ces dépérissements.

ABGRALL J.F., 1991

Observations biologiques et essais de lutte contre le hanneton dans les vergers à graines - Revue Forestière Française, 43, 6, pp. 489-499

Le hanneton commun Melolontha melolontha L. peut commettre de graves

dégâts en vergers à graines en raison de la valeur potentielle de chaque plant de provenance contrôlée. Dans le but de mettre au point une stratégie de lutte contre ce ravageur, on a étudié dans deux vergers à graine d'épicéa du CEMAGREF (Lot) la dynamique de population de hanneton préalable indispensable à la lutte chimique. Une hétérogénéité biologique a été mise en évidence avec la coexistence de deux régimes principaux de vol (de type II et de type III) géographiquement voisins. Les essais de lutte chimique ont souligné l'intérêt des chlorpyriphos en intervenant au cours de l'été de l'année de vol.

ABGRALL J.F., SOUTRENON A., 1991

La forêt et ses ennemis - 3ème édition - 400 p. 480 photos

Cet ouvrage regroupe 88 fiches décrivant les principaux insectes ravageurs, champignons et maladies des forêts. Chaque fiche présente, de façon concise et simple, les éléments indispensables à la reconnaissance des dégâts et les connaissances actuelles sur la biologie et l'écologie des pincipaux ennemis de nos forêts. Ces données sont complétées par des conseils sur les méthodes de contrôle préventif et les moyens de lutte pouvant être mis en oeuvre. Cet ouvrage s'articule autour de trois chapitres qui traitent des maladies et insectes ravageurs communs à plusieurs essences forestières, puis spécifiques des essences résineuses et des essencesfeuillues.
Il intéressera les gestionnaires de la forêt, les enseignants mais aussi tous ceux qui se passionnent pour la forêt et la protection de la nature.

ABGRALL J.F., SOUTRENON A., BARTHOD C., 1991

Guide technique du forestier méditerranéen français - Chapitre 5 : Protection Phytosanitaire, 96 p.

Description en fiches illustrées des insectes et des champignons pathogènes des conifères et des feuillus en zone méditerranéenne, avec localisation des dégâts sur l'arbre, l'essence hôte habituelle et l'essence hôte possible

RICCIARDELLA S., 1991

Les fluctuations de populations d'Ips typographus en F.D. du Meygal (43) - Mémoire de fin d'Etudes - ENSFA Rennes - 26 p. - annexes

L'analyse des fluctuations de populations du typographe a été étudiée à partir d'un dispositif de piègeage standard avec phéromone de synthèse sur 4 années.Il a permis de mettre en évidence les fluctuations corrélatives des captures moyennes et des dégâts en forêt sur 3 années consécutives dans cinq secteurs différenciés et montré que l'évolution des populations d'insectes dépend des dégâts de l'année n-1. Il apparait d'autre part que la

population de Typographe en forêt est liée au profil forestier du peuplement (structure, station, exposition, altitude...)
Un essai de surdensification de piègeage dans un des secteurs de la forêt l'année n n'a pas permis d'obtenir de chute de population n'année n + 1 dans la zone expérimentale ; ceci souligne l'intérêt des piègeages pour le seul suivi des populations.
Enfin un suivi biologique précis a permis de calculer que la première génération annuelle s'effectuait en 550 °C-jours.

SAINTONGE F.X, MALPHETTES C.B.

Un piège pour surveiller les populations d'hylobes (HYLOBIUS ABIETIS L.) (Coleopt.; Curc.). CEMAGREF - Annales 1990 Forêt - Collection Etudes n° 6 pp. 138-155

Les auteurs rapportent les résultats d'une campagne de piègeage faite à l'aide de pièges artificiels appatés avec des kairomones.

Ces pièges ont été imaginés par des chercheurs forestiers suédois. Ils sont destinés, dans l'esprit des auteurs, à se substituer aux rondins pièges traditionnellement utilisés pour la surveillance des populations de l'hylobe, mais dont les résultats peuvent être aléatoires à cause de leur vieillissement.

A l'issue de cette campagne, il semble qu'une vingtaine de pièges disposés sur une parcelle devrait suffire pour fournir une référence sur la densité des insectes présents. Pour que les résultats soient fiables, il faut que les appâts soient renouvelés une fois par semaine dans les conditions climatiques françaises.

SOUTRENON A., 1991

Elagage artificiel et risques phytosanitaires chez les feuillus - 100 p. - 22 photos couleur. Collection Guides Pratiques CEMAGREF

SOUTRENON A., 1991

Elagage articifiel et problèmes phytosanitaires chez les feuillus - Bull.Techn. ONF, 19, 57-68.

Cette étude regroupe, pour la première fois en France, une synthèse bibliographique sur les risques liés à l'élagage artificiel ainsi que les résultats des observations de terrain et d'analyses de laboratoire réalisées en 1989 principalement sur le hêtre et cinq autres essences (érable, merisier, chêne, noyer et frêne). Les manifestations redoutées ne sont pas aussi systématiques qu'on pouvait le craindre à priori. En conclusion, l'auteur définit un élagage idéal.

SOUTRENON A., 1991

La cylindrosporiose ou anthracnose du merisier (Blumeriella jaapii (Rehm) V. Arx) : Test d'efficacité de six matières actives fongicides en pépinière et en jeune plantation. - Rapport interne CEMAGREF, division Protection Phytosanitaire de la Forêt - 10 p.

Ce compte rendu fait le point des deux essais de lutte chimique réalisés en 1991 en pépinière et en jeune plantation contre la cylindrosporiose ou anthracnose du merisier. L'efficacité de 6 matières fongicides (doguadine, dithianon, bénomyl, flusilazole, tébuconazole et difénoconazole) a été testée. Les conditions climatiques de sècheresse ont entraîné dans les deux essais un faible niveau d'attaque de cette maladie. Les résultats révèlent que les produits testés sont efficaces mais ne permettent pas de discrimination parmi les 6 matières actives si ce n'est, pour la jeune plantation, une efficacité un peu moindre pour le dithianon. La réaction des sujets aux différents produits n'est pas perceptible à travers leur hauteur en pépinière ou leur accroissement en jeune plantation. Il est à noter en pépinière d'éventuels effets dépressifs pour le tébuconazole.

SOUTRENON A., 1991

La lutte chimique contre la rouille courbeuse des pins (Melampsora pinitorqua Rostr.) : comparaison de deux types de pulvérisation - Rapport interne CEMAGREF, division Protection Phytosanitaire de la Forêt - 9 p.

Cette expérimentation a pour objectif d'étudier l'influence de deux types de pulvérisation (à pression et pneumatique) contre la rouille courbeuse dans une jeune plantation de pin sylvestre en situation d'infection naturelle. Pour chaque appareil, deux doses différentes de triadiméfon ont été testées et ont été volontairement fixées à un taux faible afin de comparer les modalités entre elles. Compte tenu de la forte intensité de la maladie en 1991, ces différentes modalités n'ont apporté qu'une protection partielle. La pulvérisation à pression se différencie de celle pneumatique et s'avère mieux adaptée au traitement particulier de la rouille courbeuse (pulvérisation sur la flèche et le dernier verticille des pins). Pour la pratique et avec l'appareil à pression, il conviendra de fixer une dose de 50 g. de m.a./ha de triadiméfon avec un apport de solution de 30 ml par arbre, en application préventive au stade phénologique B2 des pins.

SOUTRENON A.

Essai de lutte chimique contre la rouille courbeuse des pins - Test d'efficacité de six matières actives fongicides. CEMAGREF - Annales 1990 Forêt - Collection Etudes n° 6 pp. 156-172

La rouille courbeuse des pins (Melampsora pinitorqua Rostr.) pose un sérieux problème dans les jeunes plantations (déformations permanentes ou déssèchement des pousses).

Cette étude fait le bilan des essais de lutte chimique réalisés en 1989 pour la première fois en France sur pin sylvestre. L'efficacité de six matières actives fongicides (propiconazole, flutriafol, fenpropimorphe, triadiméfon, oxycarboxine, mancozèbe) a été testée et comparée.

Les résultats révèlent la trés nette efficacité du triadiméfon (familles des triazoles) vis à vis de cette rouille ; ils soulignent qu'une bonne maitrise de la maladie peut être obtenue avec un seul traitement préventif, à l'aide du triadiméfon, effectué au début de la période de sensibilité des pins (stade phénologique B2).

Les résultats des essais complémentaires effectués en 1990 confirment l'efficacité du triadiméfon et ce, dès l'utilisation de la plus petite dose testée avec l'apport de solution le plus faible ; ils révèlent en outre que le pin sylvestre peut être infecté jusqu'à, au moins, 2,50 m de hauteur.

PROGRAMME RELATIONS FORET GIBIER

BALLON Ph., MAIZERET Ch., 1991

Conséquences des dégâts de cervidés sur la productivité du pin maritime dans les Landes de Gascogne - Bulletin Mensuel ONC, n° 154, février 1991, pp. 37-45.

Les conséquences de l'abroutissement des cervidés sur la croissance juvénile et la qualité des jeunes semis de pin maritime ont été évaluées au travers d'un suivi fin de 18 parcelles pendant 3 ans. Il apparaît que l'abroutissement est loin d'induire systématiquement un retard de croissance; par contre, il engendre souvent des fourchaisons.
Les conséquences de l'écorçage du cerf ont été appréhendées par l'examen de produits d'éclaircie (86 tiges âgées de 12 ans) ainsi que par l'examen de 47 tiges d'un semis âgé de 22 ans. Le pin maritime montre d'importantes capacités de cicatrisation ; enfin l'écorçage ne semble pas diminuer de façon significative la qualité technologique des tiges atteintes.

BALLON Ph.,, GUIBERT B., BOUTIN J-M., 1991

Contribution à la mise au point de nouvelles méthodes de gestion des populations de chevreuil. Application au massif des Landes de Gascogne. Annales 1990 du département Forêts du CEMAGREF, pp. 173-185.

Devant la difficulté dans le massif des Landes de Gascogne d'estimer le niveau d'abondance des populations de chevreuils, on s'est intéressé à l'étude de certains paramètres biologiques (bio-indicateurs) qui pourraient rendre compte de la pression des animaux sur le milieu. Les paramètres analysés sont :

- le taux d'abroutissement du pin maritime,
- le taux d'abroutissement des principales espèces végétales du sous-bois,
- la condition physique des animaux.

L'article décrit les premières analyses réalisées lors de la première année d'étude. Il apparaît de bonnes corrélations entre ces différents indicateurs et le niveau d'abondance des cheptels. Ces nouveaux moyens d'investigation du niveau des populations de chevreuils devraient constituer des outils précieux pour les gestionnaires.

BALLON Ph., GUIBERT B., MAIZERET Ch., 1991

Influence de la sylviculture du pin maritime sur les populations de chevreuils du massif des Landes de Gascogne. XXth Congress

of the INTERNATIONAL UNION OF GAME BIOLOGISTS. TRANSACTIONS - PART 1 - University of Agricultural Sciences, GÖDÖLLÖ, HUNGARY - Août 1991, pp 40-49.

Cette étude se propose d'évaluer l'impact de la sylviculture intensive du pin maritime sur les disponibilités alimentaires du chevreuil dans le massif des Landes de Gascogne. Pour cela, six territoires de 1 000 ha chacun ont fait l'objet au printemps 1990 et 1991 d'une évaluation par la méthode d'Aldous des disponibilités alimentaires et de l'utilisation de ces ressources par le chevreuil.

L'analyse confirme la très faible capacité d'accueil de la forêt landaise pour le chevreuil. Contrairement à ce que l'on pouvait attendre les effets de la ligniculture ne sont pas déterminants.

L'abondance de la nourriture disponible dépend prioritairement de la qualité stationnelle. La nature, la fréquence et l'intensité des entretiens mécaniques n'ont que peu d'influence sauf sur les stations les plus sèches. Enfin les ressources alimentaires du chevreuil varient suivant l'âge et la hauteur des peuplements forestiers.

BALLON Ph., BON R., CAMPAN R., GONZALES G., SCHAAL A., TEILLAUD P., 1991

Le Cerf - Revue d'Ecologie, suppl. 6, pp. 185-217.

Cet article fait une synthèse des connaissances actuelles sur le cerf d'Europe, notamment sur les points suivants : effectif et répartition sur le territoire national, systématique, morphologie, biométrie, pathologie, utilisation de l'espace et du temps, alimentation, organisation sociale et dynamique des populations.

BERGERAS Ch., 1991

Les principaux paramètres de la dynamique des populations de chevreuil ; comparaison de certains de ces paramètres entre le chevreuil forestier et le chevreuil de plaine. Université François Rabelais de Tours - CEMAGREF, AEA, 22 p.

Ce rapport est d'abord une synthèse bibliographique sur les grands paramètres de la dynamique de population du chevreuil, avec le rappel de leur définition, trop fréquemment approximative chez les gestionnaires : densité, fécondité, taux de reproductions, mortalité et survie, succès reproducteur, durée de vie sexe-ratio, âge-ratio. Le grand intérêt est d'avoir mis en avant les rares données existant pour l'écotype "chevreuil de plaine" qui est en train de se développer dans certaines régions agricoles françaises

BERGERAS Ch., 1991

Observations de populations de chevreuils (Capreolus, Capreolus L.) dans deux habitats contrastés du Loiret et du Cher. Université François Rabelais de Tours, - CEMAGREF, DEA "Biologie des populations et éco-éthologie", 29 p. + annexes.

L'intérêt du thème est l'examen de deux populations de chevreuils l'un appartenant encore à l'écotype "forestier" bien que vivant dans des petits boisements intégrés à une agriculture céréalière typique, l'autre appartenant à l'écotype "plaine" ; l'utilisation de méthodes classiques d'observation pour l'obtention de paramètres de dynamique de population se heurte à l'observabilité éminemment variable de l'espèce. Si l'Indice Kilométrique reste un bon outil dans ces deux milieux contrastés, l'observabilité de l'espèce dépendant de la structure du milieu, du comportement spécifique comme des conditions météorologiques, voire de l'observateur lui-même, continue à nous réserver bien des surprises dans la détermination des principaux paramètres de dynamique du chevreuil, en particulier le sex-ratio.

CEMAGREF-GEREA (GREGE), 1991

Etude des dégâts de cervidés sur le pin maritime dans les Landes de Gascogne, Document n° 6, juin 1991, 32 p.

Ce rapport final fait la synthèse de l'étude des paramètres susceptibles de rendre compte d'un éventuel déséquilibre entre une population d'herbivores et le milieu qu'elles occupent. L'étude repose sur la comparaison de six sites sur lesquels ont été étudiés :

- le niveau d'abondance des animaux ;
- l'importance des dégâts d'abroutissement sur le pin maritime;
- la consommation des espèces végétales présentes ;
- la condition physique des animaux (poids) et leur constitution (longueur d'un os long).

Au vu des résultats obtenus, il apparaît possible de se passer de la connaissance des effectifs des cervidés pour déterminer le niveau des prélèvements. La gestion pourrait à l'avenir reposer sur l'établissement d'un diagnostic population/milieu par le suivi de l'évolution de ces indicateurs. Des démarches similaires sont en cours d'étude dans d'autres massifs de notre territoire.

DAVID Y., 1991

Contribution à la recherche d'un indice floristique pour la gestion du chevreuil en Sologne - rapport Comité Scientifique et Technique de la Chasse, mars 1991, 23 p. + annexes.

Ce travail s'inscrit dans une voie de recherche importante pour la Division Espace Naturels et Faune Sauvage du CEMAGREF avec l'objectif de fournir aux gestionnaires un outil de suivi de l'équilibre des relations flore-cervidés dans l'écosystème forestier. Les territoires d'étude se situent en Sologne du Loiret et du Loir et Cher, avec des densités différentes en chevreuils alors que les potentialités alimentaires sont analogues. Différents indices floristiques sont testés (potentialités alimentaires, abroutissement moyen, pression moyenne d'abroutissement, indice floristique T) et certains apparaissent comme décisifs quant à la discrimination des territoires ; cela conduit non plus à proposer la comparaison de territoires mais plutôt à suivre un même site en faisant varier l'effectif.

DENIS M., 1991

Les aménagements cynégétiques en forêt - GDF, n° 45, juillet 91, 4 p.

L'auteur rappelle quelques règles simples et notamment que :

- l'amélioration de l'habitat forestier à l'égard du grand gibier passe d'abord par la connaissance intrinsèque de cet habitat ;

- dans la gestion courante, il suffit souvent de quelques mesures sylvicoles ;

- les améliorations des gagnages au moyen de prairies et de cultures ne doivent pas être conçues comme une simple addition mais raisonnées non seulement au niveau de la gestion forestière mais également par rapport à la densité de la population, de sa répartition spatio-temporelle, sans oublier la recherche d'une plus grande diversité du milieu.

DENIS M. 1991

Some data on a high density population of field roe deer", Colloque "Ongulés 91", Toulouse, septembre 1991, 6 p.,

Depuis 1986, sur un terrain militaire fort peu boisé et essentiellement couvert de cultures agricoles, on suit l'évolution de quelques paramètres de la dynamique de population : effectif, sex-ratio, taux d'accroissement, taille des groupes. Il s'agit d'une des plus denses populations de chevreuils "écotype de plaine" d'Europe.

DENIS M. 1991

L'alimentation estivale comme facteur limitant la capacité territoriale des habitats pour le chevreuil (Capreolus capreolus L.) - XXth Congrès of the IUGB, GÖDÖLLÖ (Hongrie), août 1991, TRANSACTIONS PAR 1, pp. 56-65.

Les résultats exposés dans cette contribution montrent que la quantité des disponibilités estivales peut être particulièrement réduite en fin d'été, dans des proportions voisines de celles existant en hiver et constituer ainsi un facteur limitant la bonne santé de la population de chevreuils, notamment des chevrettes en période de rut alors qu'elles sont encore allaitantes ; sans négliger les aspects comportementaux, la limitation quantitative de la nourriture estivale au voisinage du seuil de capacité d'accueil peut avoir des conséquences sur l'accroissement de la population.

GUIBERT B., 1991

Examen de la pression d'abroutissement du chevreuil sur trois territoires de Sologne ; perspectives pour la gestion des populations", GDF 41, n° 45, juillet 1991, 4 p.

Malgré des milieux favorables, la gestion du chevreuil en Sologne reste toujours difficile à mettre en oeuvre. Dans ce contexte trois inventaires de gagnages (observation fine de la qualité de la nourriture disponible et de sa consommation par le chevreuil) réalisés sur des territoires semblables (du point de vue forestier) mais contrastés en densité d'animaux, ont mis en évidence les résultats suivants :

- la fréquence de consommation de quelques espèces végétales semble étroitement liée à l'abondance de la population,

- la pression d'abroutissement du chevreuil sur la végétation disponible réagit également aux variations de densité enregistrées entre les trois territoires.

Ces observations ouvrent des perspectives intéressantes de gestion des populations de chevreuils en Sologne par des méthodes indirectes liées à l'examen de la pression d'abroutissement sur l'ensemble du cortège floristique.

PROGRAMME FORET DE MONTAGNE

COURBAUD B. 1991

Modélisation de la croissance en futaie irrégulière de montagne. CEMAGREF Division Protection contre les érosions - Grenoble - DEA, 143 p.

DARRACQ S. 1991

Colloque système d'information géographique. CEMAGREF/INRA, Division Protection contre les érosions - Grenoble - Montpellier, du 22 au 24 octobre 1991

DARRACQ S. 1991

Colloque phytodynamique et biogéographie historique des forêts - CEMAGREF Division Protection contre les érosions - Grenoble - Amicale internationnale de phytosociologie. Bailleul, 24 au 26 octobre 1991

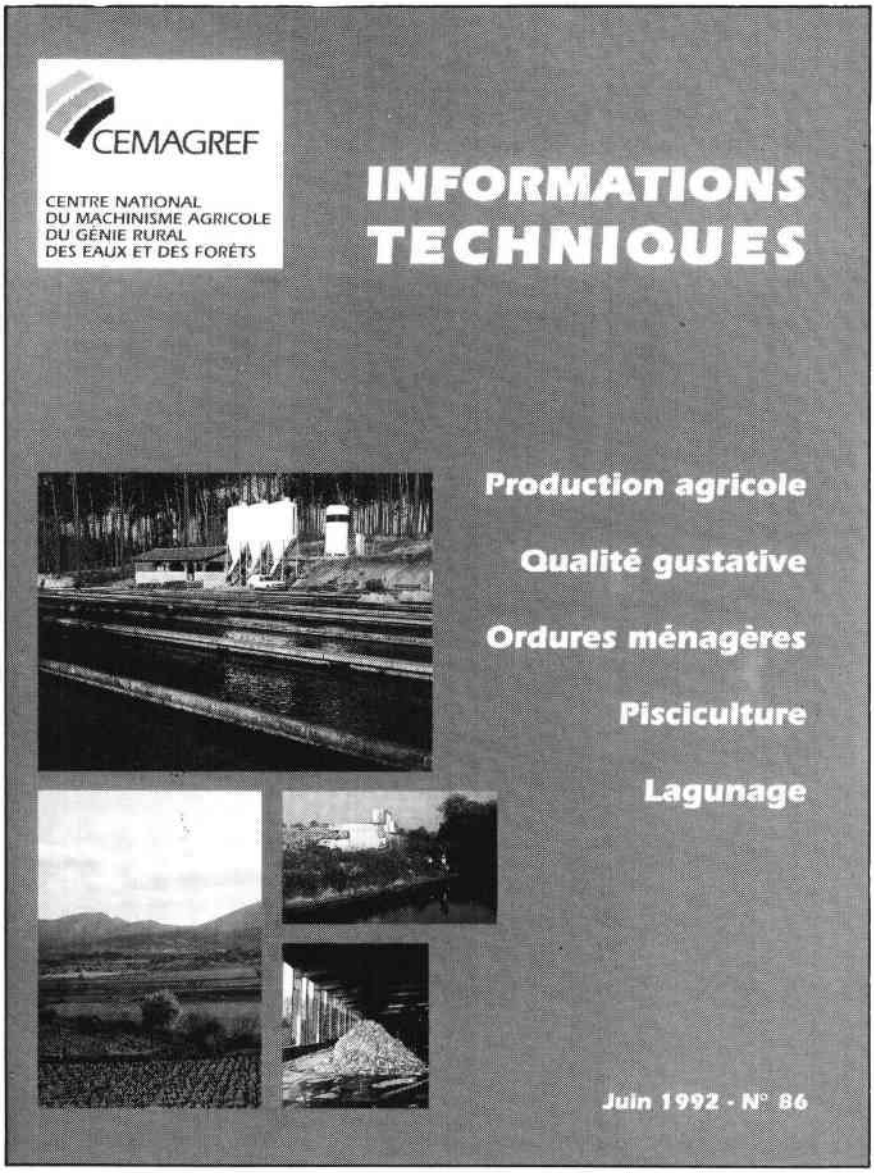
LAROCHE H. 1991

Les sols sur matériaux d'altération et d'érosion dérivés des marnes noires (Toarcien, Aalénien) d'un bassin versant reboisé des Alpes du Sud (Le Brusquet). CEMAGREF Division Protection contre les érosions - Grenoble - DEA, 102 p.

RUPE C. 1991

Protection contre les chutes de blocs - Etude de peuplements de Saint Martin le Viroux.CEMAGREF Division Protection contre les érosions - Grenoble - 35 pages et annexes.

3. Notes d'Informations Techniques



Traitements fructifères dans les vergers à graines d'arbres forestiers

Alain Valadon, Gwenaël Philippe

Un programme public de vergers à graines a été lancé par l'Etat en 1969.Il est destiné à satisfaire les besoins nationaux en graines de résineux. Il permettra également aux reboiseurs de bénéficier rapidement des résultats de l'amélioration génétique.

Ces vergers occupent près de 350 hectares et représentent un investissement annuel moyen de 3,7 millions de francs T.T.C. depuis leur création. La valorisation de cet effort financier suppose la production rapide, abondante et régulière de semences de qualité génétique améliorée.

Des mesures générales appliquées dès la conception même des vergers, permettent de répondre partiellement à ces objectifs. Les sites d'implantation des vergers choisis bénéficient de conditions climatiques favorables à la fructification : un printemps sec et ensoleillé, une longue saison de végétation et des vents modérés.

Photo 1 - Vergers de familles de Pin maritime *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

Une sylviculture assurant un éclairement optimum des cimes contribue également à créer de bonnes conditions de fructification.

Cet éclairement est favorisé par de faibles densités de plantation (vergers de clones) ou des éclaircies fortes et précoces (vergers de famille). Cette sylviculture doit aussi permettre de limiter la concurrence entre les semenciers.

Bien que nécessaires, ces conditions s'avèrent insuffisantes pour assurer un niveau de production de graines satisfaisant les exigences du marché. La recherche de traitements fructifères peut contribuer à augmenter la production de graines. Un grand nombre d'expérimentations est mené dans le cadre d'un programme engagé

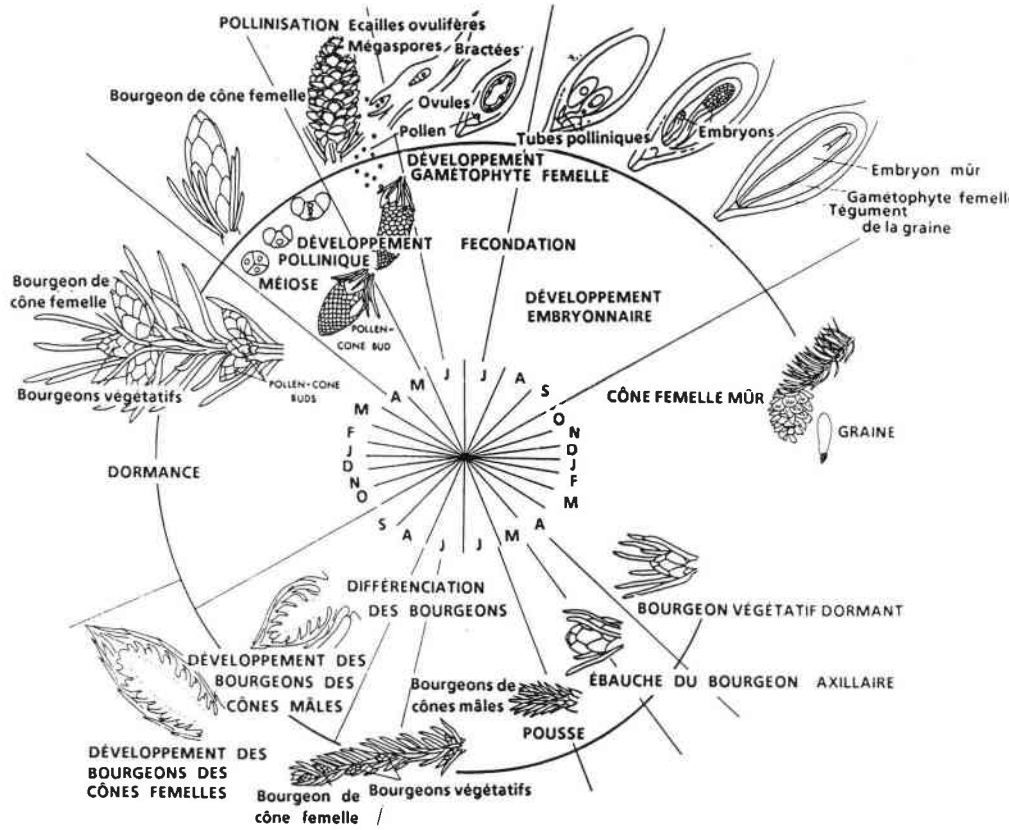


Figure 1 - Cycle de reproduction de *Picea glauca* *(Tiré de Owens et Blake «Production de semences forestières», 1986 avec l'autorisation de l'auteur et d'l'Institut national de Petawawa)*

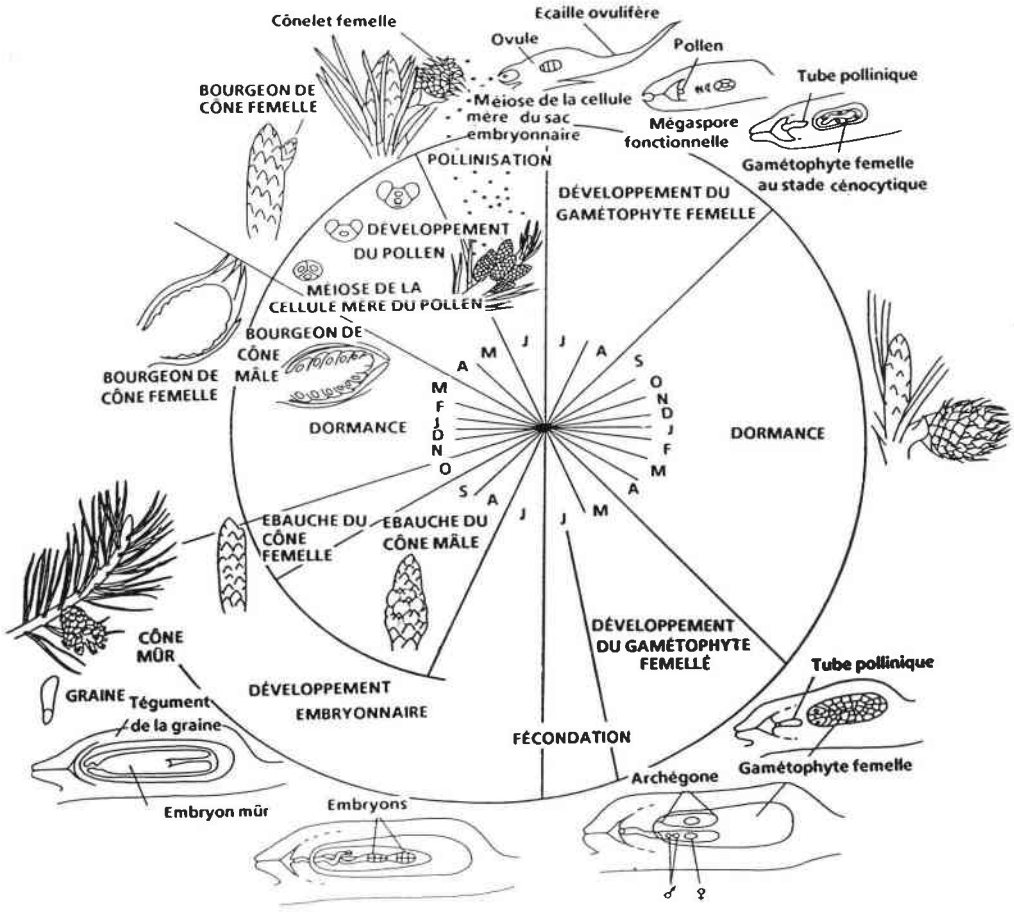


Figure 2 - Cycle de reproduction de *Pinus contorta* *(Tiré de Owens et Blake «Production de semences forestières», 1986 avec l'autorisation de l'auteur et d'l'Institut national de Petawawa)*

depuis plus de 6 ans. Pour privilégier une présentation pragmatique de l'éventail des outils disponibles, la démarche méthodologique et l'analyse détaillée des résultats ne seront pas abordées ici. Ces aspects ont été développés dans les documents cités en bibliographie.

Particularités de la biologie florale des arbres forestiers

La reproduction sexuée des arbres forestiers présente certaines particularités qui rendent la maîtrise de la reproduction plus délicate.

Ainsi, durant une phase dite juvénile qui correspond aux premières années de la vie de l'arbre, toute floraison et production de graines en conditions naturelles est impossible. La durée de cette phase varie selon les espèces : 10-15 ans pour les Pins, 20-25 ans pour le Douglas.

Au delà du stade juvénile, la fructification est irrégulière chez de nombreuses espèces. Une production annuelle soutenue de semences ne peut donc être attendue sans interventions particulières.

Pour remédier à ces difficultés, la connaissance approfondie des cycles de reproduction des espèces concernées est indispensable. En effet, l'efficacité de toute intervention est fortement conditionnée par sa coïncidence avec certains stades précis de ces cycles. Les étapes qui conduisent de la différenciation des ébauches florales à la libération des graines se déroulent en effet au cours d'un cycle pluri-annuel (figures **1** et **2**) dont la durée varie de 16 mois environ (Douglas, Epicéa, Mélèze) à 27 mois (Pins).

Trois catégories de traitements fructifères se distinguent selon les objectifs visés. Il s'agit de la stimulation de l'initiation florale, de la fécondation et du développement des graines. Chacune d'entre elles sera décrite séparement et illustrée à partir de quelques exemples tirés des expérimentations citées ci-dessus.

Il conviendra de ne pas généraliser ces résultats, compte tenu de la variabilité des réponses obtenues en fonction des conditions climatiques et édaphiques.

Favoriser l'apparition d'ébauches florales

Les recherches menées dans ce cadre portent sur la mise au point de techniques culturales et sur l'utilisation de régulateurs de croissance.

Des techniques culturales

- ***Les fumures***

L'efficacité de l'apport de divers engrais a été testée à différentes doses et périodes d'application, sur les quatre principales essences résineuses présentes dans les vergers de l'Etat : Pin maritime, Pin laricio de Corse, Douglas et Epicéa commun.

Une fertilisation NPK s'est révélée inefficace sur Epicéa, mais elle a permis d'augmenter sensiblement les floraisons sur Pin laricio de Corse et Douglas.

Sur Pin laricio de Corse, une fumure complète NPK (200 kg/ha) effectuée au début de l'été, a permis d'accroître sensiblementla floraison femelle, alors que des apports plus tardifs semblent inefficaces.

Dans le cas du Douglas, l'application de fertilisations NPK (150 à 250 unités d'azote/ha) en localisation à 20-30 cm. de profondeur, lors du débourrement végétatif,

s'est avérée efficace sur un verger d'arbres greffés âgé de 8 ans. Cet apport d'engrais a permis une stimulation de la floraison mâle liée essentiellement à une augmentation de la proportion d'arbres producteurs de pollen, ainsi qu'une intensification de la floraison femelle. En définitive, les arbres fertilisés portent en moyenne 175 fleurs contre 100 pour les témoins.

D'autres types de fumures ont également été testés. Chez le Pin maritime par exemple, l'épandage en surface au printemps, de sulfate d'ammoniaque (150 kg/ha) a entrainé une augmentation de la production de fleurs femelles (+ 50 %) et mâles, dans un verger du Lot. Ce résultat est confirmé par un essai de l'Association Forêt, Cellulose (AFOCEL) réalisé dans les Landes. Par contre, l'ammonitrate n'a jamais procuré de résultats significatifs sur cette essence.

L'efficacité des fumures dépend donc, selon les espèces, de leur période d'application et de leur composition. Elle est généralement attribuée à la modification du métabolisme azoté lors de l'initiation florale, à l'augmentation de la vigueur des arbres et donc du nombre de sites potentiellement florifères.

Pin maritime et Pin laricio de Corse n'ont pas fait l'objet d'un effort de recherche plus poussé. En effet, ces deux espèces sont caractérisées par des floraisons relativement abondantes et régulières ainsi que par des surfaces de verger suffisantes pour répondre aux besoins nationaux. L'irrégularité des fructifications du Douglas et de l'Epicéa commun et la forte demande du marché en semences adaptées aux conditions locales rendent par contre indispensable l'emploi d'autres techniques d'induction florale. Les divers traitements qui vont être évoqués concernent donc uniquement ces deux espèces.

• ***Le cernage racinaire***

La littérature mentionne l'effet du cernage racinaire pour stimuler l'apparition d'ébauches florales. Ce cernage se réalise au moyen d'un sous-solage. Des essais de cernage des sous-solages à 30 cm de profondeur environ, de part et d'autre des lignes de plantation, ont été réalisés dans des vergers de Douglas et d'Epicéa commun. Ils n'ont pas entraîné de gain significatif.

Cette technique n'atteindrait vraisemblablement une efficacité satisfaisante en verger qu'à partir d'un niveau de destruction du système racinaire qui hypothèquerait gravement la stabilité des semenciers.

• ***L'annélation d'écorce***

L'annélation d'écorce est une autre technique éprouvée en verger à graines. Elle est réalisée quelques semaines avant l'initiation florale à l'aide d'une rainette ou d'une scie égoïne (photo **2**). Les deux incisions semi-circulaires, opposées et distantes de 25 à 30 cm entrainent, par sectionnement des vaisseaux conducteurs, l'accumulation des produits de la photosynthèse dans la cime, et une réduction de l'activité racinaire. Ces facteurs sont présumés favorables à l'apparition de méristèmes floraux.

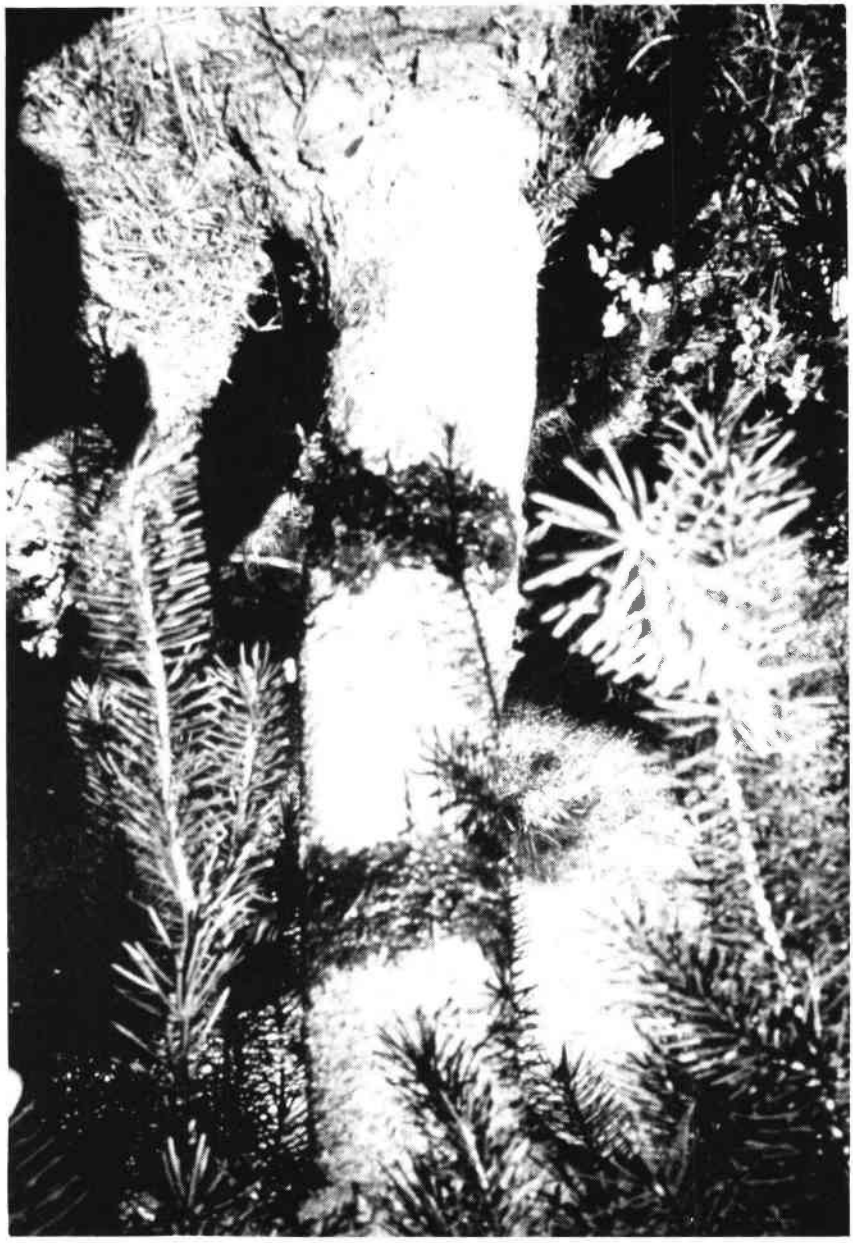


Photo 2 - Annélation d'écorce sur Douglas *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

Pour perturber la circulation de la sève et être efficaces, les entailles doivent être suffisamment profondes. Le personnel chargé d'appliquer ces traitements pratique

souvent des incisions trop superficielles, d'où l'échec de certaines tentatives dans ce domaine. Une formation à ces techniques paraît donc nécessaire.

Si cette technique est récente dans les vergers à graines français, elle est utilisée depuis de nombreuses années à l'étranger (USA). Bien que traumatisante, elle ne parait pas altérer l'état physiologique des arbres traités lorsque les annélations sont répétées à un rythme bisannuel sur une période prolongée.

Ces divers traitements culturaux (fumures, cernage, annélations) ont, dans l'ensemble, un intérêt limité car ils ne permettent d'augmenter quantitativement la production que lorsque les conditions physiologiques et climatiques sont favorables. Ils participent en conséquence très peu à la réduction de la durée de la phase juvénile ou à la régularisation des fructifications.

Les traitements hormonaux

Chez les conifères, les gibbérellines interviennent dans la physiologie du développement végétatif. La floraison n'apparaît qu'au delà d'une certaine concentration - seuil. L'apport exogène de ces régulateurs stimule donc la floraison.

Les conditions de leur emploi pour une production commerciale – mode et période d'application, dosage – sont testées depuis 1988. Un premier bilan peut être dressé. Deux méthodes d'application sont possibles.

En pulvérisation, les gibbérellines présentent peu d'intérêt sur Epicéa commun. Inefficace pour initier la floraison femelle, ce procédé consomme beaucoup plus de matière active que les injections pour un résultat analogue sur la floraison mâle. De plus, son efficacité est fortement conditionnée par les conditions météorologiques, souvent défavorables pendant la période de traitements (Juin).

Les gibbérellines diluées dans de l'éthanol peuvent également être injectées (photo **3**) dans des trous percés dans le tronc (2 cm. de profondeur et 5 à 8 mm. de diamètre). La période d'application optimale varie selon les espèces : elle correspond à l'éclosion des bourgeons végétatifs pour le Douglas et à la première moitié de la phase d'élongation des pousses pour l'Epicéa.

Contrairement aux traitements culturaux, les injections de gibbérellines ont eu un effet bénéfique dans tous les essais (2 sur Douglas, 4 sur Epicéa). Ainsi, dans un verger de Douglas âgé de 11 ans, les arbres traités portaient en moyenne 1300 fleurs contre 850 pour les témoins. De même, sur Epicéa (12 ans), lors d'une bonne année de floraison, un traitement analogue a entraîné un accroissement de la floraison mâle et une multiplication du nombre de fleurs femelles par un facteur variant de 6 à 12 selon l'aptitude naturelle à fleurir des arbres.

Les régulateurs de croissance ont un effet beaucoup plus marqué que les traitements culturaux car au delà de leur rôle quantitatif, ils ont permis la fructification

Photo 3 - Injection de gibbérélines sur Douglas *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

de plants jusqu'alors non florifères. Ils interviennent donc à la fois dans l'accélération de l'entrée en production et dans la régularisation de cette dernière.

Leur intérêt doit toutefois être nuancé. En effet, des perturbations physiologiques notables apparaissent parfois (jaunissements d'aiguilles, défolisations partielles). Cela conduit à déterminer une périodicité d'injections qui procure une stimulation florale maximale sans dé"grader à terme l'état sanitaire des vergers traités.

Par ailleurs, les doses utilisées sont importantes (60 à 180 mg/arbre) et la matière active est onéreuse (70 F/gramme). De plus, les injections exigent une main-d'œuvre abondante et spécilaisée, difficile à mobiliser pour une application sur de vastes surfaces pendant une période relativement courte.

Enfin, de tels traitements ne permettent pas encore d'obtenir des niveaux de floraison et de fructification suffisants lorsque les conditions climatiques ou physiologiques sont trop défavorables à l'initiation florale. Ils ne semblent pas en mesure de supprimer la dépression qui succède aux années de bonne floraison chez le Douglas et l'Epicéa commun.

La fécondation

Outre une abondante floraison femelle, une bonne fructification nécessite des conditions de fécondation favorables.

La production de pollen

La production de pollen doit être importante. Les traitements favorisant l'apparition d'ébauches femelles s'avèrent, comme nous l'avons vu, très souvent aptes à stimuler la floraison mâle. Ils contribuent en cela à accroître les possibilités de fécondation.

Une pollinisation efficace

Une libération massive de pollen dans une courte période se traduit par un fort rendement en graines. Les conditions météorologiques locales pouvant contrarier la pollinisation, diverses interventions permettent de réduire ce handicap : soufflage artificiel pour favoriser la dispersion du pollen dans l'air, apport et épandage de pollen exogène (pollinisation artificielle, photo **4**). L'essentiel de nos actions dans le domaine de la pollinisation concerne l'hybridation artificielle du Mélèze. Le CEMAGREF a ainsi mis au point deux appareils destinés à la récolte du pollen et à la pollinisation. Nul doute que l'expérience ainsi acquise pourra être utilisée avec profit dans le futur pour d'autres espèces, par exemple dans le cadre de pollinisations artificielles.

Des conditions climatiques favorables

Cet aspect est avant tout conditionné par le choix du site d'implantation des vergers. Il est cependant possible d'intervenir sur le microclimat en créant des conditions hygrométriques particulières (brouillard artificiel). Ces méthodes nécessitent une infrastructure lourde inexistante dans les vergers français, mais elles sont couramment utilisées aux Etats-Unis.

Photo 4 - Pollinisation artificielle sur Douglas *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

Le développement des ovules en graines

A ce stade du cycle de reproduction, le problème essentiel consiste à protéger les graines en formation contre les dégats imputables aux insectes (photo **5**). Ceux-ci ont

Photo 5 - Dégâts de Dioryctria sur cône d'Epicéa commun *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

un impact considérable et mal connu des forestiers. Le ravageur le plus à craindre actuellement est *Megastigmus spermotrophus*, responsable de la destruction de plus de la moitié des graines en 1984, 1985, 1986 et 1988 dans un verger du Lot. Epicéa et Mélèze sont également la cible de divers ravageurs de cônes et graines (*Dioryctria abietella*, *Cydia strobilella*, *Strobilomyia* sp.).

L'intensité des attaques est liée aux effectifs de ravageurs présents à proximité des vergers, et à la disponibilité en graines dans la région. Les efforts consentis pour augmenter et régulariser la production de semences vont contribuer à fixer les populations d'insectes sur les sites des vergers, en particulier grâce au maintien d'une production de graines, même limitée, lors d'années caractérisées par une fructification faible ou nulle dans les peuplements limitrophes.

Deux axes de recherche sont actuellement privilégiés : l'étude de la dynamique des populations en vue d'une prévision des dégâts, et la mise au point de techniques de lutte (exemple : injection dans le tronc de capsules d'insecticide systémique).

Enfin, le développement des graines est également conditionné par l'état physiologique et la nutrition des arbres mères. Cela implique notamment une fertilisation adaptée et une alimentation hydrique satisfaisante. Ces facteurs interviennent toutefois plus sur le poids unitaire des graines que sur leur nombre ou leur viabilité, à quelques rares exceptions près (sécheresses prononcées).

Conclusion

Le gestionnaire de vergers à graines dispose aujourd'hui d'une panoplie de traitements fructifères efficaces pour les quatre principales essences de reboisement résineuses présentes dans les vergers.

Ces traitements sont d'abord destinés à augmenter la production sur le plan quantitatif, mais ils peuvent également être utilisés à des fins qualitatives.

Les aptitudes fructifères des différents arbres sont extrêmement variables. En l'absence de toute intervention ces différences conduisent à un déséquilibre dans la composition des variétés produites dans les vergers. De plus, les arbres les plus fructifères sont ceux qui produisent le plus de pollen, ce qui augmente les risques de consanguinité. Après avoir repéré les aptitudes respectives de tous les arbres, il est alors possible de traiter sélectivement les sujets les plus récalcitrants (amélioration de la panmixie).

D'un autre côté, la qualité génétique des différents arbres présents dans une parcelle de verger est aussi variable, cela tout particulièrement dans les vergers de familles. Il est alors possible de traiter sélectivement ceux qui possèdent les meilleurs indices de sélection, afin d'augmenter la qualité génétique de la variété produite. De

la même manière, des pollinisations artificielles peuvent être envisagées avec du matériel récolté sur des sujets plus performants.

Il existe donc un vaste champ pour l'utilisation des traitements fructifères, mais leur application reste malgré tout une affaire de spécialiste, susceptible d'intégrer une bonne connaissance de la physiologie de la floraison dans une stratégie de gestion d'un patrimoine génétique.

La première étape des travaux du CEMAGREF qui a débuté en 1985, consistait à tester la valeur de techniques connues. Elle se prolonge par un programme de recherches pluri-annuel. Son objectif est de définir la fréquence d'application optimale des traitements, d'étudier leurs répercussions sur l'état physiologique des vergers, de déterminer la rentabilité économique de ces interventions et développer toutes techniques contribuant à abaisser les frais de récolte des graines telles que les tailles ou la mécanisation.

Bibliographie

Bonnet-Masimbert M., 1984. Biologie florale et cycle de reproduction de quelques arbres forestiers. Douglas, Pin sylvestre, Chêne. In : Pollinisation et productions végétales. *INRA*, p. 219-242.

Bonnet-Masimbert M., 1986. Floral Induction in Conifers : a Review of Available Techniques. In: *Forest Ecology and Management*, 19 (1987), p 135-146.

Bonnet-Masimbert M. et **Zaerr J.B.,** 1987. The role of plant growth regulators in promotion of flowering. In: *Hormonal Control of Tree Growth. (Martinus Nishof Publishers)*. 23 p.

Owens J.N. et **Blake M.D.,** 1985. Production de semences forestières. *Information Report PI-X-53 F, Petawawa National Forestry Institute.*

Philippe G., 1989. Influence de la fertilisation et du cernage raçinaire sur la fructification du Douglas (Pseudotsuga menziesii). *Programme GIS Variétés Forestières Améliorées*, 24 p.

Philippe G., 1990. Induction florale en verger à graines d'Epicea commun (Picea abies (L.) Karst.): Etude des conditions d'utilisation des gibberellines 4/7. *Programme GIS Variétés Forestières Améliorées*, 22 p.

Philippe G. et **Terrasson D.,** 1990. Intensification de la production de graines améliorées dans les vergers à graines français. *XIX Congrès Mondial IUFRO, Montréal*, 5-11 Août 1990, 12 p.

Roques A., 1983. Les insectes ravageurs des cônes et graines de conifères en France. *INRA*, 135 p.

Steinmetz G. et **Baldet P.**, 1987. Production de graines hybrides de Mélèze: récolte mécanisée du pollen. *Informations Techniques du CEMAGREF*, décembre 1987, cahier 68, n°4, 7 p.

Le bouturage direct en populiculture permet-il une réduction des coûts de production ?

Gilles Deboisse, Daniel Terrasson

Les peupliers cultivés en Europe appartiennent tous à des espèces qui présentent une excellente aptitude au bouturage. C'est d'ailleurs ce caractère qui a fait du peuplier la première essence pour laquelle des variétés clonales ont pu être sélectionnées et diffusées à grande échelle.

Dans le cycle de production, cette aptitude est utilisée à deux reprises. D'abord, en pépinière, où la multiplication fait appel à des boutures de tiges aoutées (longueur moyenne de 25 cm, diamètre supérieur à 1 cm). Après 2 ou 3 ans, la tige obtenue a une longueur de 4 à 8 m et une circonférence, mesurée à 1 m au-dessus du sol, de 6 à 15 cm. Elle est alors sectionnée juste au-dessus du collet, puis transportée sur le site de la plantation où elle est enfoncée profondément. Cette très longue bouture est appelée plançon.

Les plançons sont d'un coût unitaire élevé (18 à 34 F selon le tarif FFN en vigueur pour la campagne 1991-1992), et leurs dimensions importantes posent des problèmes de transport et de manutention. Il paraissait donc tentant de chercher à supprimer l'étape pépinière, en installant directement les boutures à l'emplacement définitif de la plantation. Outre une diminution des coûts, cela permet de supprimer la crise de transplantation, toujours délicate pour des tiges non racinées mesurant plusieurs mètres (photo **1**).

Photo 1 - Mise en place de plançons de 2 ans *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

Cette technique qualifiée de "bouturage direct", avait été expérimentée dès 1958 dans le populetum de Vineuil avec de "grosses" boutures (longueur : 40 cm), installées dans des plantations à forte densité (685 à 2 500 plants/hectare). L'expérience, conduite de façon très intensive,

avait donné des résultats encourageants, conduisant J. Pourtet à affirmer : "c'est la seule méthode qui pourrait permettre de produire vite et sans que l'opération soit anti-économique des petits bois ronds pour la papeterie".

Si le bouturage direct a effectivement été généralisé, par la suite, pour l'installation de taillis à courte rotation (AFOCEL, 1982), il ne s'est, par contre, jamais développé en Europe pour les plantations destinées à la production de bois d'œuvre. Cette technique peut en revanche être utilisée sur d'autres continents et notamment en Argentine (Terrasson, 1991).

Cependant, la dégradation progressive de la rentabilité de la populiculture constatée de 1974 à 1985, a conduit à s'interroger à nouveau sur toutes les techniques susceptibles de réduire les coûts de production. Le CEMAGREF a mis en place, de 1982 à 1985, quatre expériences de bouturage direct, dont nous proposons aujourd'hui de faire le bilan.

La démarche expérimentale

Elle comprend trois phases successives, dont chacune bénéficie des acquis de l'étape précédente.

Première phase : la comparaison de clones

A l'origine, et par analogie avec les autres essences forestières, on pensait que le succès de la plantation était garanti dès que le jeune plant pouvait dominer la végétation concurrente. Pour le peuplier, dont le rythme de croissance est supérieur à celui de pratiquement tout végétal, le problème se limitait donc à surmonter la crise de transplantation (phase d'enracinement) et à permettre une croissance normale pendant la première saison de végétation.

La première expérience installée à Cheffes / Sarthe (49) comprenait quatre clones représentatifs des principaux groupes systématiques utilisés en France : 'Alcinde' (*P. deltoïdes*), 'I-214' (*P. x euramericana*), 'Trichobel' (*P. trichocarpa*) et 'Unal' (*P. Trichocarpa x P. Deltoïdes*). Le terrain a fait l'objet d'une préparation soignée avec un labour profond suivi d'un passage de pulvériseur à disques. La plantation est intervenue le 22 avril 1982 avec des boutures de dimension classique (longueur 25 cm, diamètre supérieur à 1,5 cm). Le contrôle de la végétation adventice était obtenu par un traitement herbicide localisé à la plantation au Caragarde (Terbuthylazine + Terbuméton) à la dose de 3 litres par hectare, suivi d'un entretien mécanique au rotavator fin juin. En début de seconde année les boutures non reprises sont remplacées, elles ne le sont plus par la suite.

La plantation a ensuite fait l'objet d'un dégagement manuel localisé au démarrage de la seconde saison de végétation, suivi d'un entretien mécanique en début d'été les 3e et 4e années.

Les meilleurs résultats en première année (tableau **1**) sont obtenus avec un hybride interaméricain, le clone 'Unal'.

Seconde phase : la protection des boutures

Les dispositifs installés en 1983 ont eu pour objectif de tester trois modalités de protection des boutures :

- traitement herbicide localisé au Caragarde (3 l/ha) ;
- traitement identique et paillage avec de l'écorce de pin broyée épandue sur 1 m^2 et 5 cm d'épaisseur ;
- protection par bâche plastique noir sur 1 m^2.

Deux dispositifs ont été installés à Tasque (32) et Miribel- Jonage (69), en utilisant des hybrides interaméricains voisins de 'Unal', respectivement 'Boelare' et 'Hunnegem'. Les autres conditions d'installation sont en tout point identiques à celles de l'essai de Cheffes/Sarthe. En revanche, la plantation a fait l'objet d'un entretien mécanique annuel au pulvériseur à disques, complété en première année par un désherbage manuel des parties non labourées à proximité des boutures, et par l'enlèvement des lianes et liserons. La plantation de Miribel-Jonage a cependant bénéficié d'un entretien plus intensif comprenant en surplus, deux arrosages dans le courant du premier été, et un binage manuel en début de troisième saison de végétation.

Troisième phase : la concurrence des herbacées

Malgré ces précautions supplémentaires, il est apparu que si la croissance était acceptable en première saison de végétation, elle stagnait au cours de l'année suivante. Cela signifiait donc que l'effet de la concurrence herbacée sur la croissance de jeunes plants de peupliers avait été sous-estimée. Il fallait donc augmenter l'intensification de la culture et poursuivre l'effort pendant plusieurs années, ce qui pouvait rapidement devenir contraire à l'objectif initial de réduction des coûts de production. Une autre alternative, consistait à utiliser un matériel végétal de départ moins sensible aux effets de la concurrence, et donc à rechercher une solution intermédiaire entre la bouture et le plançon de 2 ans.

Pour cela, une expérience a été installée en 1985 à Veretz (37) sur une station optimale, avec un peuplier euraméricain à forte croissance juvénile, le clone 'Luisa-avanzo'. Elle met en comparaison trois types de matériel végétal :

- des boutures classiques (longueur : 25 cm, diamètre : 1,5 cm);
- des boutures longues (longueur : 50 cm, diamètre : 3 cm) ;
- des plançons de 1 an (rejets de pied-mère, hauteur moyenne 3,50 m).

Les boutures ont été protégées par un paillage plastique. La parcelle a fait l'objet, en première année, d'un passage de pulvériseur à disques en juin, de deux passages croisés de herse vibrante et du même nombre de travaux manuels de désherbage et d'enlèvement des lianes.

Tableau 1 - Taux de reprise et croissance à six ans dans quatre expérimentations de bouturage direct

Plantation	Clone	Contrôle des adventices	Type de bouture	Reprise à 1 an (%)	Plants vivants 6 ans (%)	Hauteur 1 an (m)*	Circonférence à 6 ans (cm)*	Coefficient de variation sur circonférence
Cheffes/ Sarthe (49)	Alcinde	Herbicide	Classique	52	0	0,67 a	-	-
	I-214	Herbicide	Classique	81	15	1,12 b	11,5 a	0,63
	Unal	Herbicide	Classique	96	54	1,12 b	17,8 a	0,62
	Trichobel	Herbicide	Classique	92	32	1,06 b	14,2 a	0,50
Tasque (32)	Boelare	Herbicide	Classique	76	80	0,81 a	24,9 a	0,75
	Boelare	Herbicide + écorce	Classique	92	98	0,92 a	23,0 a	0,56
	Boelare	Paillage plastique	Classique	80	86	1,38 b	26,2 A	0,39
	Raspalje	Référence	Plançons 2 ans	100	99	NM	58,1	0,17
Miribel-Jonage (69)	Hunnegem	Herbicide	Classique	54	100	1,18 a	33,8 a	0,40
	Hunnegem	Herbicide + écorce	Classique	98	100	0,98 a	40,3 ab	0,32
	Hunnegem	Paillage plastique	Classique	94	100	1,10 a	42,7 b	0,32
	Boelare	Référence	Plançons	100	100	NM	56,6	0,12
Veretz (37)	Luisa-Avanzo	Paillage plastique	Classique	82	100	1,47 a	70,9 a	0,19
	Luisa-Avanzo	Paillage plastique	Longue	99	100	1,38 a	73,4 a	0,21
	Luisa-Avanzo	Populiculture classique	Plançons 1 an	86	100	NM	80,3 a	0,18
	Bellotto	Référence	Plançons 2 ans	92	100	NM	87,1	0,09

* Les modalités affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement selon le test de Tukey au seuil de 5 %. NM : non mesuré.

Résultats

L'ensemble des résultats est rassemblé dans le tableau **1**.

Taux de reprise

La reprise en première année est satisfaisante dans tous les cas, sauf pour le clone 'Alcinde'. Celui-ci appartient à l'espèce *P. deltoïdes* dont l'aptitude à l'enracinement est inférieure à celle des autres peupliers cultivés. Bien qu''Alcinde' figure parmi les meilleurs clones de l'espèce pour ce caractère, son aptitude apparaît insuffisante pour réussir son bouturage en dehors des conditions bien contrôlées d'une pépinière.

Dans la plantation de Cheffes/Sarthe, la mortalité s'est manifestée après la première saison de végétation. Celle-ci est imputable à la concurrence d'une végétation herbacée exubérante (quelques plants couchés et étouffés), mais aussi à des dégâts de gibier et de petits rongeurs. Un contrôle localisé de l'enherbement pendant trois ans et des protections individuelles contre le gibier sont donc indispensables.

Le paillage réalisé avec du plastique ou de l'écorce broyée donne des résultats significativement supérieurs au simple désherbage. Ceci s'explique aisément par la sensibilité importante du peuplier aux conditions d'alimentation hydrique.

Avec un seul regarni, ce qui est pratiquement obligatoire pour une plantation réalisée à densité définitive, il a été possible de créer un peuplement complet dans les deux essais qui ont fait l'objet d'un entretien intensif et prolongé.

Croissance

Ces dispositifs ont été conçus pour mettre au point une technique de bouturage, et pas pour comparer celle-ci avec les méthodes classiques de plantation. Néanmoins, dans trois cas le dispositif est installé en bordure d'une comparaison de clones réalisée avec des plançons de 2 ans. Bien que les comparaisons ne soient pas rigoureuses, nous avons indiqué, dans chaque cas en référence, les résultats obtenus pour un clone de

Photo 2 - Tasque : une installation lente pour une plantation hétérogène *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

croissance comparable, dans des conditions de populiculture classique. Par ailleurs, une mesure de l'hétérogénéité de la plantation, est donnée à travers le coefficient de variation (rapport écart type/moyenne) de la circonférence à 6 ans.

Pour chaque essai, les différences entre modalités de bouturage sont faibles et rarement significatives. En revanche, et sous réserve des remarques ci-dessus sur le manque de précision des comparaisons, le bouturage direct donne, dans tous les cas, des résultats très inférieurs à une plantation classique, et surtout beaucoup plus hétérogènes. L'écart entre ces deux méthodes est cependant réduit par une intensification de l'entretien. On peut estimer qu'à 6 ans le bouturage direct occasionne un retard de croissance compris entre 1,5 et 3 années (photo **2**).

La croissance des témoins est à peu près équivalente dans les deux dispositifs de Tasque et de Miribel-Jonage, alors que les résultats du bouturage sont nettement supérieurs dans le second dispositif. Cette différence s'explique d'abord par les arrosages en première année, réalisés seulement à Miribel-Jonage, mais probablement aussi par un impact accru de la concurrence herbacée en climat méridional.

En ce qui concerne les techniques culturales, le paillage plastique donne des résultats légèrement supérieurs pour la croissance et l'homogénéité du peuplement. Les boutures longues utilisées à Veretz ne se sont, en revanche, pas montrées significativement meilleures. Ceci est conforme aux observations faites habituellement en pépinière, mais il est probable qu'un niveau d'intensification moins élevé aurait donné des résultats plus contrastés (photo **3**).

Enfin, à Veretz, on note que l'utilisation de plançons de un an donne, sans paillage, des résultats intermédiaires entre bouturage direct et plantation classique. Nous

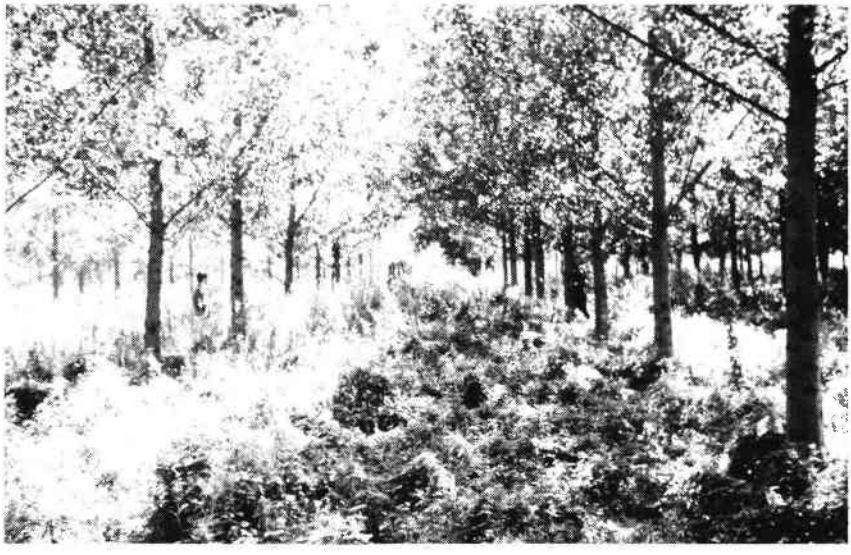


Photo 3 - Veretz : une réussite technique au prix d'une forte intensification *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

ne développerons pas ici les questions de taille et d'âge des plançons, qui ont par ailleurs été étudiées dans de multiples expérimentations.

Bilan économique

Les temps de travaux et les coûts ont été enregistrés dans tous les cas, sauf à Veretz où le propriétaire n'a pas comptabilisé ses multiples interventions. Les expériences de Cheffes/ Sarthe et de Tasque pouvant être assimilées à des échecs techniques, nous n'étudierons que le cas de Miribel - Jonage. Les dépenses réelles ramenées à l'hectare, pour une densité de 204 tiges par hectare (espacement 7 m x 7 m) sont indiquées dans le tableau **2**.

Tableau 2 - Dépenses hors taxes par hectare constatées à Miribel-Jonage

Année	Nature des interventions	Bouturage, paille plastique Hunnegem		Plançons 2 ans Boelare	
		Dépense francs courants	Sous-total francs 1991	Dépense francs courants	Sous-total francs 1991
0 (1982)	Préparation du sol	500	747	500	747
1 (1983)	Matériel végétal Plantation Fournitures (bâche, jalon) Entretien cover-crop Arrosage Fourniture et pose de protections contre les petits rongeurs	200 240 500 - 200 2.700 300	5.628	4.200 2.600 - 200	9.517
2 (1984)	Regarnis + entretien localisé Taille Entretien cover-crop	900 300 220	1.799	- 220	279
3 (1985)	Entretiens localisés Taille branches basses Taille de formation Entretien cover-crop	320 320 - 230	1.039	- - 600 230	992
4 (1986)	Taille de formation Entretien covercrop	600 240	986	- 240	282
5 (1987)	Taille de formation Entretien cover-crop	- 251	283	700 250	1.076
6 (1988)	Elagage Taille de formation Entretien cover-crop	1.400 800 260	2.711	1.400 - 260	1.829
7 (1989)	Entretien cover-crop	1.400 800 260	2.711	1.400 - 260	1.829
8 (1990)	Elagage	2.000	2.060	2.000	2.060
10	Elagage (prévisions)	3.000	3.000	3.000	3.000
	Total	-	18.544	-	20.073

La courbe de croissance de 'Boelare' est strictement identique à celle observée dans le populetum de Noyon, ce qui nous permet d'estimer le rendement matière final de la plantation. En populiculture classique, les peupliers devraient atteindre une circonférence moyenne de 140 cm à l'âge de 15 ans, ce qui correspond à un volume marchand unitaire de 1,5m^3, décomposé en 1m^3 de grume et 0,5m^3 de houppier. Pour une valeur de 250 F par m^3 de grume et 90 F par m^3 de bois de trituration, la valeur de la production s'élève à 60.180 F par ha.

Par ailleurs, nous avons supposé que le retard de croissance engendré par la technique de bouturage direct, estimé à deux années, se maintiendra dans les années à venir. Dans ces conditions, une production équivalente sera obtenue à l'âge de 17 ans.

Avec une rémunération du foncier de 400 F par hectare et par an, le taux de placement est alors de 7,3 % pour la plantation créée par bouturage direct, et de 8 % pour la plantation classique.

Cet écart doit être interprété avec prudence, compte tenu du caractère imparfait de l'expérience évoqué ci-dessus. De plus, certaines opérations d'élagage auraient techniquement dues être différées d'un à deux ans pour le dispositif de bouturage direct, ce qui n'était financièrement pas possible dans le cadre de la gestion de la plantation (photo **4**).

On peut, malgré tout, en déduire que si le bouturage direct apparaît économiquement viable, il ne contribue pas à réduire les coûts de production par rapport à une plantation classique réalisée avec des plançons de 2 ans.

Une technique pour les taillis à courte rotation

Il est possible de constituer une peupleraie destinée à la production de grumes, et plantée à densité définitive, à partir d'un bouturage direct. Cela nécessite, pour l'essentiel, un terrain fertile et bien alimenté en eau, le choix d'un matériel végétal adapté, un entretien très intensif pendant les trois premières années et une protection contre les rongeurs. Est-ce pour autant une technique à conseiller ?

L'intérêt économique de la méthode ne paraît pas évident, compte tenu de l'augmentation des charges de main-d'œuvre nécessaires pour les entretiens localisés et les tailles, et de l'allongement du cycle de production.

Par ailleurs, le peuplement obtenu est plus hétérogène, ce qui peut entraîner une dépréciation difficilement quantifiable lors de la vente. Enfin, il y a un risque élevé d'échec en cas d'aléas climatiques ou d'attaques parasitaires dans les premières années.

Photo 4 - Plantation classique *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

Un propriétaire qui ne réside pas à proximité de la plantation, ou qui confie tous les travaux à des entreprises extérieures, aura tout intérêt à recourir aux techniques habituelles d'installation.

Un propriétaire qui effectue les travaux lui-même et qui dispose du matériel adéquat pourra être tenté par la solution du bouturage direct qui minimise les sorties d'argent. Malgré tout, il doit considérer que son terrain est sous-utilisé pendant une période de 2 à 3 ans. Pour des débours équivalents, il peut enrevanche envisager de créer sa propre pépinière. La surface à travailler est alors nettement moindre (densité d'environ 10.000 boutures/ha), et il est beaucoup plus facile de se mettre à l'abri des aléas climatiques pendant la période critique d'enracinement, et de protéger les jeunes plants contre les divers déprédateurs (photo **5**).

Cela nécessite, en revanche, une meilleure prévision de la plantation, car le bouturage doit intervenir impérativement 2 ans avant la plantation. De nombreux

Photo 5 - La pépinière : des resultats homogènes dans un milieu contrôlé *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

propriétaires ont opté pour cette formule. La recherche d'une réduction des coûts ne doit cependant pas faire oublier que la véritable économie se trouve dans la rapidité d'installation de la peupleraie, elle-même fortement conditionnée par la qualité du matériel de départ. A ce titre, l'achat des plançons serait souvent plus rentable que l'utilisation d'un matériel produit dans des conditions plus ou moins satisfaisantes et qu'on ne peut se résoudre à détruire.

Le bouturage direct est donc une technique qui doit être réservée exclusivement à l'installation des taillis à courte rotation. Dans ce cas, la comparaison entre boutures et plançons est posée dans des termes tout à fait différents, par suite d'une densité de plantation 10 fois plus élevée, et de l'inutilité des soins aux parties aériennes.

Bibliographie

AFOCEL, 1982 - Culture de Biomasse ligneuse : taillis à courte rotation - p. 35-63.

Pourtet, J., 1960 - Expériences de bouturage direct du populetum de Vineuil - 3 p.

Terrasson, D., Deboisse, G., 1989 - Le populetum de Noyon : une référence en Picardie; *CEMAGREF, Annales 1989 du Département Forêt*, p. 161-171.

Terrasson, D., 1991 - La culture du peuplier et du saule en Argentine; *Revue Forestière Française*, vol. 43 - n° 3, p. 241-247.

Agroforesterie moderne en Auvergne

Principes et premier bilan d'une expérimentation multilocale

Jean-Luc Guitton

Aujourd'hui, le contexte de déprise agricole amène à proposer des schémas nouveaux d'exploitation des terres agricoles. L'agroforesterie en est un. Nous avons tous en tête un paysage de prairies plantées d'arbres et pâturées par des animaux. Si banal qu'il puisse paraître, cet exemple est une représentation traditionnelle de l'association de la production agricole et des arbres. On peut envisager une conception nouvelle et adaptée, la culture d'arbres à bois de qualité sur des surfaces valorisées par le pâturage d'animaux.

Avant d'arriver à la définition puis à la vulgarisation de ce schéma, plusieurs étapes sont nécessaires passant par la réflexion et la collaboration de différents partenaires, par l'élaboration et la mise en place de programmes d'expérimentation. Le CEMAGREF et l'INRA de Clermont-Ferrand, avec le soutien de la Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt Auvergne (DRAF), se sont engagés dans cette voie depuis trois ans.

La démarche de travail

Un contexte qui incite à la réflexion

Les conditions de l'agriculture européenne évoluent.

La démographie du monde rural continue sa mutation. Le blocage des niveaux de production dans le cadre de la politique agricole commune et la tendance à la diminution des prix agricoles rendent la position des exploitations de plus en plus vunérable, en particulier en zone difficile.

L'apparition de dégats écologiques liés à certaines pratiques intensives conduit à les remettre en cause.

De plus, l'utilisation des terres abandonnées par l'agriculture pour le reboisement a montré ses limites quand celui-ci n'est pas planifié dans le temps et dans l'espace.

Le problème se pose donc d'accompagner la baisse du nombre d'actifs agricoles par de nouveaux modes de mise en valeur. Cela conduit à rechercher des activités diversifiées et respectueuses du milieu, pour maintenir l'agriculture dans les zones fragiles.

On s'oriente vers diverses possibilités : le tourisme, la pluriactivité, la forêt paysanne ...

Dans ce contexte, la culture d'arbres à faible densité plantés dans des prairies pâturées apparaît comme une réponse possible. Elle apporte des compléments de revenus (bois, baisse des loyers, aides), tout en évitant la mise en friche. Elle contribue par ailleurs à diminuer l'énorme déficit en bois de l'Europe.

L'application de l'agroforesterie à l'Auvergne

La réflexion menée conjointement par la DRAF Auvergne, le CEMAGREF et l'INRA a permis de préciser l'objectif à atteindre : "**définir des systèmes de cultures d'arbres forestiers dans le cadre d'exploitations agricoles de zones fragiles**".

Une analyse bibliographique des connaissances

Fruits de la recherche ou de la pratique traditionnelle, des connaissances déjà acquises fournissent des éléments de réponse quant à la faisabilité de l'association arbre-herbe-animal. Les recherches bibliographiques ont permis de les recenser. Cette synthèse a été rassemblée dans un premier document : "*Cultures d'arbres à bois précieux en prairie pâturée en moyenne montagne humide*".

Photo 1 - Bovins sur prairie plantée d'arbres à faible densité *(CEMAGREF Clermont-Ferrand)*

Néanmoins, malgré l'acquisition de nombreuses références, il est apparu que certains domaines restaient dans l'ombre voire inconnus, que le transfert de certains résultats à ce nouveau milieu n'était pas immédiat compte tenu de sa diversité. Seule l'expérimentation peut permettre de tester les hypothèses avancées.

Un programme d'expérimentation

Le programme d'expérimentation auvergnat a été approuvé en 1988 et est aujourd'hui engagé. Il permet de disposer de supports pour différents tests.

Il nous faut rappeler que la culture d'arbres à bois précieux en prairie associe, de manière permanente, durant toute la révolution des arbres, l'élevage et la production de bois.

Le modèle

Il se définit comme la plantation à espacement régulier de prairies permanentes sur sols non superficiels, pâturées par des bovins ou par des ovins, avec une centaine d'arbres adaptés et susceptibles de produire du bois d'œuvre de qualité.

Au moment de l'installation, des soins tels que le sous-solage, le désherbage localisé ou la fertilisation, assurent un démarrage rapide des plants. Des tube-abris

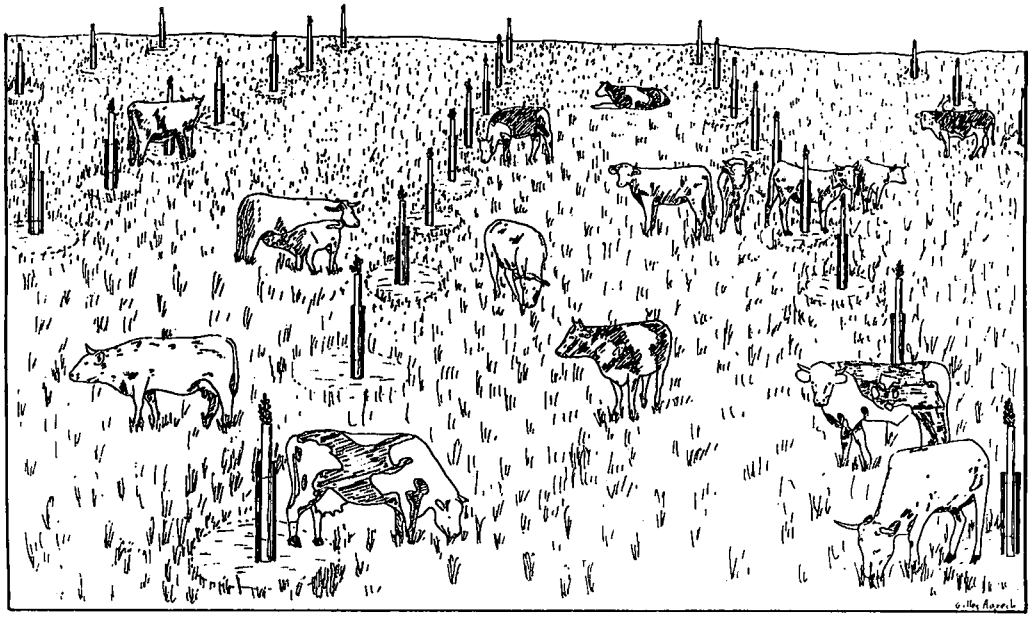


Figure 1 - Plantation d'arbres forestiers en prairie - 2 à 3 ans après plantation

solidement tuteurés protègent ces derniers du bétail. Ils mesurent 1,80 m de hauteur avec un cheptel ovin et 2,50 m dans le cas de bovins.

Des travaux de taille et d'élagage doivent assurer la formation d'une grume droite, saine et sans nœuds, de 3 à 6 m selon la fertilité du terrain (figures **1** et **2**).

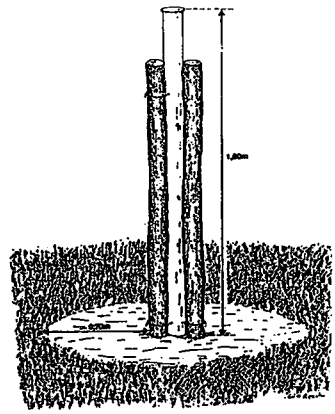


Figure 2 - Protection individuelle Tubex

Le dispositif expérimental

Le réseau d'expérimentation mis en place doit permettre de tester ce modèle, tout en le soumettant à des variations pour dégager les conditions optimales de réussite.

Les facteurs étudiés sont les suivants :

- les essences et leur adaptation au milieu et à ce type de plantation,
- la densité de plantation et son effet sur le maintien d'un couvert herbacé productif ainsi que sur la rentabilité économique,
- les tailles qui sont nécessaires à l'évolution satisfaisante de la forme des arbres,
- les techniques culturales qui permettent le développement de l'arbre, tels que le travail du sol au moment de la plantation, la fertilisation et les traitements phytosanitaires,
- les différents systèmes d'élevage et le comportement des animaux vis à vis des arbres plantés dans la prairie.

Le choix des sites a été effectué de manière à couvrir une large gamme de milieux présentant des caractéristiques variables : d'altitude (250 à 1250 m), d'exposition, de pluviométrie (de 600 à 1500 mm de moyenne annuelle) et d'origine du sol (sédimentaire, volcanique et granitique) (figure **3**).

Sur chacun des sites on implante l'espèce a priori la mieux adaptée au milieu. On l'appelle l'"essence objectif". Les densités choisies sont 50, 100 et 200 tiges/ha et à la densité forestière habituellement recommandée. On implante trois ou quatre autres essences, plantées à la densité de 100 tiges/ha.

Enfin, on utilise trois types de prairies témoins : une prairie bien pâturée, une prairie paturée tardivement et une prairie laissée en friche et non paturée.

Chaque placette est comprise entre 0,7 et 1 ha, afin d'obtenir une certaine homogénéité dans le pâturage et un échantillonnage représentatif des caractéristiques de croissance et de développement.

Ce schéma général a été réadapté localement selon les surfaces des expérimenta-

tions choisies par les différents partenaires de l'étude. On a mis l'accent soit sur la comparaison des densités de plantations, soit sur celle des différentes espèces.

Ces essais ont été implantés sur trois domaines de l'INRA, dans cinq lycées agricoles et sur le domaine du CEMAGREF de Montoldre. Ces domaines d'établissements publics offrent les garanties de durée dans la mise à disposition des terres et des animaux. 45 ha sont aujourd'hui plantés.

Les premiers résultats des plantations en prairie

La reprise et la croissance des deux premières années sont très bonnes.

En fin de saison de végétation, on a noté en moyenne moins de 5% de mortalité. On a mesuré les accroissements moyens par essence. Quelques résultats... (tableau **1**).

Par effet de serre, le tube-abri favorise la reprise et l'accroissement : les résultats obtenus pour les essences testées, en densité forestière sans protection, sont très inférieurs (tableau **2**).

Tuteuré par deux pieux, le manchon résiste au bétail si l'on s'assure d'une part de la stabilité des pieux et d'autre part d'une hauteur suffisante des pieux par rapport à la hauteur du manchon.

La stabilité des pieux peut être compromise dans les sols caillouteux et dans les sols argileux. Dans les premiers, il est recommandé de sonder avant de planter les pieux (et

Tableau 1 - Quelques résultats de plantations en prairie

Plantations		Année 1	Année 2
Merisiers	50 à 83 cm	+ 76 à + 138 cm	+ 80 à + 95 cm
Merisiers	129 à 139 cm	+ 48 à + 114 cm	
Erables	58 à 107 cm	+ 27 à + 96 cm	+ 74 à + 153 cm
Noyers hybrides	49 à 50 cm	+ 93 à + 135 cm	
Mélèzes hybrides	50 à 54 cm	+ 8 à + 32 cm	+ 62 à + 95 cm

Tableau 2 - Résultats obtenus avec effet de serre (tube-abri)

Plantations		Année 1	Année 2
Merisiers	51 cm	+ 22 cm	+ 14 cm
Erables	64 cm	+ 1 cm	0
Mélèzes	60 cm	+ 8 cm	+ 16 cm

de planter l'arbre après les pieux). Dans les seconds, il faut enfoncer profondément les pieux et éviter une fréquentation continue par le troupeau.

Les incidents les plus graves se sont produits avec des animaux assez grands pour attraper les branches déjà hors manchon. On a ainsi déterminé les hauteurs de manchon à respecter : 1,80 m en ovin et 2,50 m en bovin. La hauteur des pieux doit être en proportion : 1,50 m et 1,80 m au-dessus du sol respectivement.

Une fréquentation trop continue des animaux n'est pas souhaitable. Le pâturage tournant, avec des durées de séjour adaptées à la quantité d'herbe, a donné partout satisfaction.

Toute cause d'agacement des animaux, parasites, mise à l'herbe, sevrage des veaux, insuffisance d'herbe, parc trop étroit, chiens courants, est théoriquement à éviter. Mais, il faut constater que les dégâts observés proviennent essentiellement du défaut d'implantation des pieux ou de l'insuffisance de hauteur des tubes ou des pieux (pliage du manchon).

D'autres ennuis proviennent d'un espace trop large entre le manchon et le tube (passage offert aux cornes qui brisent alors l'attache) ou trop serré (manchon pincé par le sommet des deux pieux).

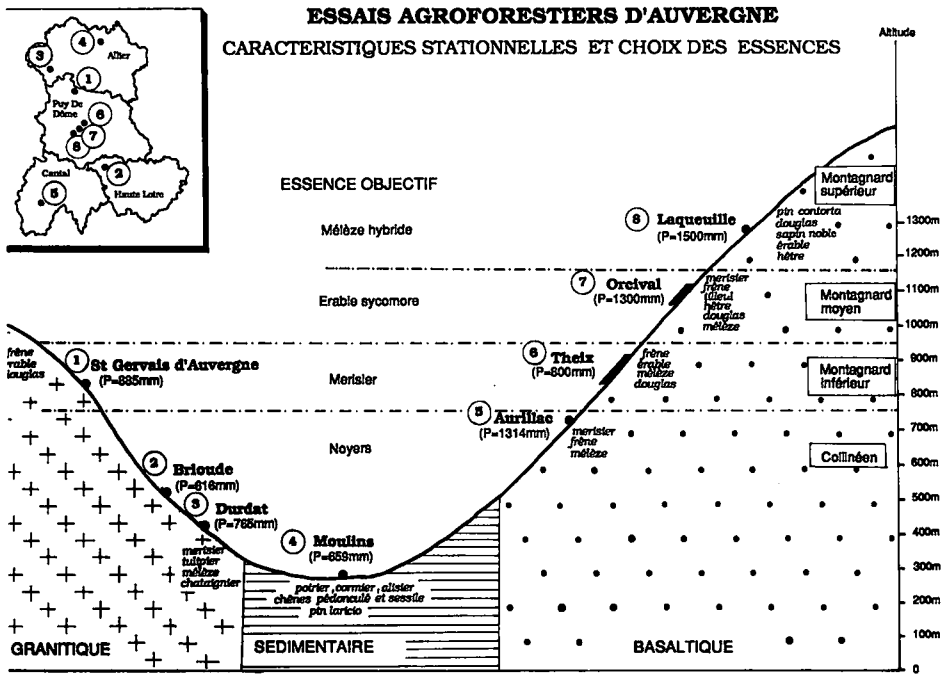


Figure 3 - Essais agroforestiers d'Auvergne. Caractéristiques stationnelles et choix des essences

Le désherbage est déterminant pour la réussite de l'installation – reprise et croissance – du jeune plant. Les résultats peu satisfaisants observés en densité forestière s'expliquent en partie par l'emploi d'un herbicide au spectre moins large et donc moins efficace que le glyphosate sur la flore prairiale. Rappelons que c'est la protection du plant par le tube qui permet l'utilisation de cet herbicide très efficace mais non sélectif.

Photo 2 - Les branches de l'arbre sortent du tube-abri, manchon protecteur solidement tuteuré *(CEMAGREF Clermont-Ferrand)*

La forme des plants oblige à des tailles pour s'assurer de la formation d'une bille droite sans nœuds. En effet, dès la deuxième année, des plants présentent des fourches par destruction ou domination de la tige apicale (cause non identifiée ou casse) dans et hors du tube.

Les premières notations de forme sur merisier frêne érable sont défavorables au merisier. Ces résultats ne peuvent être considérés comme définitifs, car il est difficile d'anticiper la forme de l'arbre en situation avec tube-abri après seulement deux ans de plantation.

Ces résultats vont dans la direction souhaitée d'une croissance maximale du jeune plant pour qu'il résiste au frottis du bétail lorsque le tube ne fera plus protection (au bout de 5 à 7 ans). Mais des incertitudes subsistent, quant aux choix techniques à privilégier.

Les expérimentations devront être élargies à d'autres situations réelles chez des éleveurs pour cerner tous les problèmes concrets de cette association, avant de songer à la vulgarisation.

Photo 3 - Tuteuré par deux pieux, le manchon résiste au bétail *(CEMAGREF Clermont-Ferrand)*

Perspectives

Les questions techniques posées par l'association prairie-arbres-animaux sont multiples et sont liées à des thèmes plus fondamentaux qu'il est nécessaire d'étudier.

Il s'agit en particulier des rythmes de développement d'arbres souvent forestiers, plantés sans concurrence, de l'influence du tube-abri sur la physiologie de l'arbre, de la concurrence herbe-arbre, et du comportement de l'animal face à l'arbre.

Les aspects socio-économiques sont également à préciser.

Les premières données de coût financier fournies par les premières plantations doivent être confirmées. Il faut s'assurer de la valorisation future du produit et donc définir des exigences en qualité de la demande.

Les obstacles juridiques et réglementaires liés à l'opposition entre spéculation forestière et agricole existent. Comment ne pas faire appliquer à cette association la réglementation la plus contraignante ?

Les blocages humains et culturels sont à analyser finement avant de vouloir vulgariser quoi que ce soit.

Or, dans tous les cas la présence de l'éleveur et le maintien de l'activité agricole sont nécessaires à la réussite de ce schéma.

Il s'agit donc de comprendre et de lever les blocages, puis de définir les techniques à vulgariser pour faire adopter l'agroforesterie.

Photo 4 - Prairie plantée de pins sylvestres adultes : exemple de ce que deviendront les plantations actuelles *(CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)*

Un domaine de travail étendu

Ainsi donc, du chemin a déjà été parcouru dans la définition d'une agroforesterie applicable à nos régions de moyenne montagne susceptibles de conforter l'agriculture en place. Depuis deux ans se sont succédées des phases de réflexion sur la définition d'un système, d'étude bibliographique et d'installation d'une cinquantaine d'hectares d'expérimentations.

L'agroforesterie peut prendre plusieurs formes, un seul aspect est ici développé : la plantation à faible densité d'arbres à bois précieux en prairie, car il est le plus avancé, il est lié aux deux autres volets du programme d'expérimentation auvergnat : d'une part, l'ouverture de plantations résineuses au pâturage, qui a vu, au printemps 1990, la mise en place d'un essai préliminaire afin d'en tester la faisabilité; d'autre part, la rénovation du bocage.

La collaboration avec des organismes de régions différentes apporte également des possibilités et une efficacité supplémentaire aux travaux en place :

- en Languedoc-Roussillon avec l'INRA et le CRPF
- en Corse avec la D.D.A.F.
- au Royaume-Uni avec le MLURI et la Forestry Commission
- en Grèce avec l'Université de Thessalonique.

Enfin, l'élaboration d'un projet de recherche par les partenaires anglais, grecs, l'INRA et le CEMAGREF pour la France, devrait favoriser les échanges sur les résultats obtenus et l'extension aux questions sociologiques, économiques et juridiques.

Bibliographie

Baudry, J.,1986. Constitution d'un bocage à mailles larges sur les hauts plateaux du Massif-Central, *Rapport N°3, CERESA*

Conseil Général du GREF, avril 1988, *Rapport N°20*

CEE, 1986. Mémorendum de la CEE sur l'action de la communauté dans le secteur forestier *(COM 86 du 31-01-86)*

Evans J., Potters M.J., 1985. Manchons forestiers: un nouveau matériel pour la reprise des arbres, *Plasticulture N°68*

Guitton J-L., Bretiere G., Sarr S., 1990. Cultures d'arbres à bois précieux en prairie pâturée, *CEMAGREF*

Hubert M., Courraud R., 1987. Elagage et taille de formation, *Institut pour le développement forestier*

Richard P., 1987. Effet du pâturage sur la végétation du sous bois dans les landes de gascogne - *Thèse d'état*

Soltner D., 1978. Planter des haies, brise vent, bandes boisées - *Collection sciences et techniques agricoles*

4. Notes et Analyses

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA CROISSANCE ET DE LA NUTRITION MINERALE DU PIN LARICIO DE CALABRE EN PEPINIERE

C. ARGILLIER
Division Forêt Méditerranéenne
Aix en Provence

RESUME

Cette étude s'inscrit dans le programme d'amélioration de la fertilisation des plants forestiers méditerranéens en culture hors-sol. L'expérience présentée a pour but de définir quelle est la forme azotée permettant une meilleure croissance en pépinière du pin laricio de Calabre.

La croissance en hauteur, la biomasse et les teneurs en N, P, K des parties aériennes et racinaires ont été comparés sur des plants fertilisés avec trois solutions nutritives complètes contenant de l'azote nitrique, ammoniacal ou du nitrate d'ammonium.

Après un an de culture, l'utilisation d'une solution nutritive ammoniacale permet d'augmenter d'environ 20 % la hauteur et la biomasse des plants obtenues avec les solutions nitrique et mixte. L'absorption supplémentaire d'azote et de phosphore en fertilisation ammoniacale se traduit essentiellement par une augmentation de la croissance.

INTRODUCTION

Depuis 1981, la division Forêt Méditerranéenne du CEMAGREF, groupement d'Aix en Provence, met en oeuvre des programmes d'expérimentation dans le but de définir les critères de qualité des plants forestiers produits en culture hors-sol et de mettre au point des techniques culturales adaptées à l'obtention de ces critères. Ainsi, différents paramètres ont été étudiés : les conteneurs (Benoît de Coignac et Gruez, 1987) et les substrats (Guehl *et al.*, 1989) dans un premier temps puis les techniques d'irrigation et le conditionnement des plants en vue de la plantation (Argillier *et al.*, 1991).

En tenant compte des acquis en matière de culture hors sol, la recherche d'une optimisation de la fertilisation a été entreprise sur le pin laricio de Calabre, essence bien adaptée aux zones montagneuses de la région méditerranéenne, mais à faible croissance en pépinière.

L'expérience présentée a pour but de définir quelle est la forme azotée permettant une meilleure croissance de cette espèce en culture hors sol.

MATERIEL ET METHODES

Production des plants

Les graines de pin laricio de Calabre (*Pinus nigra* subsp. *laricio* var. *calabrica*) provenance 01 France continentale (verger des Barres), ont été mises à tremper 48 h dans de l'eau à 20°C puis semées dans les conteneurs après un ressuyage de 4 à 5 h.

Le semis a été effectué le 6 avril 1990. Les plants ont été élevés sous serre thermorégulée (température moyenne de 25°C) et à hygrométrie contrôlée (70 % d'humidité relative) à la pépinière administrative des Milles.

Les conteneurs utilisés étaient des WM (Riedacker, 1978) conditionnés par caisse de 32. Ces conteneurs sans fond de 590 cm^3 évitent l'enroulement des racines et permettent leur autocernage.

Le substrat était constitué d'un mélange dans les proportions 1/1 de tourbe blonde et de compost d'écorce de pin.

Les plants étaient arrosés quotidiennement par brumisation avec de l'eau déminéralisée pour maintenir le niveau hydrique du substrat entre pF 1 et pF 1,5 (analyse du substrat effectuée par l'ENITH d'Angers). Le niveau hydrique était contrôlé par pesée des caisses.

Les plants ont été fertilisés une fois par semaine avec des solutions nutritives commerciales DYNAFLOR d'équilibre N-P-K égal à 8-6,5-13 à 0,5 % et contenant l'azote sous forme nitrique ou ammoniacale ou mixte (nitrate d'ammonium).

En fin de culture, les quantités d'azote, de phosphore et de potassium reçues par plant étaient respectivement de 134, 47 et 181 mg.

Les plants ont été répartis selon un dispositif en blocs complets avec trois répétitions et 160 plants par parcelle unitaire.

En fin de période de végétation (fin septembre), les plants ont subi un stress hydrique destiné à provoquer la mise en réserve des sucres en vue d'une meilleure reprise à la plantation.

Dosages

Préparation des échantillons

Les plants prélevés ont été mis à sécher 48 h à l'étuve à 70°C. Les parties aériennes et les racines ont ensuite été pesées et homogénéisées par broyage au Dangoumau.

Teneurs en N, P et K des tissus

Le phosphore et l'azote ont été dosés sur des échantillons (10 mg de MS) minéralisés sans catalyseur (Mc Donald, 1978), par colorimétrie selon les techniques de Taussky et Shorr (1953) et Martin *et al.* (1983).

Le potassium a été dosé au spectrophotomètre de flamme par émission de flamme à 766,6 nm sur l'extrait minéralisé.

Analyses statistiques

Pour évaluer la hauteur des plants, 25 % de l'effectif a été mesuré. Les biomasses et les teneurs en éléments minéraux ont été déterminées sur 12 plants de chaque traitement. Les valeurs présentées sont des moyennes.

Les comparaisons entre moyennes ont été effectuées au seuil de 95 % par test des comparaisons multiples de Scheffe.

RESULTATS

Croissance des plants

Les premières mesures des hauteurs ont été effectuées le 7 juin soit un mois après la levée. A partir de cette date, et quel que soit le traitement, nous observons une augmentation régulière de la hauteur des plants jusqu'au mois de septembre (fig. 1). Les plants ont alors effectué environ 90 % de leur croissance en hauteur de la première année.

En début de culture aucune différence significative n'apparaît entre les traitements. Au mois de janvier, date de la plantation, les plants fertilisés avec l'azote ammoniacal sont significativement plus grands que les plants des deux autres traitements (tab. 1).

L'arrêt de la croissance en hauteur des plants est suivi assez rapidement d'un ralentissement de l'augmentation de la biomasse de la partie aérienne (fig. 2a). L'augmentation de la matière sèche en fin de période de culture correspond au développement des premières aiguilles adultes et à un épaississement du collet. Après une année de culture, la biomasse des parties aériennes est plus importante chez les plants cultivés sur milieu ammoniacal que chez les plants des deux autres modalités (tab. 1).

La croissance et/ou le développement racinaire des plants fertilisés avec la solution contenant du nitrate d'ammonium s'arrête beaucoup plus tôt dans la période de culture que lorsque l'azote est apporté sous forme nitrique ou ammoniacale (fig. 2b). Cependant, en fin de période de culture en pépinière, aucune différence significative n'est mesurée entre les modalités (tab. 1).

Tab. 1 - Caractéristiques dimensionnelles et pondérale des plants après une année de végétation.

	Nitrique	Ammoniacale	Mixte
Hauteur (cm)	7,27 a	9,58 b	6,42 a
Matière sèche (g)			
Racines	0,63 a	0,74 a	0,56 a
Parties aériennes	0,92 a	1,25 b	0,97 a

Sur une même ligne, les valeurs suivies de lettres toutes différentes sont significativement différentes pour le test de SCHEFFE au seuil de 95 %.

Teneurs en N, P et K des racines et des parties aériennes

Au cours de la période de culture, les teneurs en azote et en phosphore des tissus varient peu et sont comparables quel que soit le type de solution nutritive utilisé. Les teneurs moyennes en azote des parties aériennes et des racines sont respectivement de 20,2 et 16,5 mg/gMS. La teneur moyenne en phosphore des parties aériennes des plants est de 1,9 mg/gMS et la concentration racinaire moyenne est de 4 mg/gMS. Les valeurs des teneurs en N et P mesurées avant plantation sont présentées dans le tableau 2.

L'évolution de la teneur en potassium des racines et des parties aériennes des plants est présentée figure 3. A partir du mois de septembre, les plus faibles teneurs en potassium sont mesurées dans les parties aériennes et les racines des plants fertilisés avec de l'azote ammoniacal. Bien que les différences ne soient pas statistiquement significatives, cette tendance se maintient jusqu'à la plantation (tab.2).

Tab. 2 - Teneur en éléments minéraux des tissus à la plantation en fonction de la source azotée.

	Nitrique	Ammoniacale	Mixte
N (mg/gMS)			
Racines	14,01 a	13,21 a	15,73 a
Parties aériennes	18,85 a	18,82 a	17,63 a
P (mg/gMS)			
Racines	4,21 a	5,11 a	4,16 a
Parties aériennes	1,62 a	1,68 a	1,57 a
K (mg/gMS)			
Racines	8,16 ab	7,06 a	9,68 b
Parties aériennes	10,48 ab	7,65 a	12,36 b

Sur une même ligne, les valeurs suivies de lettres toutes différentes sont significativement différentes pour le test de SCHEFFE au seuil de 95 %.

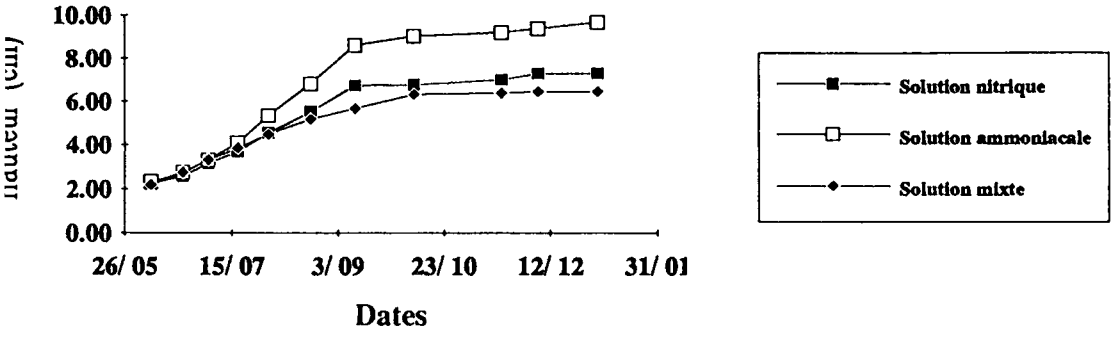


Fig. 1 - Evolution de la hauteur des plants au cours de la première année de culture en pépinière.

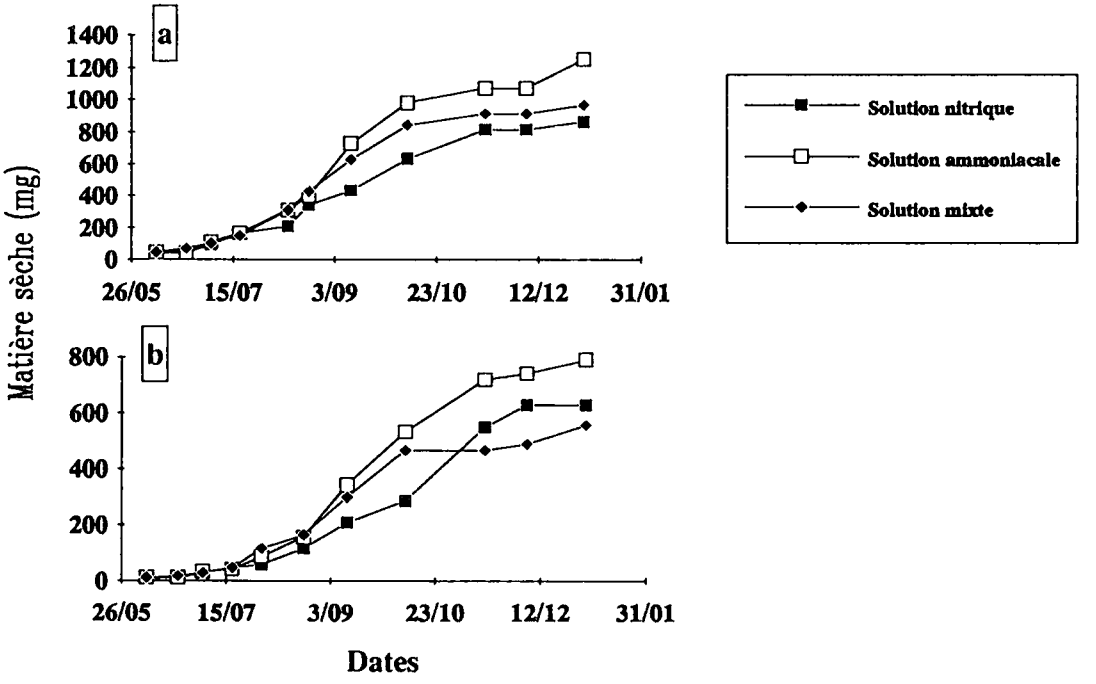


Fig. 2a et b - Evolution de la biomasse moyenne (a) de la partie aérienne et (b) des racines d'un plant fertilisé avec une solution ammoniacale, nitrique ou mixte.

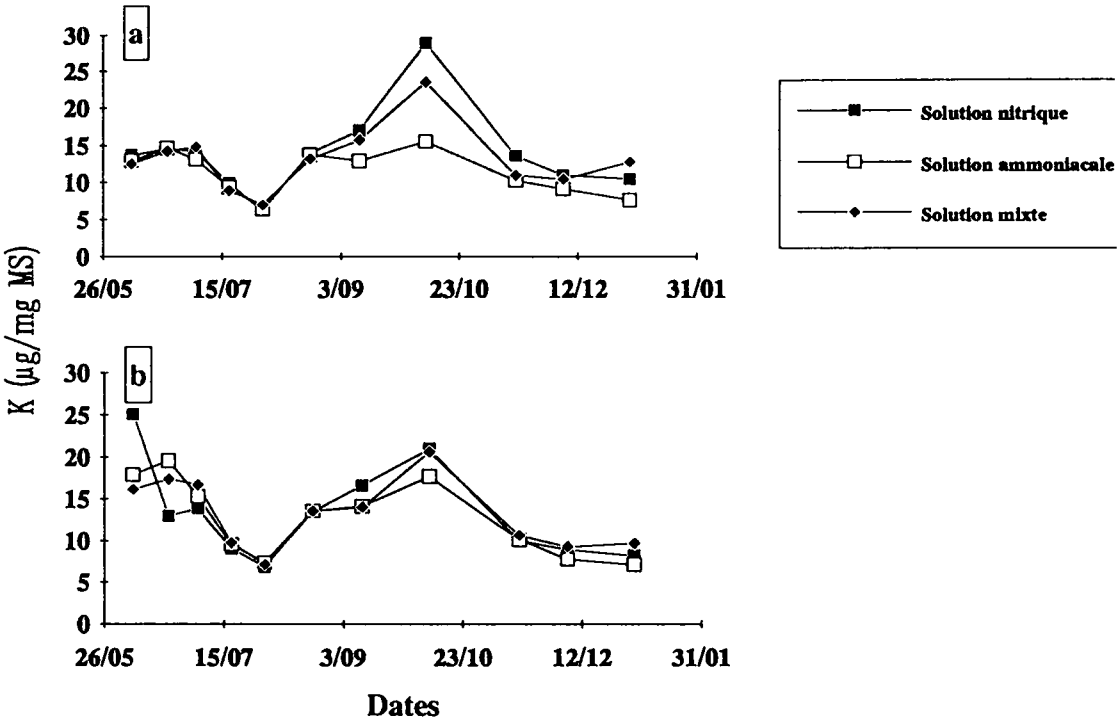


Fig. 3a et b - Teneur en potassium (a) des parties aériennes et (b) des racines de Pin laricio fertilisés avec une solution nitrique, ammoniacale ou mixte.

Quantités de N, P et K accumulées par les plants après une saison de végétation

Les moyennes des quantités totales d'azote, de phosphore et de potassium présentes dans un plant après une année de culture, sont présentées dans le tableau 3.

Les plants élevés sur milieu ammoniacal présentent des quantités d'azote dans leur partie aérienne et de phosphore dans leurs racines significativement supérieures à celles des plants cultivés sur milieu nitrique ou mixte.

Tab. 3 - Quantités moyennes de N, P et K accumulées par les plants en une année de végétation.

	Nitrique	**Ammoniacale**	**Mixte**
N (mg/plant)			
Racines	7,88 a	10,48 a	8.99 a
Parties aériennes	16,25 a	23,65 b	17,33 a
P (mg/plant)			
Racines	2,40 a	4,07 b	2,22 a
Parties aériennes	1,34 a	2,15 a	1,58 a
K (mg/plant)			
Racines	4,63 a	5,58 a	5,44 a
Parties aériennes	9,04 a	9,60 a	11,47 a

Sur une même ligne, les valeurs suivies de lettres toutes différentes sont significativement différentes pour le test de SCHEFFE au seuil de 95 %.

CONCLUSION

La croissance en pépinière du pin laricio de Calabre est relativement faible. Après une année de végétation, la hauteur des plants excède rarement 10 cm. Toutefois la période de végétation est longue; on observe en effet une forte croissance en hauteur et biomasse des parties aériennes et racinaires jusqu'à l'automne.

Dans nos conditions de culture (température et humidité contrôlée), l'apport d'azote sous forme ammoniacale permet d'augmenter significativement la croissance des jeunes plants de pin laricio de Calabre. Le gain obtenu en un an de culture par rapport à l'utilisation des deux autres solutions nutritives est compris entre 2 et 3 cm sur la hauteur et d'environ 300 mg sur la matière sèche totale du plant (soit une augmentation supérieure à 20 %) . Une plus faible croissance des plants avec en fertilisation nitrique a déjà été observée sur le Sapin de Céphalonie (Argillier *et al.*, 1990) et sur des essences plus septentrionales (Van Den Driessche, 1971).

Les concentrations en N et P des tissus ne sont pas modifiées par les différentes formes azotées de la solution nutritive. L'absorption supplémentaire d'azote et de phosphore observée en fertilisation ammoniacale se traduit essentiellement par une fabrication supplémentaire de biomasse.

Dans nos conditions de culture, l'accumulation du potassium par le plant étant identique dans les trois modalités, les teneurs en K des tissus ont tendance a être plus faible chez les plants ayant la plus forte croissance.

Un échantillonnage des plants des trois traitements et de plants témoins élevés selon les techniques employées à la pépinière administrative des Milles ont été mis en place dans un boisement expérimental dans la forêt de Beaujeu (05). Le comportement des plants sur le terrain sera suivi au cours des cinq années qui suivront la plantation.

BIBLIOGRAPHIE

ARGILLIER C., FALCONNET G., BRAHIC P ET GRUEZ J.
La croissance en pépinière du sapin de Céphalonie (Abies cephalonica Loud.). Influence de quelques facteurs nutritionnels et physiques.
Annales CEMAGREF, 5, 1990, pp. 103-111.

ARGILLIER C., FALCONNET G. ET GRUEZ J.
La culture des plants (fiche 7).
Le Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français, 1991, Chapitre 6.

BENOIT DE COIGNAC G. ET GRUEZ J.
Plants forestiers en conteneurs.
CEMAGREF. Informations techniques, 1987, Cahier 67, 7, page 4.

GUEHL J.M., FALCONNET G. ET GRUEZ J.
Caractéristiques physiologiques et survie après plantation de plants de Cedrus atlantica élevés en conteneurs sur différents types de substrats de culture.
Annales Sciences Forestières, 1989, 46, 1-14.

MARTIN F., WINSPEAR J., MAC FARLANE D. ET OAKS A.,
Effect of methionine sulfomixine on the accumulation of ammonia in C_3 and C_4 leaves. The relationship between NH_3 accumulation and photorespiratory activity.
Plant Physiol., 1983, 71, 177-181.

MC DONALD M.S.
A simple and improved method for the determination of microgram quantities of nitrogen in plant material.
Annales Botanique, 1978, 42, 363-366.

RIEDACKER A.
Etude de la déviation des racines horizontales ou obliques de boutures de peuplier qui rencontrent un obstacle : application à la conception de conteneurs.
Annales Sciences Forestières, 1978, 35 (1), 1-18.

TAUSSKY H.H. ET SHORR E.
A microcolorimetric method for the determination of inorganic phosphorus.
J. Biol. Chem., 1953, 202, 675-685.

VAN DEN DRIESSCHE R.
Response of conifer seedlings to nitrate and ammonium sources of nitrogen.
Plant and soil, 1971, - 34, 421-439.

EVOLUTION DE LA PRESSION D'ABROUTISSEMENT DU CHEVREUIL EN FORET DE DOURDAN

BALLON P., GUIBERT B., HAMARD J.P., BOSCARDIN Y.
Division Espaces Naturels et Faune Sauvage
Nogent sur Vernisson

RESUME

La forêt de Dourdan est une forêt feuillue située dans le Bassin Parisien. Elle est composée de taillis sous futaie de chêne traité en conversion.

L'évolution de la population de chevreuils en l'absence de chasse a été suivie à partir de 1980. Simultanément des études de l'impact de cette population sur la végétation forestière ont été engagées.

Le suivi de la pression d'abroutissement du chevreuil a été effectué à partir de relevé du niveau d'abondance des espèces végétales et de leur degré d'utilisation sur un réseau de placettes à dimension fixe (méthode d'Aldous). Trois inventaires de fin d'hiver ont été effectués en 1985, 1989 et 1991. L'évolution des dégâts d'abroutissement sur le chêne sessile a été appréciée depuis 1985 à travers un réseau d'enclos-exclos installé sur les parcelles en régénération naturelle.

La pression moyenne d'abroutissement du chevreuil sur la flore a augmenté avec son niveau d'abondance entraînant des modifications de la composition floristique du massif. Les espèces très recherchées et peu représentées ont quasi disparu (troëne). L'abondance de certaines espèces fortement consommées et très fréquentes (ronce) évolue de façon similaire à celle de la population de chevreuils. Enfin d'autres semblent s'être développées parce que délaissées ou favorisées par la sylviculture (chèvrefeuille des bois, chêne). En dépit d'une importante population de chevreuils la levée et le développement des jeunes semis de chêne sessile n'ont jusqu'à présent pas été contrariés.

INTRODUCTION

De nombreuses études ont décrit les relations entre les populations de chevreuil inféodées au milieu forestier et leur habitat (EIBERLE, 1982 ; KOSSAK, 1983 ; DENIS, 1988). L'analyse de l'impact des populations de chevreuil en milieu forestier repose le plus souvent sur des comparaisons de plusieurs sites. Le suivi dans le temps de la pression moyenne d'abroutissement sur un même site en liaison avec le niveau de population n'avait encore jamais été étudié dans les chênaies du Bassin Parisien.

Ce travail s'intègre dans un programme de recherches à long terme mené par l'Institut National de la Recherche Agronomique (Institut de Recherche sur les Grands Mammifères) dont l'objectif est d'étudier l'influence de la densité de chevreuil et des facteurs du milieu sur le mode de fonctionnement de leurs populations (BIDEAU et al 1983 ; VINCENT et al 1986).

LIEU D'ETUDE

La zone d'étude d'une surface de 830 ha se situe en forêt domaniale de Dourdan dans le Bassin Parisien. Ce massif est délimité à l'ouest par l'autoroute A10 et à l'est par la vallée de l'Orge. Il s'agit d'une forêt essentiellement feuillue constituée de 90 % de chêne sessile et de 10 % de pin sylvestre, traitée en conversion de taillis sous futaie en futaie régulière.

L'altitude de ce massif varie de 100 à 169 m. Les sols sont de type limoneux et limono-sableux assis sur un substrat argileux. On trouve principalement des sols de type brun lessivés.

MATERIEL ET METHODES

Suivi de la population chevreuil

Le niveau d'abondance de la population de chevreuil suivi depuis 1979 par l'Institut National de la Recherche Agronomique, est évalué par la méthode de l'indice kilométrique (VINCENT et al 1979 ; Groupe chevreuil 1991). Le principe de la méthode consiste à réaliser des observations de chevreuils à partir d'un réseau de circuits pédestres préétabli dans le massif. L'indice kilométrique (IK) se définit comme le rapport du nombre de chevreuils observés par kilomètre parcouru.

La population de chevreuil du massif de Dourdan n'a pas été chassée de 1979 à 1989. Au cours des 2 années suivantes, 120 animaux ont été prélevés. La courbe d'évolution de l'indice kilométrique (figure 1) montre 3 périodes :

1 - phase d'accroissement lent de 1979 à 1984
2 - phase d'accroissement rapide avec un maximum en 1987-1988
3 -phase de régression puis de stagnation.

Suivi de la pression d'abroutissement du chevreuil

Etude de l'abroutissement de la flore forestière

L'analyse de l'abroutissement des végétaux du sous bois est réalisée par la méthode d'Aldous (DENIS 1988) à partir d'un inventaire de type statistique à raison d'une placette pour 3 ha. La répartition de ces placettes a été faite de façon systématique selon une grille à mailles carrées de 175 m

de côté. Sur une surface de 40 m^2, l'observateur attribue aux espèces présentes des coefficients de recouvrement et d'abroutissement répartis en classes.

Classe	Recouvrement
1	moins de 1 %
2	de 1 à 5 %
3	de 5 à 20 %
4	de 20 à 50 %
5	de 50 à 75 %
6	plus de 75 %

Classe	Abroutissement
O	absence d'abroutissement
A	de 1 à 5 %
B	de 5 à 20 %
C	de 20 à 50 %
D	de 50 à 75 %
E	plus de 75 %

Pendant la période d'étude 3 inventaires ont été réalisés avant débourrement (avril 1985, avril 1989, avril 1991). Par ailleurs une évaluation de la végétation disponible pour le chevreuil a été réalisée en 1980 par un inventaire de type phytosociologique. Aussi, seules les données de recouvrement des espèces semi-ligneuses sont comparables à celles relevées à l'occasion des 3 autres inventaires. Enfin, la consommation de la végétation par le chevreuil n'a pas été appréciée en 1980.

Etude de l'abroutissement du chevreuil sur le chêne sessile

L'essence forestière principale de la forêt de Dourdan étant le chêne sessile, une attention particulière a été portée à cette essence. Dans le but d'évaluer si le chevreuil portait atteinte au renouvellement des peuplements de chêne, un système d'enclos témoins a été mis en place dès 1985. Le principe repose sur la comparaison de l'évolution de la dynamique du chêne dans des zones soustraites à la dent du gibier (enclos) et dans des zones accessibles aux chevreuil (exclos) (PICARD, BALLON, 1988). Dans des parcelles en cours de régénération, 5 dispositifs enclos-exclos respectivement de 100m^2 chacun ont ainsi été installés. L'évolution du nombre de semis de chênes et de l'importance de l' abroutissement ont été appréciés au travers d'un suivi biannuel de 18 placettes fixes par dispositif. Au cours de la période d'étude un dispositif a dû être abandonné par suite d'un incendie.

RESULTATS

Suivi de la pression d'abroutissement du chevreuil sur la végétation du sous bois

Un inventaire de gagnage permet de calculer plusieurs paramètres :

- Pour chaque espèce végétale :
  + Le taux de recouvrement (Di) caractérisant l'abondance de la plante.
  + La fréquence de consommation significative (FCi(5)) illustrant la pression de consommation exercée par le chevreuil sur l'espèce.

- Pour l'ensemble du massif à partir du cortège floristique restreint composé des quelques plantes les plus fréquentes et les plus consommées :
  + La potentialité alimentaire (POT) témoignant de la richesse du milieu vis à vis du chevreuil.
  + La pression moyenne d'abroutissement (PMA) illustrant la pression exercée par les animaux sur l'ensemble de la végétation du sous bois.
  + L'indice floristique (IF) rendant compte de l'état des relations existantes entre une population présente et le milieu qui l'accueille.

La comparaison des indices relatifs à l'ensemble du massif et de celui de l'abondance des animaux (IK) montre les tendances suivantes (figure 1) :

- Une progression constante de la pression moyenne d'abroutissement exercée par le chevreuil sur la végétation disponible du sous bois, et ceci malgré une réduction sensible du niveau d'abondance.

- Une évolution inverse de la potentialité alimentaire par rapport à celle de l'IK. Elle passe par un minimum en 1989 alors que le niveau d'abondance de la population était maximum. Par ailleurs la conduite sylvicole et le vieillissement des peuplements ne suffisent pas à expliquer les importantes variations de la potentialité. On constate donc, que la pression de consommation exercée par la population de chevreuil sur la végétation, induit d'importantes variations de son abondance. Cependant, il convient de noter que la potentialité alimentaire du massif de Dourdan reste globalement élevée.

- Une évolution de l'indice floristique semblable à celle de l'indice kilométrique. L'indice floristique rend ainsi bien compte des variations d'effectif d'une population dans un milieu riche.

Les résultats obtenus sur ces données globales qui semblent bien corrélés aux variations d'effectif masquent cependant des évolutions sensibles de la composition de la végétation disponible.

Figure 1

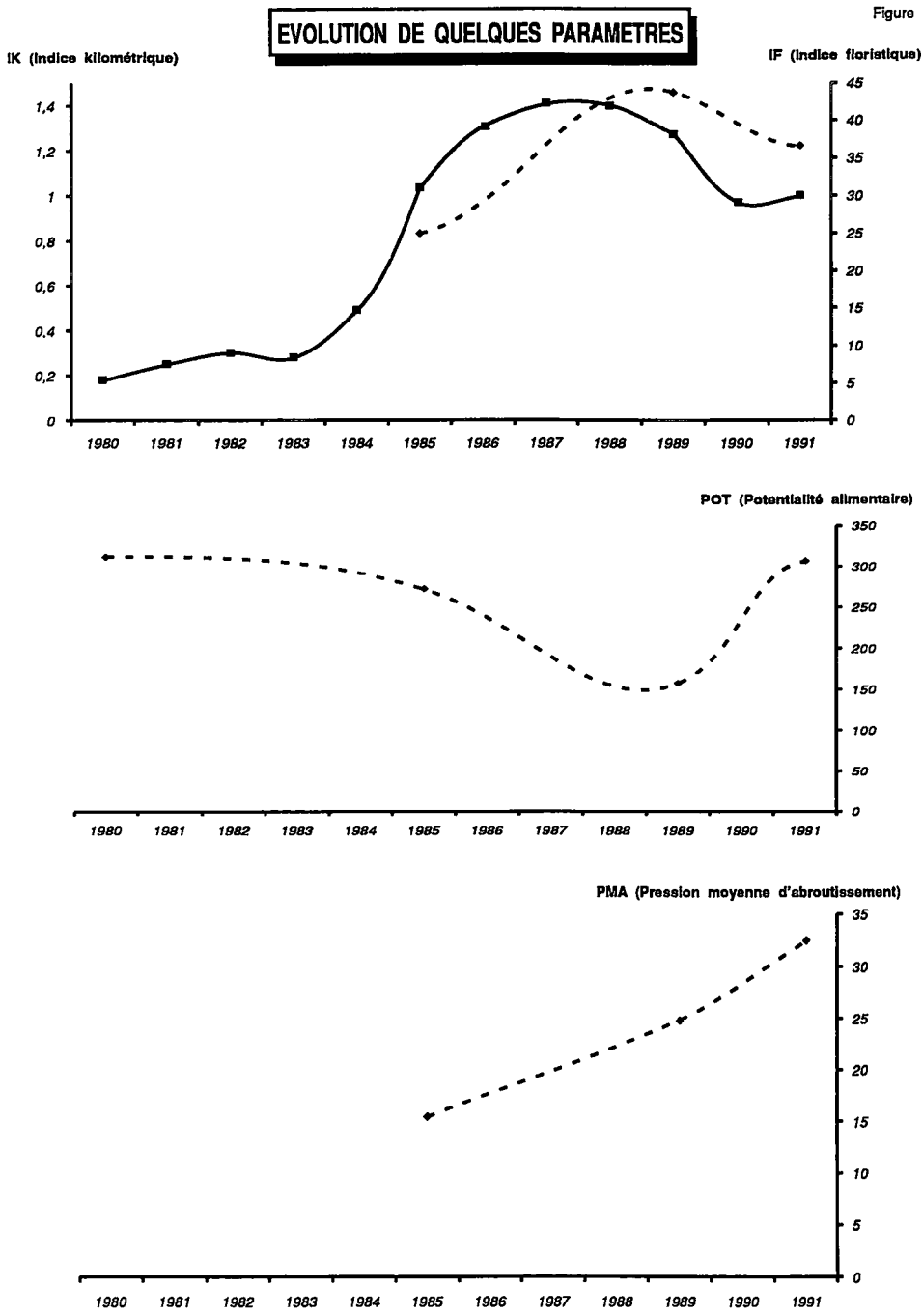
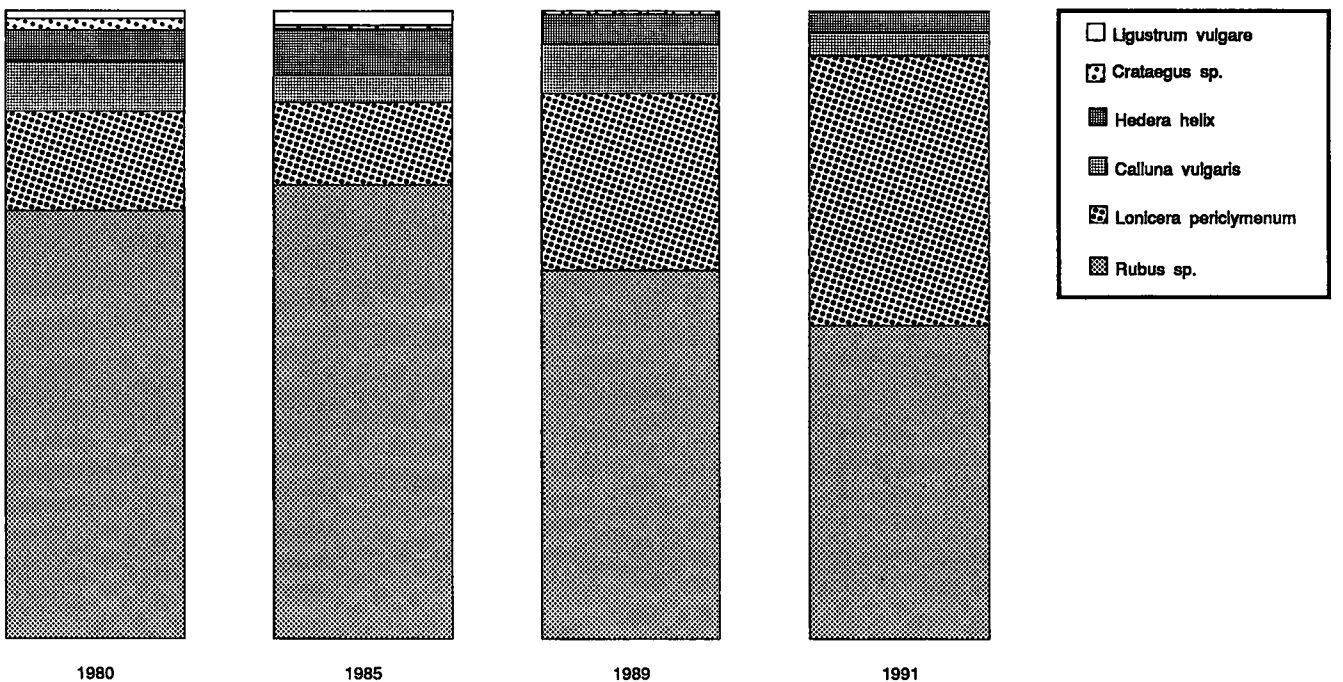

EVOLUTION DE QUELQUES PARAMETRES
IK (Indice kilométrique)
IF (Indice floristique)
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991
POT (Potentialité alimentaire)
350
300
250
200
150
100
50
0
1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991
PMA (Pression moyenne d'abroutissement)
35
30
25
20
15
10
5
0
1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991

Figure 2

DISPONIBILITÉ DES 6 PRINCIPALES ESPÈCES SEMI-LIGNEUSES (ENTRE 1980 ET 1991)



En effet, si l'on s'intéresse à l'évolution dans le temps de l'abondance relative des principales espèces semi-ligneuses du sous bois (Ronce, Chèvrefeuille, Callune, Lierre, Aubépine et Troëne) on constate (figure 2) :

- Une relative stabilité de la composition du gagnage semi-ligneux entre 1980 et 1985. Certes, il est largement dominé par la ronce, mais il reste relativement diversifié.

- Puis à partir de 1985 (période de forte croissance du cheptel) une évolution progressive de la composition du gagnage disponible, avec une nette diminution de la diversité et de l'importance relative de la ronce, au profit du chèvrefeuille.

La répartition de la disponibilité des six principales espèces semi-ligneuses au cours du temps présente des différences significatives (valeur du test de Kruskal et Wallis 11.05 - $p< 0.01$). On peut donc dire que, l'évolution de la population chevreuil présente dans le massif de Dourdan a entraîné du fait de l'abroutissement une modification sensible de la composition du gagnage semi-ligneux disponible.

La figure 3 illustre les principales réactions de quelques espèces soumises à une forte sélectivité du chevreuil. Différentes tendances se dégagent :

- Espèces en voie de régression

Le cornouiller sanguin et le troëne peu présents au départ, mais très appétents ont totalement régressé pour finalement disparaître.

- Espèces en progression

Le chèvrefeuille peu consommé au départ et le chêne sessile également favorisé par la sylviculture progressent.

- Espèces stables

Le bouleau et la callune se maintiennent à un niveau constant. Cependant, du fait de la diminution progressive de la diversité du gagnage, ils deviennent de plus en plus consommés pour compléter le bol alimentaire du chevreuil.

- Espèce tendant à réagir aux variations d'effectif

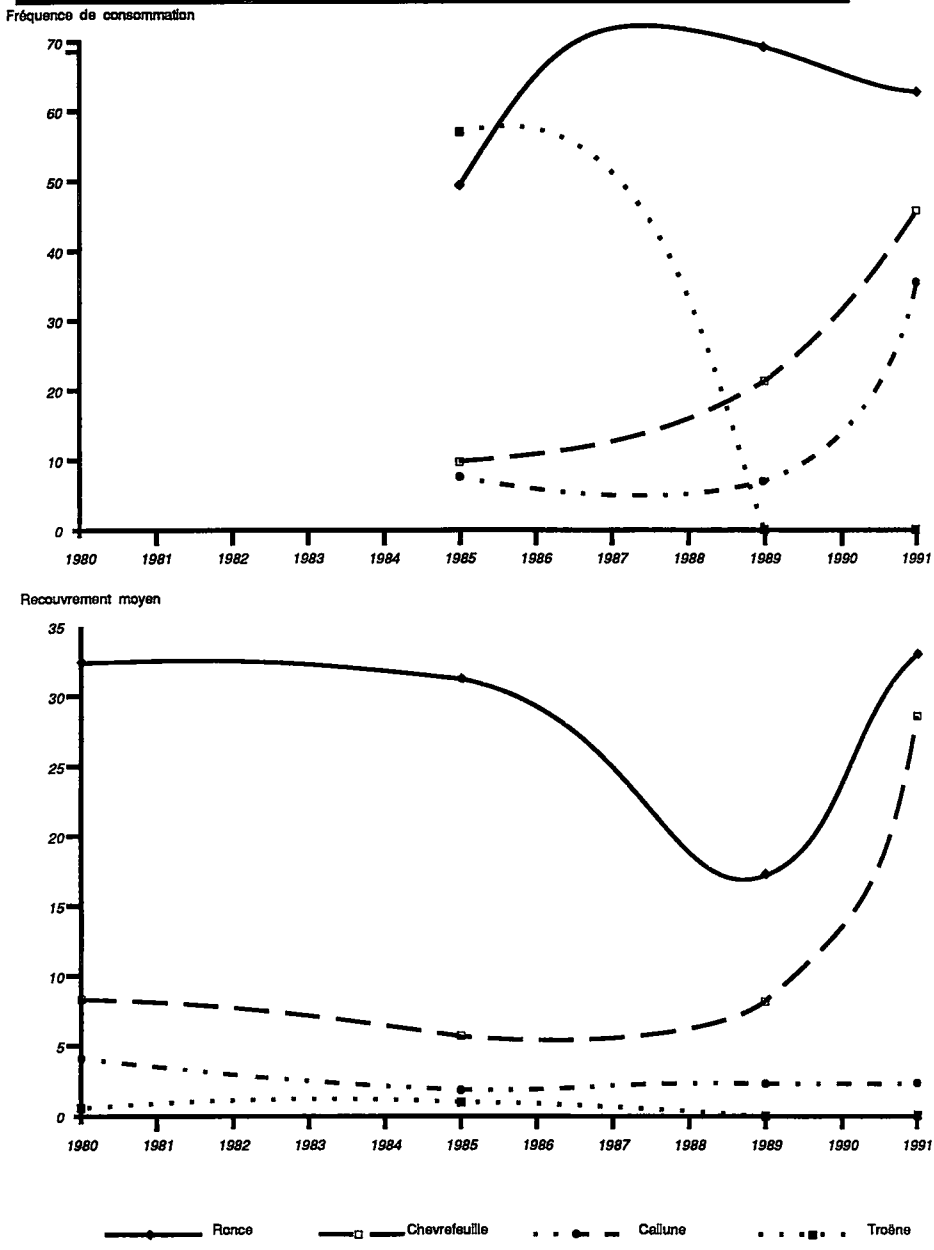
La ronce, qui constitue l'essentiel du régime alimentaire hivernal du chevreuil dans le massif de Dourdan, présente une fréquence de consommation dont l'évolution est similaire à celle de l'indice kilométrique. Par contre, l'évolution de son abondance est exactement inverse.

Etude de l'effet du chevreuil sur le développement de la régénération du chêne

L'évolution moyenne de la densité des semis de chêne par parcelle apparait sur les graphiques de la figure 4. Leur examen amène les remarques suivantes :

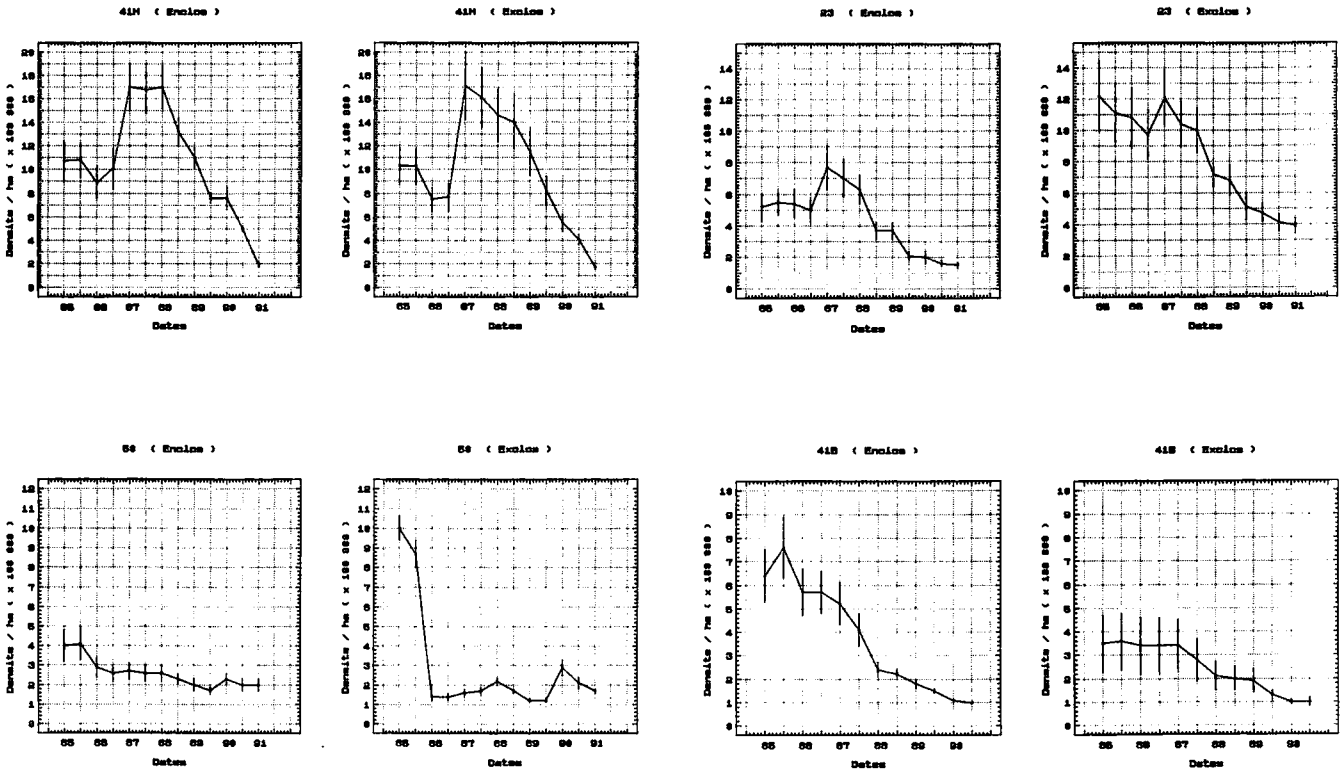
FRÉQUENCE DE CONSOMMATION ET RECOUVREMENT MOYEN DE QUELQUES ESPECES SEMI-LIGNEUSES

Figure 3



EVOLUTION DE LA DENSITÉ DE SEMIS DE CHÊNE

Figure 4



- La régénération du chêne obtenue suite à la glandée de 1984 atteint des niveaux très abondants puisque la densité moyenne de semis oscille au départ entre 3 et 12 x 10^5 semis par ha. On peut noter la présence d'une glandée partielle en 1986 sur les parcelles 23 et 41H.

- Malgré une installation de l'enclos au voisinage de l'exclos on constate le plus souvent de très fortes disparités entre les deux zones dès la mise en place du dispositif quant à l'importance de la régénération.

- La mortalité naturelle des semis est très forte au cours des premières années. Dans le but d'évaluer si la pression d'abroutissement du chevreuil pouvait provoquer une disparition des semis, une analyse comparative de l'évolution du taux de disparition entre enclos et exclos a été réalisée par parcelle. Pour cela, une analyse de covariance distinguant toutes les placettes de l'enclos et de l'exclos a été effectuée pour chaque dispositif à l'aide du logiciel BIOMECO.

Résultat de l'analyse de covariance sur les pentes des droites de régression

	Au cours des 2 premières années de l'étude		Pendant toute la durée de l'étude	
Parc.	test F	signification	test F	signification
P23	2,43	NS	3,01	NS
P41H	7,45	**	0,0002	NS
P41B	4,91	NS	15,67	**
P50	43,2	**	1,62	NS

** : $p < 0,01$ NS : $p > 0,05$

Sur l'ensemble de la période d'étude, on ne peut pas imputer au chevreuil une quelconque responsabilité dans la disparition des semis : elle résulte surtout d'une mortalité naturelle (concurrence, parasites,...). La différence significative observée sur la parcelle 41B résulte d'ailleurs d'une disparition plus importante dans l'enclos.

Une analyse sur les deux premières années (phase d'installation du semis) laisse apparaître des différences pour les parcelles 50 et 41H où dans ce cas le taux de disparition est plus important dans les zones non encloses. En fait cette disparition est plutôt imputable au lapin de garenne.

DISCUSSION

La pression d'abroutissement sélective du chevreuil, entraîne des modifications sensibles de la composition du gagnage disponible avec certaines plantes qui régressent et d'autres qui se développent. La dynamique de végétation d'un massif, est donc étroitement liée à celle de la population présente. Ces observations sont en accord avec celles faites sur d'autres massifs (MAIZERET BOUTIN, 1989 - BENEST, 1991). Dans ce cas particulier du massif de Dourdan le développement et la consommation de la ronce reflètent fidèlement les variations d'effectifs de la population chevreuil.

Les régénérations naturelles de chênes sessile, qui ont été entreprises à une période où la population chevreuil était encore à un niveau relativement faible, ne subissent pas de dégâts d'abroutissement malgré la présence actuelle d'une importante population. Il semble donc, qu'en présence d'une végétation d'accompagnement abondante et appréciée du chevreuil (telle que la ronce et le chèvrefeuille), le chêne sessile ne soit pas une essence de premier choix, ce qui expliquerait l'absence de dégâts observés sur les régénérations naturelles. Par contre, dans d'autres massifs où la végétation d'accompagnement serait moins riche et moins abondante qu'à Dourdan, le risque de constater des dégâts d'abroutissement sur les jeunes peuplements de chêne est plus grand : en effet des observations récentes ont montré qu'il pouvait y avoir une consommation plus importante du chêne lorsqu'on limite le développement de la ronce dans les régénérations forestières (TRICHET BOISEAUBERT, 1987).

L'évolution de certains paramètres relatifs au cortège floristique (potentialité, indice floristique) semble être étroitement liée à celle de la population chevreuil. Cette constatation ouvre des perspectives intéressantes pour la gestion du chevreuil en milieu forestier, car le suivi de l'impact d'une population de chevreuil par cette méthode permet de rendre compte du niveau d'exploitation de la végétation disponible. L'indice floristique constitue donc un outil d'aide à la décision pour la gestion des cervidés en milieu forestier.

Il est regrettable de n'avoir pu disposer d'un inventaire en 1987, au moment où la population était au maximum, pour juger de la «rapidité de réponse» de cet indicateur floristique, et évaluer un éventuel décalage entre ce paramètre et les variations d'effectifs enregistrées. Les travaux actuellement en cours à la division s'emploient entre autre à préciser ces incertitudes par des suivis menés sur plusieurs sites d'étude.

Annexe

FORMULES DE CALCUL RELATIVES A L'INVENTAIRE DE GAGNAGE

- Soit dij le taux de recouvrement exprimé en % de l'espèce i sur la placette j. dij prend selon les classes de recouvrement les valeurs suivantes:

classes de recouvrement	**valeur de dij**
Absence de l'espèce	0.0 %
1	0.5 %
2	3.0 %
3	12.5 %
4	35.0 %
5	62.5 %
6	87.5 %

- Soit aij le taux d'abroutissement exprimé en % de l'espèce i sur la placette j. aij prend selon les classes d'abroutissement les valeurs suivantes:

classes d'abroutissement	**valeur de aij**
O	0.0 %
A	3.0 %
B	12.5 %
C	35.0 %
D	62.5 %
E	87.5 %

- Soit n le nombre total de placettes réalisées pendant l'inventaire.
- Soit e le nombre total d'espèces rencontrées pendant l'inventaire.

On a les formules suivantes:

Di taux de recouvrement moyen de l'espèce i

$$Di = \frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^{n} dij$$

Ci coefficient de consommation de l'espèce i

$$Ci = \frac{1}{n} \times \sum_{j=1}^{n} aij \times dij$$

FPi fréquence d'apparition de l'espèce i

$$FPi = \frac{100}{n} \times \sum_{j=1}^{n} pij$$

avec pij = 0 lorsque dij = 0 et pij = 1 sinon

FCi(5) fréquence de consommation significative de l'espèce i

$$FCi(5) = \frac{100}{p} \times \sum_{j=1}^{n} c'ij \times pij$$

avec c'ij = 0 lorsque aij = 0 ou aij = 3 et c'ij = 1 sinon

et avec $p = \sum_{i=1}^{n} pij$

POTj potentialité alimentaire d'une placette

$$POTj = 10 \times \frac{\sum_{i=1}^{e} dij \times Ci}{\sum_{i=1}^{e} Ci}$$

PMAj pression moyenne d'abroutissement d'une placette

$$PMAj = \frac{\sum_{i=1}^{e'} aij \times dij \times cij}{\sum_{i=1}^{e'} dij \times cij}$$

Avec i appartient à l'ensemble des e' espèces du cortège floristique restreint c'est à dire dont la fréquence de présence FPi > 10 %
et la fréquence de consommation significative FCi(5) > 5 % .
Si aucune de ces espèces ne sont présentes sur la placette, PMAj = 100.

POT potentialité alimentaire moyenne du massif

$$POT = \frac{\sum_{k=1}^{7} nk \times vk}{\sum_{k=1}^{7} nk}$$

Avec nk qui est l'effectif des placettes dont la potentialité alimentaire est dans la classe k.

Les 7 classes étant définies de la façon suivante:

k	limites de classes	valeur de vk
1	POTj = 0	v1 = 0
2	0 < POTj < 10	v2 = 5
3	10 < POTj < 50	v3 = 30
4	50 < POTj < 200	v4 = 125
5	200 < POTj < 500	v5 = 350
6	500 < POTj < 750	v6 = 625
7	750 < POTj	v7 = 875

Remarque : $$n = \sum_{k=1}^{7} nk$$

PMA pression moyenne d'abroutissement du massif

$$PMA = \frac{\sum_{k=1}^{8} nk \times wk}{\sum_{k=1}^{8} nk}$$

Avec nk qui est l'effectif des placettes dont l'abroutissement moyen, ou la pression moyenne d'abroutissement est dans la classe k.

Les 8 classes étant définies de la façon suivante:

k	limites de classes	valeur de wk
1	PMAj = 0	w1 = 0
2	0 < PMAj < 1	w2 = 0.5
3	1 < PMAj < 5	w3 = 3
4	5 < PMAj < 20	w4 = 12.5
5	20 < PMAj < 50	w5 = 35
6	50 < PMAj < 75	w6 = 62.5
7	75 < PMAj	w7 = 87.5
8	PMAj = 100	w8 = 0

IF indice floristique du massif

$$IF = 100 \times \frac{\sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{e'} c'ij}{\sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{e'} pij}$$

BIBLIOGRAPHIE

BENEST F.
Relation entre les populations de chevreuil et les formations végétales en forêt domaniale de Chizé.
Mémoire de 3ème année ENITEF, 1991, 97 p. + annexes

BIDEAU E., VINCENT J.P., ANGIBAULT J.M.
Occupation de l'espace chez le chevreuil, cas des mâles.
Acta oecol. applic. 1983-1984, 2 : p 163-184

DENIS M.
Alimentation hivernale du chevreuil (Capreolus capreolus), potentialités alimentaire des peuplements forestiers.
Etude CEMAGREF, 1988, 23 p

EIBERLE K.
Uber der abhangigheit der Verbissäsung von der Baumartenmischung.
Waldhygiene 14, 1982, p 231-240

GROUPE CHEVREUIL
Méthodes de suivi des populations de chevreuil en forêt de plaine.
Note technique fiche N° 70 Bulletin mensuel de l'ONC, N° 157, Mai 1991

JACKSON
The annual diet of roe deer in the new forest as determined by rumen content analysis.
J. Zool., 1980, 181(4) p 465-473

KOSSAK
Trophic relations of roe deer in afresh deciduous forest.
Acta Theriologica, 1983, XXVIII, 6, p 82-117

MAIZERET CH. BOUTIN J.M.
Etude des effets de la densité sur les chevreuils de Chizé (France).
Bulletin mensuel de l'ONC, N° 141, Décembre 1989 pp 39-44

PICARD J.F., BALLON P., HUBERT L.
Impact du gibier sur la végétation. Evalutation à l'aide d'enclos témoins.
ARBORESCENCES N° 15 Avril 1988

TRICHET B., BOISEAUBERT B., FROCHOT H., PICARD J.F.
Impact sur le chevreuil des traitements herbicides contre la ronce.
Gibier Faune Sauvage, vol. 4, Juin 1987, pp 189-202

VINCENT J.P., BIDEAU E., MAIRE F.
Vers une nouvelle méthode de recensement du chevreuil.
Bulletin mensuel de l'ONC N° 5, 1979, p 207-226

VINCENT J.P., BIDEAU E.
Occupation de l'espace par le chevreuil forestier.
Revue Forestière Française 1986, 38, 2 p 157-164

OUVERTURE DE PLANTATIONS RESINEUSES AU PATURAGE PREMIER ESSAI, PRINCIPES ET MODALITES DE MISE EN PLACE

J.L. GUITTON, F.X. DE MONTARD*, H. RAPEY
Divison Techniques Forestières
Clermont-Ferrand

RESUME

L'expérimentation d'ouverture de plantations résineuses au pâturage, second volet du programme agroforestier a en deux ans largement dépassé le stade du premier essai d'obtention d'herbe de Manson.

Le présent article détaille cette expérimentation sous épicéa commun, les différents traitements testés au niveau du travail du sol, de la composition du mélange de graminées et de légumineuses, de la dose semée, ainsi que de la fertilisation. Il analyse les résultats obtenus pendant les années 1990 et 1991.

De l'expérience acquise sur les trois essais installés ou en cours d'installation avec des épicéas et des douglas, sont déduits les principes conducteurs de l'introduction de pâturage dans de jeunes peuplements de conifères ainsi qu'une méthode pratique : l'association herbe-arbre est une phase transitoire dans la vie du peuplement qui s'insère dans une sylviculture dynamique et produit un fourrage de complément pour l'éleveur.

INTRODUCTION

Le programme de recherche-développement agroforestier mis en oeuvre depuis quatre ans en Auvergne par la division Techniques Forestières du groupement CEMAGREF de Clermont-Ferrand et l'unité Fonctionnement et Gestion des Prairies de l'INRA Clermont-Theix vise à définir des associations viables de cultures d'arbres à bois de qualité et de l'élevage.

Plusieurs articles dont celui des Informations Techniques de mars 1991 contenu dans ces annales présentent le modèle de plantation de prairies avec des feuillus précieux plantés à très faible densité, protégés dans le jeune âge par des tubes-abris.

---

* INRA Clermont-Theix, Unité Fonctionnement et Gestion des Prairies

Une autre modalité d'association de la culture d'arbres et de l'élevage est également testée dans ce programme et est l'objet du présent article :

l'ouverture de jeunes plantations résineuses au pâturage.

Dans ce cas, on introduit l'herbe et des animaux dans des peuplements forestiers à vocation de production. Pourquoi ? Deux considérations principales ont motivé ces recherches :

Sur un plan expérimental, les plantations installées ces trois dernières années ne fourniront pas de renseignements sur la concurrence arbre-herbe avant quinze à vingt ans. Pour étudier cette interaction, il est donc nécessaire d'expérimenter dans des peuplements adultes existants qui sont dans la région en majorité résineux.

Sur un plan plus général, la recherche d'une complémentarité agriculture-forêt qui avait conduit à imaginer des plantations d'arbres en prairies, poussait à l'inverse, soit l'introduction de pâturage en forêt, à l'instar des futaies claires de pins pâturées.

Aujourd'hui, avec la déprise agricole, on assisterait plutôt à la poursuite du mouvement de boisement connu depuis des décennies dans le Massif Central : certaines communes du Livradois-Forez et de région de la Chaise-Dieu ont un taux de boisement supérieur à 75 %. Cependant les contraintes paysagères et sociales, une future demande de terres notamment dans le cadre de l'extensification des productions pourrait inciter à rechercher, et de nouvelles sylvicultures, et de nouvelles prairies.

Une technique qui permettrait d'ouvrir les plantations d'après guerre pourrait desserrer l'étau de la forêt et peut-être amorcer une dynamique de rapprochement des deux mondes agricoles et forestiers.

Bien que forts d'expériences sur des éclaircies fortes et précoces dans des peuplements de douglas et d'épicéa, sur des semis direct de prairies sur sols organiques de landes à bruyères, personne n'avait essayé jusqu'à présent en dehors des Landes de Gascogne (B. LEMOINE et al.) l'implantation d'une prairie dans un boisement d'épicéas éclaircis.

C'est ce qui a été tenté avec succès à Manson.

Le présent article détaille ce premier essai, les principes et modalités d'application de l'ouverture de plantations résineuses au pâturage qui en ont été déduits.

1 - LE PREMIER ESSAI DE MANSON

Il s'agissait de vérifier si le semis de graminées dans un peuplement de jeunes épicéas fortement éclaircis était possible. Outre l'ombrage, une litière organique et acide étaient a priori des facteurs défavorables.

Pour une première tentative, on a utilisé un dispositif d'éclaircie forte et précoce sur épicéa commun en forêt sectionnale de Manson (63) situé à une quinzaine de km de Clermont-Ferrand au pied du Puy de Dôme, à 950 m d'altitude, proche de Clermont et des autres essais de Theix.

Cette plantation de 1970 a été éclaircie en 1989 : dans une des dix placettes, la densité a été portée de 2 346 à 626 tiges à l'hectare en ouvrant un cloisonnement d'exploitation un rang sur cinq et en pratiquant une éclaircie sélective forte dans les rangs restants pour retirer sept arbres sur dix. Toutes les tiges ont été élaguées jusqu'à 6 m pour augmenter l'éclairement au sol.

Plusieurs facteurs du semis sont parus importants pour optimiser l'installation des fourragères : le choix des espèces à semer, la dose de semis, le travail du sol, la fertilisation. Ils ont été pris en compte dans le dispositif expérimental schématisé page suivante.

Les quatre cloisonnements sont ensemencés avec un mélange d'espèces prairiales complémentaires adaptées à des niveaux de fertilité différents, "concocté" avec l'aide des spécialistes de l'INRA :

* 102 kg/ha d'un mélange de graminées (D1),

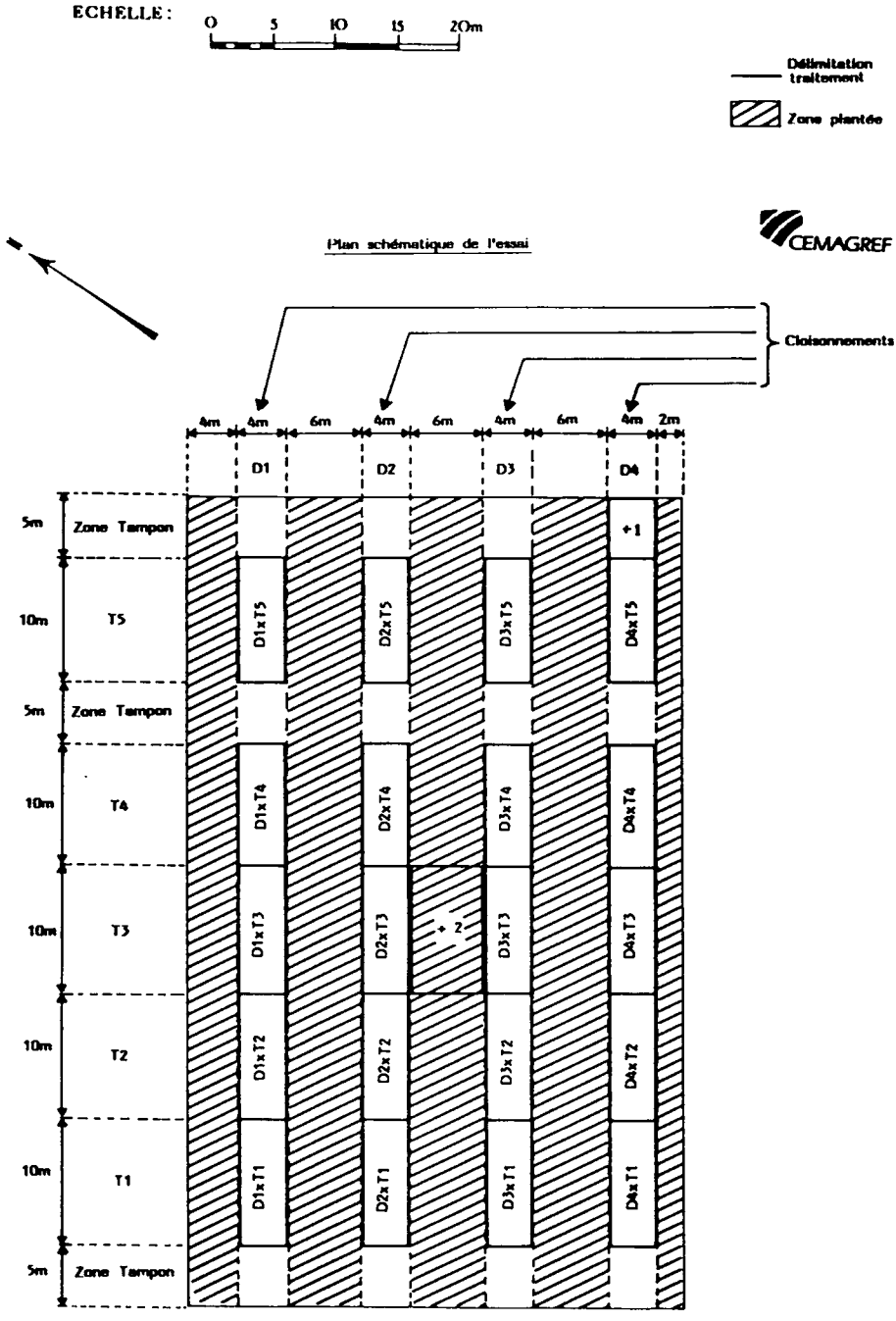
* 48 kg/ha du même mélange (D2),

* 54 kg/ha d'un mélange graminées/légumineuses (D3),

* pas de semis (D4).

A titre indicatif, en pratique agricole courante, la dose de semis d'un ray-gras est de 20 à 25 kg/ha.

Pour certaines espèces quand ce fut possible, on choisit des variétés adaptées à l'ombrage, à partir des travaux de sélection pour les gazons.


ECHELLE :
0 5 10 15 20m
Délimitation traitement
Zone plantée
CEMAGREF
Plan schématique de l'essai
Cloisonnements
4m 4m 6m 4m 6m 4m 6m 4m 2m
D1
D2
D3
D4
5m Zone Tampon
10m T5
5m Zone Tampon
10m T4
10m T3
10m T2
10m T1
5m Zone Tampon
D1xT5
D2xT5
D3xT5
D4xT5
D1xT4
D2xT4
D3xT4
D4xT4
D1xT3
D2xT3
D3xT3
D4xT3
D1xT2
D2xT2
D3xT2
D4xT2
D1xT1
D2xT1
D3xT1
D4xT1
+1
+2

Composition des mélanges

	graminées (%)	graminées/ légumineuses(%)	niveau de fertilité
dactyle aggloméré	17	15	Fort
ray gras anglais	12	11	Fort
fétuque rouge	33	29	moyen-faible
fétuque élevée	25	22	moyen-Fort
pâturin des prés	13	12	moyen
lotier corniculé		7	moyen-faible
trèfle blanc		4	Fort

Sur chaque cloisonnement, cinq modalités d'itinéraires techniques ont été appliquées :

T 1 = travail du sol avec un rotavator superficiel, 1 000 U de CaO, 150 U de N, de P_2O_5 et de K_2O en présemis

T 2 = travail du sol avec un rotavator superficiel, 1 000 U de CaO, 150 U de N, de P_2O_5 et de K_2O en présemis, 44 t/ha de fumier de bovin en postsemis avant la levée

T 3 = pas de travail du sol en présemis, 1 000 U de CaO, 150 U de N, de P_2O_5 et de K_2O en présemis, 44 t/ha de fumier de bovin en postsemis avant la levée

T 4 = pas de travail du sol en présemis, 1 000 U de CaO, 150 U de N, de P_2O_5 et de K_2O en présemis,

T 5 = pas de travail du sol, pas de fumure

surface unitaire par traitement : 10 X 3 = 30 m^2

Deux autres modalités notées +1 et +2 signifient :

+1 = simple épandage de fumier de bovin à la dose de 44 t/ha

+2 = sous épicéas entre deux cloisonnements, pas de travail du sol, apport de 1 000 U de CaO et de 150 U de N, de P_2O_5 et de K_2O en présemis, semis en ligne manuel du mélange de graminées à 48 kg/ha

Réalisation

1990

avril : dégagement des rémanents et arrasage des souches;
18 mai : fertilisation minérale et travail au rotavator;

22 mai : semis au semoir Sulky Unidrill (16,7 cm d'interligne et 3 à 5 cm de profondeur) dans les cloisonnements;
25 mai : épandage de fumier;
1er juin : semis en ligne manuel complémentaire (+2);
vers le 8 juin : levée dans les cloisonnements;
vers le 19 juin : levée dans le test complémentaire;
14 juin - 17 octobre : mesures de rayonnements incidents;
6 septembre : récolte d'herbe.

1991
28 mars : apport de 37 U N sur les traitements +2, T1 à T4, en D1, D2 et D4;
20 juin : récolte d'herbe et fertilisation :
40 U N, 60 U P_2O_5, 100 U K_2O sur les traitements +2, D1T1, D2 x T1 à T4, D4 x T1 à T4, seulement 60 U P_2O_5 + 100 U K_2O sur les traitements D3 x T1 à T4;
29 juillet : deuxième coupe;
31 juillet : fertilisation azotée :
40 U N sur les traitements +2, D1T1, D2 x T1 à T4,
D4 x T1 à T4;
19 septembre : troisième coupe.

Mesures

Les mesures du rayonnement incident durant la saison de végétation 1990, au moyen de solarimètres placés dans et entre les cloisonnements et en pleine lumière ont permis de quantifier l'interception de la lumière par les épicéas : la douzaine d'enregistrements fournit des pourcentages d'interception assez constants dans l'année qui s'établissent respectivement à 48 % et 57 % du rayonnement solaire dans le cloisonnement et sous les arbres.

L'essai de Manson a été un succès incontestable sur le plan de la levée et de la production d'herbe comme le montrent les photos et les résultats de pousse.

Coupe de septembre 1990 (en t MS/ha semé)

densités de semis traitements	D1	D2	D3	moyenne
T 1	2,4	3,9	1,6	2,6
T 2	4,0	1,5	2,5	2,7
T 3	3,3	1,05	3,25	2,5
T 4	2,5	1,8	0,9	1,7
moyenne	3,05	2,05	2,05	2,4

Une coupe prévue en octobre a été annulée à la suite d'une abondante chute de neige. L'herbe présente sur pied a été estimée à 2,0 t MS/ha en moyenne pour les placettes fertilisées.

Sur le traitement T5, la production insignifiante n'a pas été mesurée ; le couvert herbacé est bien implanté, mais reste très ras. En l'absence de semis (D4), le sol est resté quasi nu; seules quelques touffes sont apparues dans les parties travaillées.

Coupes de l'année 1991 des 20/6, 29/7, 19/9 (en t MS/ha semé)

densités de semis traitements	D1	D2	D3	D4	moyenne (D2,D3)
T 1	6,1	9,2	4,9	1,08	7,05
T 2		10,4	6,7	1,86	8,55
T 3		8,5	6,9	0,41	7,7
T 4		8,2	4,8	0,135	6,5
T 5	0,22	0,925	1,1	0	1,01
moyenne (T1 à T4)	6,1	9,08	5,83	0,87	6,92

Dans le test +2 la production de l'année est de 4,35 t/ha.

Les principaux enseignements de cet essai peuvent se résumer ainsi :

- Alors que le printemps 1990 a été plutôt sec, l'ambiance forestière de cette plantation résineuse a permis une excellente levée; toutefois, la placette +2 semée plus tard a souffert et a présenté une levée moins régulière, surtout la bordure sud.

- L'acidité relative du sol (pH eau de 5,3 du fait du substrat basaltique) et la litière d'aiguilles d'épicéa n'ont pas gêné le démarrage de l'herbe et la première récolte de septembre a fourni 2,5 t MS à l'hectare semé.

- Le travail du sol n'influe pas significativement sur la production de l'herbe que ce soit en première année comme en seconde (T1 = T4; T2 = T3). Néammons travail du sol et apport de fumier favorisent l'arrivée naturelle de l'herbe.

- Le gain de production en première année obtenu avec une densité de semis double disparait en seconde année (D1 < D2) : il n'y a donc aucun intérêt à semer trop dense.

- La production en l'absence de semis est insignifiante même dans les endroits fertilisés (D4 = 0,87 t/ha). Un semis est obligatoire. Il faudrait vérifier si avec un pâturage l'arrivée de l'herbe n'est pas plus rapide (l'étroitesse de la parcelle n'a en effet pas permis d'y introduire des animaux).

- La production des placettes semées sans engrais est nulle mais on y a constitué un tapis d'herbe rase susceptible d'être stimulé à tout moment par une fertilisation. On serait donc libre de choisir le niveau de production prairiale en fertilisant au moment désiré pour préparer l'arrivée des animaux. Le mélange d'espèces d'exigences très différentes se révèle donc très efficace pour assurer la souplesse du système.

- Ce peuplement d'épicéa constitué de 600 tiges/ha de 10,5 m de hauteur dominante, élaguées à mi-hauteur, de 46 cm de circonférence moyenne fait un ombrage pour l'instant tout à fait tolérable pour l'herbe dans le cloisonnement, limite dans la bande d'arbres, conformément aux travaux de de MONTARD et QARRO qui définissent un seuil de 60 % d'ombrage au delà duquel la production d'herbe chute fortement.

- Cette herbe a été obtenue avec un luxe de moyens qu'on ne peut pas reproduire si on veut vulgariser la méthode : en effet, il a fallu déblayer les branchages, arraser les souches pour semer au semoir, fertiliser fortement. Les essais en cours sont basés sur une méthode de semis très simplifiée et des niveaux de fertilisation plus modestes pour un objectif de production de 4 à 5 t MS/ha.

- Bien que ce ne soit qu'une impression non mesurée, il apparait que le tapis herbacé présente pendant toute la saison de végétation un état végétatif régulier et de qualité très intéressant. Ce doit être un avantage à quantifier et à intégrer dans le système d'exploitation où ces parcelles en forêt doivent trouver leur place spécifique (parcelles d'été?).

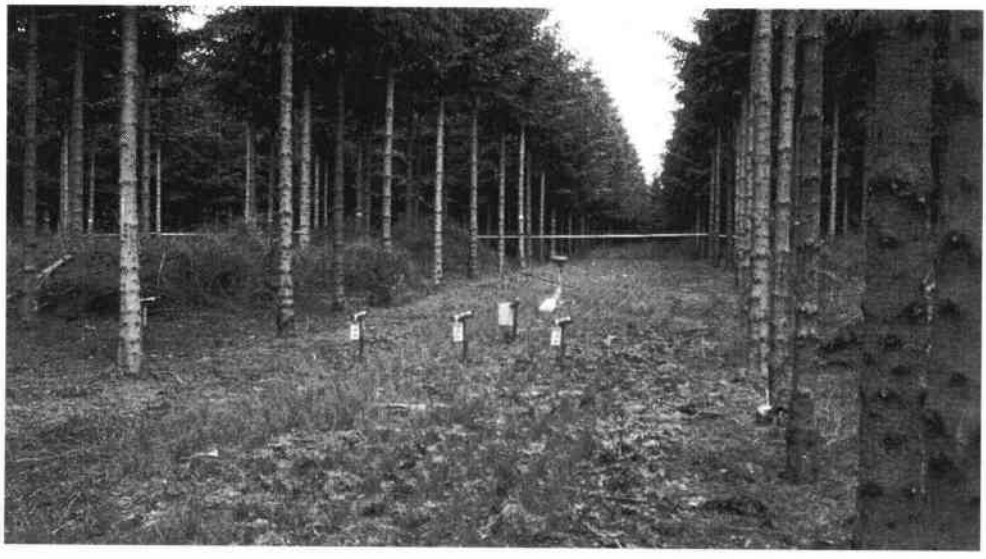
2 - PRINCIPES ET MODALITES DE L'OUVERTURE DE PLANTATIONS RESINEUSE AU PATURAGE

L'essai de Manson a été suivi d'autres essais dimensionnés pour permettre le pâturage ovin ou bovin : respectivement, Chateauneuf la Forêt (87) installé en 1991 sous douglas de 25 ans, Besse en Chandesse (63) en cours d'installation sous épicéa de 30 ans.

Ils ont conduit à définir des principes et modalités pratiques pour ce genre d'opération.

L'intégration dans une sylviculture intensive

Les essais d'éclaircie forte et précoce montrent une accélération de la croissance individuelle des arbres mis à faible densité après éclaircie, par une concentration de la production sur les tiges restantes.



Essai d'ouverture de plantation d'épicéa commun au pâturage de Manson : jeune semis d'herbe de quelques semaines, solarimètre dans le cloisonnement. photo : Gilles Agrech.

essai de Manson : différences de croissance de l'herbe selon la fertilisation. photo : Hélène Rapey.

essai de Chateauneuf la Forêt : pâturage trois mois après le semis d'herbe dans les interrangées de douglas (primitivement taillis de feuillus) photo : Hélène Rapey.

Essai de Besse : après l'éclaircie, le déblaiement des rémanents et leur mise en andains, épandage d'engrais et semis d'herbe. photo André Marquier

Dans l'essai de Manson, sur deux ans les accroissements moyens en diamètre s'établissent à 1,13 cm/an à 600 tiges/ha, contre 0,85 cm/an à 1 300 tiges/ha, soit un gain de 33 % entre une intervention classique et l'intervention forte.

Dans un autre essai du même type à Longeval (69) sur douglas, on obtient des résultats tout aussi intéressants par comparaison des modalités éclaircies à 500 et 800 tiges/ha, des accroissements moyens annuels (sur 4 ans) en diamètre respectivement de 1,58 et 1,21 cm/an, soit un gain de 31 %.

Sur ces bases, en cours de vérification, le passage d'une sylviculture classique à une sylviculture intensive permettrait de gagner de quinze à vingt ans sur la révolution: le calcul pour la production d'épicéas de $1m^3$ dans la classe de production 3 de Décourt Ouest Massif Central donne

v = 1,07 m^3 à 65 ans selon la table,

v = 1,04 m^3 en 45 ans avec un gain de croissance de 50 % sur la table;

le même calcul pour la production de douglas de 1 m^3 dans la classe 2 de Décourt Nord-Est Massif Central donne

v = 0,97 m^3 à 45 ans selon la table,

v = 1,24 m^3 à 30 ans selon les calculs.

Avec ces croissances, on ne compromet pas l'utilisation de ces bois en déroulage car les accroissements restent moyens et réguliers (simple décroissance régulière avec l'âge). Ce genre de sylviculture a d'ailleurs été présenté par plusieurs auteurs (RIOU-NIVERT, DE CHAMP)

Par la réduction de la révolution, l'élagage devient encore plus rentable car la durée d'immobilisation de l'argent investi est réduite. De plus, il permet d'accroitre l'éclairement de l'herbe.

Un coût minimum de production d'herbe

On vise à obtenir l'installation de la prairie sous résineux au même coût que pour une prairie artificielle ordinaire, soit de l'ordre de 2 500 Fr/ha enherbé. Il est nécessaire de mécaniser le déblaiement des rémanents, passer à un semis à la volée, diminuer le niveau de fertilisation.

Le broyage des rémanents apparait impossible car les branchages bourreraient rapidement l'engin. La masse de matière organique serait une gêne pour le semis et une source de blocage des éléments fertilisants. Seul le déblaiement hors des cloisonnements d'exploitation à semer permet de s'en débarrasser.

Ce travail de déblaiement mécanisé a été réalisé à Besse avec un râteau porté par un bull au coût de 2 500 Fr/ha semé. Le travail soigné laisse un sol propre de branches, gratté, dépouillé de la litière qui pourrait gêner la levée de l'herbe. Néammoins les irrégularités de surface, dont les souches, interdisent un semis au semoir traîné.

Les semis de Manson et de Chateauneuf (les bandes à semer avaient été travaillées après le dessouchage du taillis feuillu) ont montré que l'atmosphère humide qui régnait dans les cloisonnements au printemps évitait le desséchement des plantules. Cet avantage doit permettre de passer d'un semis au semoir traîné (SULKY ou ROLLOSEM) à un semis à la volée avec un épandeur porté à engrais type "VICON". Cette méthode est testée à Besse ce printemps.

Si une fertilisation de départ est nécessaire pour favoriser l'installation du tapis de graminées, elle doit être réduite ensuite de la façon suivante :

- une fertilisation annuelle de fond pour couvrir les besoins minimaux en phosphore et en potasse, de l'ordre de 30 U P_2O_5 et 60 U K_2O,

- l'adaptation de la production globale aux besoins de fourrage de l'éleveur par apport d'azote (de 0 à 40 U N) : des graminées peuvent rester plusieurs mois en produisant très peu et redémarrer avec un apport,

- la fourniture naturelle d'azote par des légumineuses, si on réussit à trouver des espèces adaptées au semi-ombrage. En ce cas, il ne faut plus apporter d'azote minéral pour permettre la fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses. Le Maku, variété de lotier pédonculé sélectionné par les Néo-Zélandais pour leurs besoins agroforestiers semble répondre à cet objectif mais est lent à s'implanter et est sensible au surpâturage (3 à 4 passages/an seulement).

L'association, une phase transitoire positive du boisement

Dans une plantation résineuse constituée, l'introduction du pâturage ne peut intervenir qu'à la faveur de la première éclaircie, si elle apporte suffisamment de lumière au sol. Le seuil de 50 % qu'on a vérifié dans les essais installés semble convenir en l'état de nos connaissances. Il correspond à ce stade à environ 600 tiges/ha, soit environ deux fois la densité du peuplement final.

Cependant, après l'éclaircie, les arbres vont pousser, les branches vont envahir l'espace libre et l'éclairement va diminuer. Pour profiter de l'investissement de semis d'herbe, il sera nécessaire dès que l'ombrage sera trop fort de pratiquer une deuxième éclaircie pour atteindre la densité définitive qui relancera la production de l'herbe. Quand de nouveau le couvert se refermera, l'herbe se raréfiera et le pâturage sera abandonné.

La phase sylvopastorale est donc transitoire dans la vie de ce

boisement; c'est une période d'une quinzaine d'années pendant laquelle les arbres qu'on a placé en situation de croissance submaximale ne couvrent pas complètement le sol.

Il reste à vérifier expérimentalement la balance pour les arbres, entre le gain d'éléments nutritifs et la perte par concurrence pour l'eau. La pâture par son évapotranspiration est peut-être néfaste à l'arbre à certaines périodes de l'année. Inversement, les apports de fertilisants pour le maintien de la prairie, la minéralisation de la matière organique et le recyclage rapide par les animaux doivent contribuer à mettre à disposition des arbres des éléments minéraux pour une meilleure croissance. Enfin, le tassement de certains sols peut avoir un effet négatif sur les arbres.

Les contraintes pratiques

* des peuplements jeunes et stables

L'éclaircie forte ne peut être pratiquée que sur des peuplements stables. Les études conduites par l'IDF (BECQUEY) à la suite des chablis de 1982 ont mis en évidence des seuils d'instabilité au delà desquels il était très risqué de faire des éclaircies fortes. Ils sont basés sur le rapport Hauteur/Diamètre qui caractérise l'élancement moyen des tiges et sur la hauteur dominante des peuplements. Ils traduisent le fait que, dans un peuplement, à partir de l'apparition de la concurrence, les arbres diminuent leur croissance individuelle en diamètre alors qu'ils la conservent en hauteur: ils deviennent plus élancés et moins résistants au vent.

Pour une hauteur dominante d'une douzaine de mètres, ce rapport H/D doit être inférieur à 75, ce qui signifie pour une plantation d'épicéa aux densités de plantation habituelles d'Auvergne, ne pas dépasser 19 ans en deuxième classe de Décourt et 24 ans en troisième classe.

* une surface minimale qui impose souvent un regroupement

En considérant une éclaircie basée sur des cloisonnements un rang sur trois, la surface enherbée est inférieure à un tiers, de l'ordre du quart. Pour une surface minimale de pâturage de 0,5 ha, il faut donc 2 ha de plantation résineuse.

Compte tenu de la taille moyenne des propriétés forestières de l'ordre du demi-hectare, le regroupement de parcelles est indispensable, comme cela a été montré par le travail conduit sur la commune de Viverols dans le Forez (AUBIER et al.). L'association foncière pastorale, association syndicale de propriétaires pour la mise en valeur de terrains à vocation pastorale ou forestière permettrait d'établir un lien entre des propriétaires fonciers souvent ignorants des possibilités de gestion de leurs biens, des éleveurs qui pourraient trouver ainsi un complément de pâturage et la collectivité soucieuse d'éviter des zones non entretenues.

Tous ces principes énoncés ci-dessus peuvent être rassemblés dans les modalités pratiques suivantes :

Modalités d'ouverture de plantations résineuses au pâturage

* Dès que les arbres atteignent 8-10 m, que la bille de pied est constituée, mais sans attendre que le peuplement soit trop haut pour ne plus supporter une intervention forte qui le déstabiliserait, on pratique une éclaircie lourde au profit des 200 tiges d'avenir préalablement sélectionnées, abaissant la densité aux environs de 600 tiges/ha.

* L'éclaircie s'appuie sur des cloisonnements larges (6 m), répartis systématiquement tous les 12 m environ (par exemple en épicéa 2 rangs tous les 6 en plantation classique à 2 x 2), et sur une éclaircie sélective forte sur le peuplement restant (6 tiges/10)

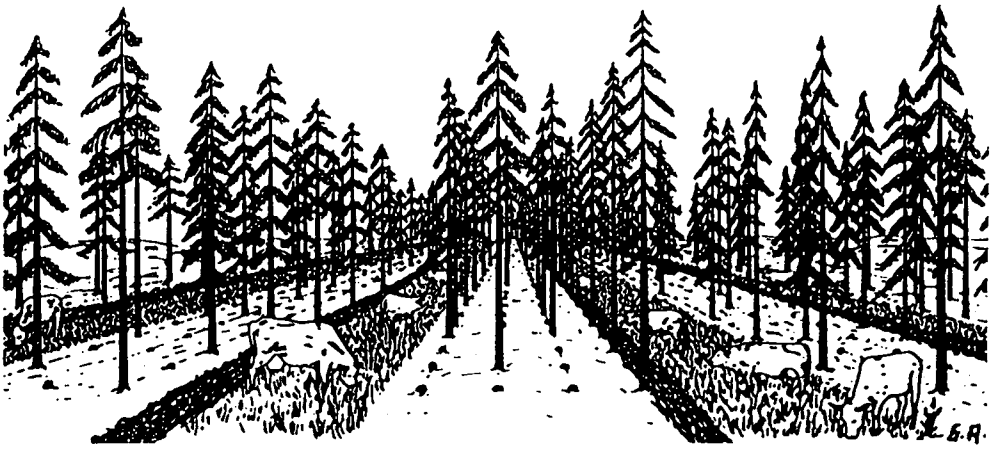
* On pratique simultanément l'élagage des 200 tiges d'avenir jusqu'à mi-hauteur. Il sera complété ensuite pour monter jusqu'à 6 ou 8 m.

* Les cloisonnements d'exploitation sont

- débarassés des rémanents d'exploitation qui sont rassemblés au bouteur sur le côté et entre les arbres,
- semés avec un mélange de graminées et de légumineuses adaptées au semi-ombrage, fertilisés de façon minimale (au moins en P et K nécessaires à l'installation et au maintien des légumineuses,
- pâturés par des ovins ou des bovins.

* L'effet de l'éclaircie d'abord très favorable à l'éclairement au sol s'atténue avec la fermeture du couvert. Une deuxième éclaircie 7 à 10 ans après la première ne conservera alors que le peuplement d'avenir et relancera la dynamique de l'herbe jusqu'à la fermeture définitive 8 à 15 ans plus tard.

Le schéma de base se présente ainsi :



Ce modèle agroforestier à ressources pastorales temporaires (pendant le tiers ou la moitié de la révolution) offre plusieurs avantages :

- il s'intègre dans une sylviculture intensive des résineux : il concentre la croissance sur les tiges du peuplement final et diminue de 15 à 20 ans l'âge d'exploitabilité. On rentabilise ainsi mieux les frais de l'élagage qui a permis d'éliminer les branches et d'avoir du bois sans noeuds;

- le pâturage évite l'embroussaillement inévitable quand l'éclaircie est forte et que le sous-bois est éclairé;

- l'éclairement au sol et la fertilisation même faible apportée par l'éleveur pour accroitre la pousse d'herbe et obtenir quelques légumineuses permet, sous climat humide de montagne, un gain de croissance des arbres. Des légumineuses tolérantes à l'ombre, comme le Maku néozélandais, devraient permettre d'atteindre cet objectif.

- cette ouverture de plantations résineuses est potentiellement un moyen de désenclaver certaines parcelles de prairies dans les régions fortement reboisées, de rapprocher sylviculteurs et agriculteurs pour la gestion de plantations.

- enfin, cette pratique fournit des peuplements ouverts au regard, pénétrables, beaucoup plus appréciés des promeneurs et, de façon plus générale, du public.

EN CONCLUSION

L'expérimentation d'ouverture de plantations résineuses au pâturage, second volet du programme agroforestier a en deux ans bien dépassé le stade du premier essai d'obtention d'herbe sous couvert.

Le premier essai de Manson qui a montré que sous certaines conditions d'ombrage la production d'herbe était très conséquente, a permis de définir les voies de recherche pour abaisser les coûts de mise en place : ce sont l'utilisation des cloisonnements d'exploitation des éclaircies, le déblaiement mécanisé des rémanents, le semis à la volée, la réduction de la fertilisation.

Outre l'expérimentation de ces points, les autres essais de Besse en Chandesse (63) et Chateauneuf la Forêt (87) permettent de progresser pour intégrer le pâturage dans la sylviculture du peuplement résineux : il s'agit d'une prairie temporaire qui trouve sa place dans la phase de sous utilisation de l'espace qui suit l'éclaircie forte et précoce nécessaire à une sylviculture intensive; elle doit procurer un fourrage additionnel d'été, recycler la matière organique accumulée, apporter de l'azote et des éléments minéraux aux arbres et finalement disparaitre après quinze à vingt ans quand le peuplement final se refermera.

Evidemment, de nombreuses questions, comme le niveau de la compétition arbre-herbe, pour lequel ces dispositifs ont été implantés, demeurent encore sans réponse aujourd'hui.

Outre les difficultés techniques, il est ressorti d'une étude conjointe d'enquête sur une commune du Forez que l'exigüité des parcelles serait un obstacle au développement d'une telle méthode, à moins de la surmonter par une solution associative.

Ce programme agroforestier pose donc pour l'instant plus de questions qu'il n'en résout, d'où l'importance de le poursuivre, d'autant qu'il ouvre de nombreuses perspectives pour décloisonner les activités dans les régions de moyenne montagne et renforcer le rôle des gestionnaires locaux.

BIBLIOGRAPHIE

AUBIER T., LONGERON S.
Projet d'ouverture de la forêt au pâturage en moyenne montagne humide - Etude de cas sur la commune de Viverols (Puy-de-Dôme)
Mémoire de maîtrise CGEN Université Paris VII - CEMAGREF -INRA, 1991, 161 p.

BECQUEY J.
Forêt -
Entreprise n° 34, 1986, IDF.

DE CHAMP J.
Quelles sylvicultures pour le douglas aujourd'hui?
Afocel-Armef, Informations-Forêt, 1988, n° 337, 1-1988,

GUITTON J.L., DUPRAZ C., DE MONTARD F.X., RAPEY H.
Les pratiques agroforestières néozélandaises sont-elles transposables en France?
à paraitre dans la R.F.F., 1992, 42p.

LEMOINE B. ET AL.
Elevage en forêt dans les Landes de Gascogne I. - Le système végétal
Annales des Sciences Forestières, 1983, n°40, pp. 3-40

DE MONTARD F.X., PONS B.,
Les landes à callune : valeur pastorale et possibilités d'amélioration, in La Margeride, la montagne, les hommes, Ed. INRA, 1983, pp.475-499.

QARRO M., DE MONTARD F.X.
Etude de la productivité des parcours d'Ain-Leuh (Moyen-Atlas, plateau central) I. Effets de la fréquence d'exploitation et du taux de couvert arboré sur la productivité herbacée
Agronomie, 1989, pp. 477-487.

RIOU-NIVERT P.
Douglas, qualités du bois et sylviculture
Revue Forestière Française XLI - 5 1989, pp. 387-409.

ELABORATION D'UNE METHODE D'EVALUATION DU RISQUE D'INCENDIE DE FORET

A. MAILLET
Division Forêt Méditerranéenne
Aix en Provence

RESUME

Les services opérationnels qui disposent déjà de techniques de prévision des périodes à risques d'incendies de forêt sont demandeurs d'une méthode leur permettant par ailleurs de délimiter les secteurs à risque, c'est à dire les zones sensibles au feu soumises à des enjeux importants en matière de sécurité des personnes ou de protection des patrimoines.

Pour répondre à ce besoin la Division Forêt Méditerranéenne du CEMAGREF d'AIX-en-PROVENCE travaille à la mise au point d'un outil pratique d'étude de la variabilité spatiale du risque. Sont pris en compte dans cette étude les facteurs du milieu naturel et humain qui déterminent, à un instant donné, les conditions d'éclosion et de propagation du feu, ainsi que le niveau potentiel des dommages.

Le nombre et la complexité des paramètres à analyser puis à combiner, impliquent l'utilisation de moyens perfectionnés de saisie et de traitement de l'information tels que la télédétection et les systèmes d'Information Géographique.

1°) ORIGINE DE LA DEMANDE

L'incendie de forêt en région méditerranéenne préoccupe fortement populations et pouvoirs publics, dans la mesure où ce phénomène, générateur de dommages parfois importants, échappe à toute tentative de prédiction fiable : ainsi, actuellement, nul n'est en mesure de déterminer par avance le lieu et l'instant précis d'un départ de feu, ni de prévoir complètement l'évolution ultérieure du sinistre.

Cette situation de relative incertitude n'exclut toutefois pas la possibilité de mettre en oeuvre une série de mesures visant à minimiser les dégâts potentiels :

- en réduisant, grâce à des interventions appropriées, le seuil de sensibilité au feu d'un secteur donné. Cette notion de sensibilité tient compte à la fois des possibilités d'éclosion et de propagation du front de flamme.

- en améliorant, dans les secteurs jugés sensibles, la protection des enjeux importants, tels que la sécurité des personnes, ou des biens et patrimoines auxquels la société attache une valeur particulière. L'obligation faite aux propriétaires d'habitations de débroussailler sur un rayon de 50 mètres, relève de cette démarche.

- en limitant l'apparition d'enjeux nouveaux dans les zones sensibles au feu : on cherchera, par exemple, à éviter l'implantation d'habitations ou d'installations dangereuses. Une telle politique suppose toutefois de connaître, aussi précisément que possible, les secteurs à risques , c'est à dire les parties du territoire qui présentent à la fois un fort degré de sensibilité au feu, et un niveau d'enjeux important.

Aussi, depuis le début de l'année 1991, la Division Forêt Méditerranéenne du CEMAGREF d'AIX EN PROVENCE étudie les modalités d'élaboration d'un outil méthodologique, susceptible d'apporter des réponses en matière d'évaluation et de cartographie du risque d'incendie de forêt.

Un tel outil pourrait fournir, aux services forestiers, une aide à la décision quant au choix des sites à équiper prioritairement en piste, pare-feu et points d'eau, ou à traiter préférentiellement en reboisement et amélioration. De la même façon, les services chargés de la lutte pourraient en retirer des indications, sur les secteurs présentant des difficultés d'intervention opérationnelle, tandis que les services responsables de l'urbanisme auraient l'opportunité d'intégrer plus efficacement la contrainte incendie, dans la politique générale d'aménagement du territoire.

2°) LES TRAVAUX SUR LE THEME DU RISQUE D'INCENDIE DE FORET

Compte tenu du nombre des travaux, entrepris dans le passé, sur le thème de l'évaluation du risque d'incendie de forêt, il était indispensable d'examiner dans quelle mesure, les résultats déjà acquis pouvaient s'intégrer à notre propre démarche.

Une étude préliminaire réalisée durant l'année 1991, a permis de préciser "l'état de l'art" en la matière.

Les méthodes d'évaluation du risque ainsi passées en revue, présentent une certaine diversité de forme et d'objectifs.

Certaines d'entre elles sont basées sur la seule prise en compte de paramètres météorologiques. Le suivi chronologique, selon un pas de temps variable, de grandeurs telles que la vitesse du vent, la températures de l'air ou de la litière, l'humidité relative de l'air et l'ETP, permet le calcul d'un indice de risque météo synthétique, selon l'une des formules établies par divers auteurs (ORIEUX 1979, BARESCUT 1981, DROUET 1982, SOL 1988 1990, CARREGA 1990).

Ces indices sont utilisés depuis fort longtemps par les services de prévention et de lutte, pour déterminer les périodes à risque maximal, et adapter en conséquence le dimensionnement des dispositifs opérationnels.

Ayant été conçues dans un but de prévision et d'observation de l'évolution du risque dans le temps, ces méthodes sont, de fait, non adaptées à notre objectif, à savoir l'étude de la variabilité spatiale de ce même risque. La trop faible densité des postes météorologiques, ainsi que l'absence de modèles d'interpolation à grande échelle, pour des facteurs aussi importants que le vent, excluent par ailleurs toute possibilité d'adaptation de cette méthode à nos besoins.

D'autres techniques d'évaluation, faisant appel à des paramètres biologiques ont été développées, en particulier par la station de Sylviculture Méditerranéenne de l'INRA d'AVIGNON.

Les indicateurs de risque utilisés dans ce cas sont par exemple l'inflammabilité du végétal, mesurée grâce a un épiradiateur étalonné, qui donne pour chaque espèce testée un temps moyen d'apparition de la flamme (VALETTE 1989).

Ont été également étudiés, des critères tels que le potentiel de sève, ou la teneur en eau du végétal (GAUDET 1989, LAYEC 1989).

L'application pratique de cette méthode a consisté principalement, à effectuer un suivi chronologique de l'évolution des divers paramètres (inflammabilité, potentiel de sève, teneur en eau) pour deux espèces dominantes du maquis (Arbousier et Bruyère arborescente) et à chercher à mettre en évidence les corrélations avec les indices de risque météorologique.

La démarche est donc là encore orientée vers la prise en compte de la variabilité temporelle du risque et non de sa variabilité spatiale. Il est vrai que la lourdeur des protocoles de mesure de ces paramètres biologiques, constitue un obstacle majeur à la mise en place d'un réseau d'observation multistationnel suffisamment dense pour appréhender correctement la variabilité spatiale du risque d'incendie.

D'où l'intérêt des travaux qui ont opté, dès l'origine, pour une approche purement spatiale du problème, comme dans le cas de l'élaboration des cartes de combustible par TRABAUD dans l'Hérault (1971-1973) ou par LAVAGNE et MOUTTE dans le VAR (1974-1977).

La méthode alors employée, s'appuie sur une description physionomique et floristique de la végétation, complétée par une estimation de la phytomasse vivante ou morte et par une évaluation de l'inflammabilité et de la combustibilité des formations végétales rencontrées.

L'inflammabilité rend compte, de la facilité, avec laquelle un combustible exposé à une source de chaleur s'enflamme, tandis que la combustibilité traduit sa façon de se consumer, en libérant des quantités de

chaleur plus ou moins importantes.

Les cartes de combustible ainsi établies, constituent à l'évidence, la base nécessaire, mais non suffisante de toute cartographie du risque d'incendie de forêt : d'autres facteurs du milieu naturel ou humain sont en effet à prendre en compte, en plus du facteur végétation.

L'intégration de l'ensemble de ces facteurs, dans une démarche d'analyse de variabilité spatiale du risque, a d'ailleurs été tentée, dans le cadre de l'opération Prométhée mise en oeuvre depuis 1973, dans les quinze départements de l'Entente Interdépartementale pour la Protection de la Forêt contre l'Incendie.

Prométhée est une banque de données sur les incendies d'espaces naturels (incendies de forêt et feux de l'espace rural ou périurbain), alimentée à l'échelle du territoire communal, par les divers services spécialisés (DDSIS - DDAF - Gendarmerie, Météorologie Nationale - Moyens aériens de la Sécurité Civile...)

Elle fournit, pour chaque incendie, des informations relatives aux conditions d'éclosion et de développement. Elle indique par ailleurs, le bilan de chaque sinistre en terme de dégâts.

Prométhée permet donc l'élaboration, au niveau départemental ou régional, de cartes de fréquence ou de gravité des feux, bâties respectivement à partir des paramètres nombre moyen de départs de feux et surface moyenne parcourue.

Ces cartes sont bien souvent définies et utilisées comme des cartes de risque d'incendie, alors qu'une telle assimilation soulève deux objections :

- la pertinence des résultats dépend fortement de la qualité des données disponibles : or, un audit réalisé en 1989 a démontré qu'une certaine prudence était de mise quant à l'exhaustivité et à la fiabilité des informations recueillies par Prométhée.

- l'observation statistique d'une réalité historique ne peut prétendre être le reflet fidèle de la notion de risque potentiel, dont la concrétisation dépend fortement du contexte écologique, humain et socio-économique lui-même rapidement évolutif.

3°) LA DEMARCHE RETENUE POUR L'ETUDE CEMAGREF

La mise au point de la démarche d'étude passe, dans un premier temps, par la définition des paramètres à prendre en compte au regard de notre objectif, qui est d'étudier la variabilité spatiale du risque d'incendie en période sensible (et non de suivre l'évolution de ce même risque dans le temps comme dans le cas de certaines méthodes vues au paragraphe précédent).

Une étude bibliographique réalisée en 1991 et portant sur les mécanismes d'éclosion de développement des feux de forêts a conduit à retenir comme représentation simplifiée du comportement du feu, celle adoptée par ROTHERMEL (1972) dans le modèle BEHAVE.

Dans ce modèle, la naissance et la propagation du front de flamme sont assimilées à la répétition en chaîne, d'un processus de transfert thermique, entre une source de chaleur et un combustible "cible", qui, exposé aux effets thermiques de la source, peut entrer en combustion et devenir à son tour source de chaleur pour son environnement.

Une telle représentation de la dynamique du feu, associée à la connaissance des lois physiques régissant les trois modes de transfert de chaleur (conduction, convection, rayonnement) conduit à isoler, comme paramètres pertinents de description des mécanismes en jeu :

- le combustible : les données essentielles le concernant sont relatives à sa répartition en masse (végétation verte et nécromasse), sa distribution spatiale (taux de recouvrement, stratification) et son état hydrique. L'ensemble de ces facteurs joue en effet un rôle essentiel sur l'intensité de la combustion (potentiel calorifique des formations végétales correspondantes) ainsi que sur l'efficacité des transferts thermiques (surfaces radiatives émettrices et réceptrices développées).

- la topographie : le facteur pente facilite considérablement, lors d'une propagation ascendante du front de flamme, le transfert thermique vers le combustible intact, situé en avant de ce front. En effet, la pente modifie l'inclinaison relative du panneau radiant et de la colonne convection.

- le vent : le vent local a des effets identiques à ceux de la pente (inclinaison relative du panneau radiant et de la colonne convection), auxquels il convient d'ajouter un renouvellement plus rapide d'oxygène, ce qui favorise généralement la combustion.

Ce sont donc ces trois paramètres que nous retiendrons comme facteurs de propagation.

L'évaluation complète du degré de sensibilité au feu suppose, en outre, de prendre en compte le risque d'éclosion.

En région méditerranéenne française la quasi totalité des incendies étant d'origine humaine, l'étude de la composante éclosion passe par l'analyse de la répartition spatiale des principales causes d'incendie et par la confrontation des résultats de cette analyse, avec la localisation des formations végétales particulièrement inflammables (tapis herbacé dense par exemple).

Au total donc, quatre paramètres doivent être connus (végétation, vent, topographie, causes humaines d'éclosion) pour pouvoir évaluer correctement le degré de sensibilité au feu et cartographier les secteurs correspondants.

Compte tenue de la définition des zones à risque que nous avons donnée au premier paragraphe, une étape supplémentaire, consistant à superposer carte de sensibilité au feu et carte des enjeux est nécessaire pour atteindre le résultat final.

L'évaluation des enjeux se fera par les méthodes économiques classiques, pour les biens ayant une valeur monétaire établie dans le cadre du marché et par les méthodes dites "du consentement à payer", "du coût de reconstitution", "de la valeur de réversibilité" ou sinon "d'analyse multicritères" : ces quatre dernières méthodes sont traditionnellement mises en oeuvre, dans le cas d'évaluation patrimoniale, portant sur des biens dont la valeur ne peut être établie par la théorie économique classique.

En ce qui concerne la sensibilité au feu, les techniques d'analyse seront différentes selon qu'il s'agit des facteurs humains ou des facteurs du milieu naturel.

Dans le premier cas, on fera appel à l'analyse statistique de la banque de données Prométhée qui, en dépit de ses imperfections, fournit dans ce domaine de précieuses indications.

Dans le second cas, on s'inspirera de la démarche utilisée en typologie des stations forestières pour décrire le milieu naturel.

De la même façon qu'en typologie des stations forestières, on définit des types de station, caractérisés par une combinaison particulière de conditions de climat, de géologie, de sol, de topographie, d'exposition et de végétation naturelle, nous chercherons à distinguer des types de secteurs combustibles, sur la base d'une combinaison entre topographie, vent et végétation.

Plus délicat est le stade suivant, où il s'agit de comparer le comportement au feu des unités ainsi définies (par référence à l'évaluation des potentialités forestières et à l'étude des liaisons station-production faites en aval de la typologie des stations). Cette étape suppose en effet de connaître le poids relatif de chaque facteur dans la dynamique de propagation du feu.

Les modèles théoriques de propagation actuellement opérationnels fournissent certes des indications en la matière. Mais leur fiabilité dans la description correcte des sinistres majeurs est encore trop imparfaite, pour pouvoir utiliser sans réserve leurs résultats.

La banque de données Prométhée avait été quant à elle mise en oeuvre dans le but d'établir des corrélations entre divers paramètres d'incendie et mieux étalonner ainsi les indicateurs de risque.

En pratique toutefois ce type d'exploitation se heurte à deux difficultés :

- l'absence d'informations sur les stades intermédiaires du feu. Prométhée fournit en effet essentiellement des indications sur le départ de feu, ainsi que sur le bilan final en terme de dégâts et de moyens engagés.
- le danger qu'il y a, à interpréter les corrélations statistiques obtenues à partir de Prométhée, comme des relations de causalité. L'exemple caricatural serait par exemple de constater une corrélation maximale entre taille du sinistre et présence de canadairs, et d'en déduire que la présence de canadairs est le facteur qui pèse le plus sur la gravité finale d'un feu.

C'est la raison pour laquelle nous nous en tiendrons, dans un premier temps, à une pondération établie à partir de l'expérience accumulée empiriquement, par un certain nombre de personnels opérationnels (forestiers et pompiers).

Les options ainsi retenues pourront être validées ultérieurement, soit sur la base de l'observation détaillée d'un certain nombre de feux, soit sur la base d'un modèle théorique de propagation mieux adapté aux conditions régnant en région méditerranéenne française. L'INRA d'Avignon (DUPUY 1991) a engagé une démarche en ce sens.

Compte tenu du nombre, de la complexité et de la diversité des informations à traiter simultanément, à représenter sous forme de "couches d'informations spatialisées", à mettre à jour régulièrement, nous serons amenés à utiliser des outils modernes et performants de saisie et de traitement de l'information, tels que la télédétection et les systèmes d'information géographique.

Afin de conserver à la méthode un caractère pratique, la rendant directement utilisable par les services demandeurs il a été décidé par ailleurs :

- de s'appuyer dès le stade de l'élaboration sur un cas concret. Le massif des Maures dans le département du Var a été retenu. Il s'agit en effet d'un massif méditerranéen d'une taille importante, ayant une histoire forestière riche, et des potentialités sylvicoles. Par ailleurs, ce massif connaît régulièrement des problèmes sérieux d'incendie de forêt qui sont à l'origine d'une politique active en matière de prévention et de lutte. Une pré-étude a donc été entreprise en 1991 sur ce massif afin de rassembler un maximum d'informations sur le milieu naturel et sur les problèmes d'incendie.

- de garantir en permanence l'adéquation optimale entre recherche et besoins grâce à la mise en place de deux groupes de suivi :

* un comité technique qui regroupe, sous la présidence du DDAF du VAR, les responsables des principaux organismes et administrations intéressés par les résultats de l'étude.

* un groupe d'experts qui rassemble, outre les techniciens chargés des questions de DFCI, les principaux partenaires du CEMAGREF en matière de recherche fondamentale dans les diverses spécialités impliquées lors de la mise au point d'une méthodologie d'évaluation du risque d'incendie de forêt.

Ces deux groupes ayant validé, au cours de leurs réunions, la démarche envisagée, celle ci sera donc développée durant l'année 1992 autour des trois modules : causes de feu, conditions de propagation, enjeux.

CONCLUSION

Les études préliminaires réalisées en 1991 par l'équipe PFCI (Protection des Forêts Contre l'Incendie) de la Division Forêt Méditerranéenne du CEMAGREF, Groupement d'Aix-en-Provence, auront donc permis, en liaison avec les partenaires scientifiques et opérationnels :

- de préciser le concept de risque d'incendie et la nature des besoins exprimés sur ce thème par divers services concernés.

- de définir les paramètres du milieu naturel et humain à prendre en compte pour l'évaluation du risque et la cartographie des zones correspondantes.

- de retenir une méthodologie de prise en compte de ces paramètres.

Les années à venir seront consacrées à la traduction concrète de ces réflexions, avec la mise en place d'un outil pratique, élaboré en faisant appel aux techniques les plus récentes de saisie et de traitement de l'information géographique.

BIBLIOGRAPHIE

BARESCUT
La prévision du risque feu de forêt
La météo VIe série n° 26 1981

CARREGA
Une formule améliorée pour l'estimation des risques d'incendie de forêt dans les Alpes Maritimes.
Analyse spatiale quantitative et appliquée n° 24.

DROUET
Un moyen de prévoir les risques d'éclosion et de propagation des feux de forêts.
Revue Forêt Méditerranéenne t II n° 2 1982

DUPUY
Modélisation prédictive de la propagation des incendies de forêt.
Rapport bibliographique 1991. INRA d'Avignon/Université Claude Bernard Lyon 1. URA CNRS 243.

DUPUY
Modélisation prédictive de la propagation des incendies de forêt.
Rapport technique 1991 INRA d'Avignon/Université Claude Bernard Lyon 1. URA CNRS 243.

GAUDET
Des paramêtres biologiques pour améliorer l'indice de risque feux de forêt.
BTSA Mirecourt doc int INRA Janvier 1989

LAVAGNE ET MOUTTE
Carte de St Tropez au 1/100000. n° 1 du bulletin de la carte de la végétation de la Provence et des Alpes du Sud.
Annales de l'Université de Provence 1974.

LAVAGNE ET MOUTTE
Carte phytosociologique de Hyeres Porquerolles au 1/50000 n° 3 du Bulletin de la carte de la végétation de la Provence et des Alpes du Sud.
Annales de l'Université de Provence 1977.

LAVAGNE ET MOUTTE
Carte au 1/10000 du Vallon de Maraval (Maures Occidentales) n° 2 du Bulletin de la carte de la végétation de Provence et des Alpes du Sud.
Annales de l'Université de Provence.

LAYEC
Paramètres biologiques pour améliorer l'indice de risque feux de forêts
DAA-ENSAR-INRA Octobre 1989.

ORIEUX
Conditions météorologiques et indices de forêt en région méditerranéenne.
Note technique section XXIV pièce n°8 1979.

ROTHERMEL
A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels.
USDA F.S. Research paper IN.T 115 1972.

SOL-DROUET
Etude de deux nouveaux indices de risques météo.
IUT Aix. SMIRISE 1988.

SOL
Estimation du risque météorologique d'incendies de forêts dans le Sud Est de la France.
Revue Forestière Française n° spécial Espaces Forestiers et Incendies 1990.

TRABAUD
Les combustibles végétaux dans l'Hérault.
CEPE/CNRS Montpellier 1971.

TRABAUD
Notice des cartes à grande échelle des formations végétales combustibles du département de l'Hérault.
Doc n° 68 CEPE/CNRS Montpellier 1973.

VALETTE
Risques présentés par Arbousier et bruyère aborescente
Doc Int INRA Septembre 1989.

DES INJECTIONS DE GIBBERELLINES 4/7 ASSOCIEES A DES ANNELATIONS D'ECORCE STIMULENT LA FLORAISON D'UN VERGER D'EPICEA COMMUN

G. PHILIPPE
Division Amélioration Génétique et Pépinières Forestières
Nogent sur Vernisson

RESUME

Cette étude synthétise les résultats de 2 essais d'induction florale installés dans un verger à graines d'épicéa commun âgé de 12 ans. Le premier essai inclut des arbres de taille moyenne, représentatifs du verger et ayant déjà fleuri en l'absence de traitement tandis que le second renferme des individus très vigoureux, étêtés ou non, jusqu'alors improductifs.

Dans les deux cas, des injections de gibbérellines 4/7 associées à des annélations d'écorce ont permis d'accroître dans de fortes proportions les floraisons mâle et femelle, sans réduction de rendement en graines ni de la faculté germinative. En extrapolant les résultats de ces essais à un verger standard, on aboutit à des rendements de 13 kg et 1,6 kg de graines à l'hectare avec et sans traitement. En revanche, l'annélation seule est demeurée sans effet.

Par ailleurs, bien que les arbres étêtés soient moins fructifères que leurs homologues témoins, la différence de production n'est pas statistiquement significative.

INTRODUCTION

La plasticité et la croissance rapide de l'épicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst.) ont joué en faveur de son introduction hors de son aire naturelle, en particulier à basse et moyenne altitude. Bien que son importance ait fortement diminué aux cours des dix dernières années, cette essence demeure actuellement la seconde espèce de reboisement française si l'on considère le nombre de plants utilisés annuellement (10 à 13 millions selon les statistiques du Ministère de l'Agriculture). Les besoins en graines s'élèvent à environ 800 kg/an.

A basse altitude, les écotypes montagnards sont peu performants et il est préférable d'utiliser des races de plaine originaires d'Europe de l'Est. Pour subvenir aux besoins, 60 ha de vergers ont été installés depuis 1975, surface à laquelle il convient d'ajouter celles de deux petites unités plantées dans les années 1960-1970.

La phase juvénile est longue chez l'épicéa (15-30 ans) et il n'est pas surprenant que les vergers de familles n'aient fleuri à ce jour que très ponctuellement. En revanche, les vergers de clones en âge de fructifier (Rachovo, Moidons, Epinal) n'ont donné lieu, jusqu'à présent, qu'à de faibles récoltes. Il apparaît donc impossible que les fructifications naturelles procurent les quantités de graines escomptées, ce qui justifie les recherches entreprises pour accélérer l'entrée en production et intensifier la fructification des vergers de cette espèce.

Les études visant à stimuler la floraison de l'épicéa ont débuté au CEMAGREF en 1986. Les premiers traitements testés, fertilisation et cernage racinaire, se sont révélés inefficaces. En revanche, des injections de gibbérellines 4/7, régulateurs de croissance impliqués dans le processus de floraison, ont permis d'induire la formation de fleurs mâles et femelles. Néanmoins, cette technique a engendré une réponse insuffisante pour justifier son utilisation à grande échelle. C'est la raison pour laquelle ce traitement a été répété l'année suivante en combinaison avec l'annélation d'écorce, de nombreux auteurs mentionnant l'effet synergique d'une telle association (revue OWENS et BLAKE, 1985).

La présente étude synthétise les résultats de deux essais réalisés dans un même verger à graines, sur deux types de matériel : d'une part, des arbres représentatifs du verger ayant fructifié auparavant en l'absence de traitements florifères et, d'autre part, des arbres très vigoureux jusqu'ici improductifs. Elle vise à préciser :

- l'impact de l'annélation, seule et associée à des injections de gibbérellines, sur l'abondance de la floraison, la qualité des graines et la santé des arbres,

- l'influence de la période d'application des hormones,

- la réaction aux traitements d'arbres étêtés un an auparavant.

MATERIEL ET METHODES

Les deux essais ont été installés dans un verger de clones (provenance Rachovo, Ukraine) multipliés par greffage ; il a été planté en 1977 à proximité de Latronquière, dans le département du Lot.

essai 1
. arbres de taille moyenne (4,5 m de hauteur)

. dispositif monoarbre (34 arbres par traitement)

. 5 traitements : témoin (1), annélation + injections de gibbérellines, ces dernières étant réalisées lorsque les pousses 1989 avaient atteint en moyenne 60 % (2) ou 90 % (3) de leur longueur finale, annélation + gibbérellines injectées à deux reprises, à 60 % et 90 % d'élongation (4), annélation seule (5).

Les arbres des modalités 2, 3, 4, 5 avaient déjà subi un traitement hormonal en 1988, en injection (mod. 2, 3, 4) ou en pulvérisation (mod. 5).

L'annélation (2 incisions semi-circulaires) a été effectuée au débourrement végétatif. Les gibbérellines, diluées dans de l'éthanol à raison de 100 mg/ml, ont été injectées en quantité proportionnelle à la taille des arbres (65 mg/arbre en moyenne, appliqués en 1 ou 2 passages selon les modalités).

essai 2
. arbres vigoureux (7 m de hauteur et 4 m pour les plants étêtés)

. dispositif monoarbre (42 arbres par traitement)

. 4 traitements : témoin (1), arbres étêtés (2), annélation + injections de gibbérellines pratiquées sur arbres non étêtés (3) ou étêtés (4).

Les plants des modalités 3 et 4 avaient déjà subi un traitement hormonal en 1988.

L'étêtage, réalisé en Mai 1988, consistait à réduire de moitié la hauteur des ramets. Il a conduit à la suppression de 3 ou 4 verticilles selon les cas. L'annélation a été effectuée en 1989 lors du débourrement végétatif. Les gibbérellines ont été injectées lorsque les pousses 1989 avaient atteint en moyenne 50 % de leur longueur finale. Les quantités administrées étaient fonction de la hauteur des arbres (en moyenne 160 mg/arbre non étêté et 125 mg/arbre étêté).

En outre, un certain nombre d'interventions ont été réalisées conjointement et selon le même mode opératoire dans les deux essais :

. De manière à relier les dates de traitement au développement des plants, une pousse terminale d'un verticille situé à 2 m de hauteur a été mesurée, pour chaque arbre, au moment des injections et à la fin de la période d'élongation.

. L'abondance de la floraison a été notée au printemps 1990 : comptage exhaustif des inflorescences femelles et utilisation d'un code pour la floraison mâle (nulle (0), faible (1), moyenne (2) et abondante (3)). Ces observations ont été complétées à la récolte par un comptage de cônes.

. L'analyse de la qualité des graines s'est déroulée en trois étapes :

- prélèvement d'échantillons unitaires de 5 cônes sur 20 arbres témoins et 40 arbres ayant subi une annélation et un traitement hormonal (modalités 2 et 4 de l'essai 1, modalités 3 et 4 de l'essai 2),

- extraction des graines et détermination du nombre de graines par cône et du pourcentage de graines pleines,

- faculté germinative réalisée sans prétraitement sur 350 graines provenant d'arbres témoins et 400 graines issues d'arbres traités.

. L'analyse statistique a été conduite de la façon suivante :

- test de KHI-DEUX pour les comparaisons de proportions

- test de TUKEY pour les comparaisons de moyennes, après changement de variable éventuel pour satisfaire aux conditions de normalité et d'égalité des variances. Test non paramétrique de KRUSKAL-WALLIS dans le cas de variables discontinues.

RESULTATS

Effet des traitements sur la floraison et la fructification.

Bien que 1990 soit considérée comme une bonne année de récolte pour l'épicéa en France, la fructification du verger ne peut être qualifiée que de médiocre en l'absence de traitement d'induction (respectivement 15 et 6 cônes par arbre témoin dans les essais 1 et 2).

Dans ces conditions, les injections de gibbérellines 4/7 associées à des annélations d'écorce stimulent fortement la floraison tandis que l'annélation seule se révèle impuissante à induire la formation de structures reproductrices. Pour les deux types de floraison, la combinaison des deux traitements a une action positive à la fois sur le pourcentage d'arbres florifères et sur la floraison de ces derniers. L'effet est particulièrement spectaculaire dans l'essai 2 où 90 % des arbres traités ont fructifié, portant chacun 95 cônes en moyenne (maximum : 595), ce qui est remarquable pour des arbres de cette taille (figure 1)

Tableau 1 - Floraison mâle

Essai	Traitement (1)	Abondance (2)	% arbres très florifères (3)
1	Témoin	a	33 (a)
	A + GA 60 %	b	59 (b)
	A + GA 90 %	ab	50 (ab)
	A + GA 60 + 90 %	b	55 (ab)
	Annélation	a	35 (a)
2	Témoin	a	21 (a)
	(étêtés)	a	24 (a)
	A + GA	b	76 (b)
	A + GA (étêtés)	b	74 (b)

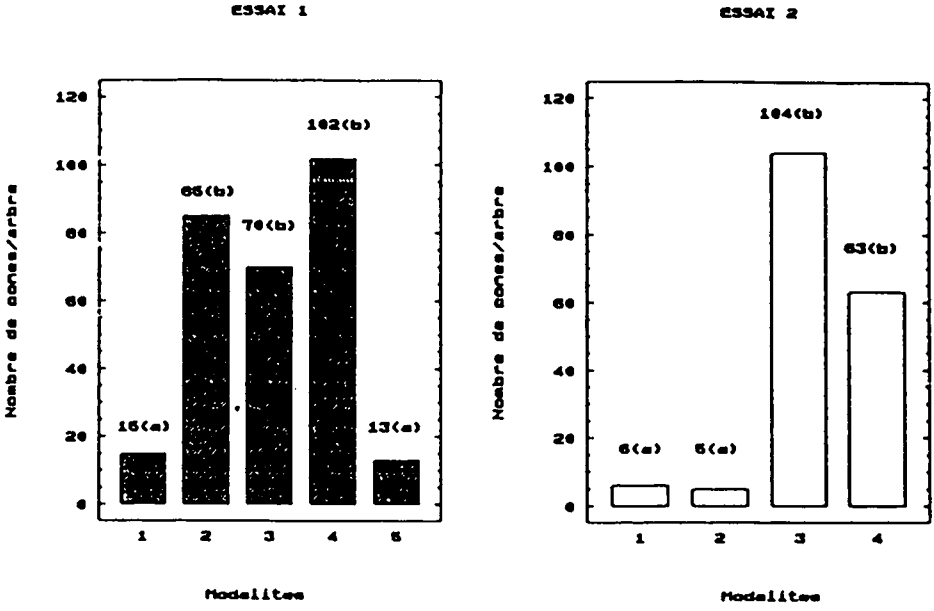
. Les valeurs suivie de la même lettre (au sein du même essai) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

(1) A = Annélation ; GA x% = injection de GA 4/7 à x% d'élongation

(2) rang moyen du test de KRUSKAL - WALLIS

(3) codes 2 + 3 = floraison moyenne + abondante

Figure 1 - Effet des traitements sur la quantité de cônes récoltés par arbre



. Nature des traitements (A = Annélation ; GA x % = Gibbérellines 4/7 injectées à x % d'élongation des pousses)

Essai 1 :

1- témoin
2- A + GA 60 %
3- A + GA 90 %
4- A + GA 60 % + 90 %
5- A

Essai 2 :

1- témoin
2- arbres étêtés
3- A + GA 50 %
4- A + GA 50 % (arbres étêtés)

. Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (a<b).

L'analyse de variance ne met pas en évidence d'effet dépressif de l'étêtage sur la floraison, ni d'interaction étêtage x A + GA. Si les arbres étêtés et traités (mod. 4) apparaissent sensiblement moins fructifères que leur homologues non étêtés (mod. 3), la différence de production n'est pas significative au seuil de 5 % (P = 0,45).

L'action des hormones sur la floraison mâle se manifeste avec plus d'intensité lorsque ces dernières sont appliquées précocément, durant la phase d'allongement rapide des pousses, plutôt qu'en fin d'élongation (tableau 1). On observe également, dans l'essai 1, une corrélation négative, faible mais significative, entre le pourcentage d'élongation atteint lors des injections et l'abondance de la floraison, tant mâle (r = -0,23) que femelle (r = -0,28). Toutefois, ce dernier résultat n'est pas confirmé dans l'essai 2 où la réponse des arbres apparaît indépendante de leur stade de développement lors du traitement hormonal. Par ailleurs, le fractionnement de la dose d'hormones en deux injections n'apporte pas de gain significatif par rapport à une application "précoce".

Qualité des graines

Tableau 2 - Rendement en graines

Traitement	Nbre de graines par cône *	% graines pleines	faculté germinative
Témoin	116 (NS)	67 (NS)	97 %
A + GA	114	60	98 % (NS)

** N'ont été comptabilisées que les graines de taille "normale"*
NS = différence non significative au seuil de 5 %

On n'observe pas de réduction significative du rendement en graines à l'issue des traitements (79 et 71 graines pleines par cône respectivement pour les plants témoins et traités). D'autre part, la faculté germinative est excellente quelle que soit l'origine des graines.

Effet des traitements sur l'état physiologique des arbres

Les observations ont été effectuées début 1990, après 2 campagnes de traitements.

Tableau 3 - effet des traitements sur la santé des arbres

Essai	Traitements 1988	Traitements 1989	arbres sains %	% défoliation légère	% défoliation sévère	% mortalité (*)
1	Témoin	Témoin	94 (a)	6	6	0
	GA inj.	A + GA	36 (b)	42	20	2
	GA pulvérisation	Annélation	82 (a)	15	3	0
2	Témoin	Témoin	100 (a)	0	0	0
	GA inj. (± étêtage)	A + GA (± étêtés)	88 (a)	11	1	0

** la mortalité ne peut être imputée intégralement aux traitements, les 3 plants concernés étant naturellement frêles et peu vigoureux.*

Alors que les premières interventions réalisées en 1988 n'avaient eu que peu d'incidence sur l'état sanitaire des plants, il en va tout autrement après 2 traitements consécutifs. Dans le premier essai, il apparait nettement que les injections d'hormones provoquent des défoliations, parfois sévères. A ce titre, la modalité 4, qui correspond à 2 injections durant la phase d'élongation, se révèle la plus dommageable. En revanche, les pulvérisations de gibbérellines suivies d'annélations d'écorce ne semblent pas porter préjudice aux arbres.

Dans l'essai 2, au contraire, les traitements sont à l'origine de dégâts limités puisque près de 90 % des ramets sont exempts de défoliations après deux interventions consécutives. Ce sont les plants étêtés qui souffrent le plus, et, en particulier, les moins vigoureux.

Par ailleurs, les semenciers les plus atteints ne sont pas les plus florifères (tableau 4). Ils se caractérisent au contraire par une faible floraison femelle.

Tableau 4 - Relation floraison - santé des arbres traités (essai 1)

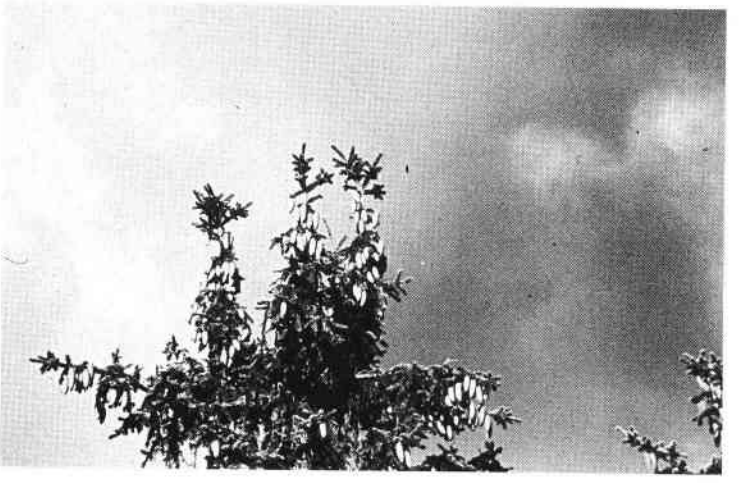
Etat des arbres	Effectif	Floraison mâle *	Nb fleurs femelle/arbre
sains	36	(a)	86 (b)
légère défoliation	43	(a)	89(b)
défoliation sévère	2à	(a)	24 (a)

** rang moyen de KRUSKAL- WALLIS*

Vue générale du verger d'épicéa commun

Injection de gibbérellines

Floraison de l'épicéa



Fructification d'un arbre étêté

DISCUSSION - CONCLUSION

Des injections de gibbérellines 4/7 associées à des annélations d'écorce ont permis d'accroître dans de fortes proportions les floraisons mâle et femelle de plants greffés d'épicéa commun. A titre d'exemple, les arbres ayant subi ces interventions ont contribué pour 64 % à la récolte du verger alors qu'ils ne représentent que 7 % de l'effectif. L'inefficacité de l'annélation seule nous incite à penser qu'une grande part de l'efficacité des traitements est à mettre à l'actif des régulateurs de croissance. Toutefois, la modalité "gibbérellines seules" n'ayant pas été testée, il est impossible, en toute rigueur, de dissocier les effets des deux techniques.

Ces gains sont d'autant plus satisfaisants que l'intensification de la floraison ne s'est pas accompagnée d'une réduction du rendement en graines, ni de la faculté germinative, comme cela a parfois été signalé à la suite de traitements hormonaux (PHILIPSON et al., 1987). En extrapolant les résultats de ces essais à un verger standard, implanté à espacements de 5 x 7 m, on obtient des rendements de 13,2 kg et 1,6 kg de graines à l'hectare avec et sans traitement. En réalité, la production d'un verger traité devrait même être plus importante si les interventions concernent la totalité des arbres et non plus quelques individus dispersés comme c'était le cas dans cette étude puisqu'alors la plus forte production de pollen à l'hectare se traduirait vraisemblablement par un plus grand nombre d'ovules pollinisés

En matière d'induction florale, l'efficacité d'un traitement est largement conditionnée par sa date de réalisation. Dans le cas de l'épicéa commun, de nombreux expérimentateurs pratiquent les injections de gibbérellines à la fin de la période d'élongation des pousses latérales potentiellement florifères, s'inspirant en cela des observations de DUNBERG (1979). L'essai 1 suggère cependant qu'une plus grande efficacité peut être obtenue, vis à vis de la floraison mâle notamment, avec des traitements plus précoces. A cet égard, il est regrettable que les deux périodes d'application testées dans cette étude soient si rapprochées dans le temps et que les injections n'aient pu être effectuées comme prévu en début et en fin d'élongation. Malgré tout, la tendance observée est en accord avec les résultats d'un essai antérieur (PHILIPPE, 1990) qui montre que la période la plus favorable se situe au début de la phase de croissance rapide des pousses, soit 2 à 3 semaines avant la période présumée de différenciation florale.

Par ailleurs, le fractionnement de la quantité totale de gibbérellines en deux injections distantes de 2-3 semaines n'apporte pas de gain significatif. C'est cependant une pratique courante, avec des intervalles variant entre une semaine et un mois. Dans un verger contenant de nombreux clones de phénologie différente, il est certainement facile, et peut être plus économique, de traiter deux fois aux mêmes dates la totalité du verger mais, pour un arbre pris individuellement, cela n'est pas nécessaire si la date d'application est judicieusement choisie.

En ce qui concerne l'étêtage, l'essai 2 ne permet bien sûr aucune conclusion définitive puisque ce traitement devra être répété régulièrement si l'on souhaite en conserver le bénéfice. Néanmoins, il convient de remarquer que la première intervention n'entraîne pas de réduction significative de la production de pollen, ce qui est compréhensible dans la mesure où les strobiles mâles sont essentiellement portés par les verticilles inférieurs, ni de la fructification. Dans ce dernier cas pourtant, on observe une moindre proportion d'individus très fructifères parmi les arbres taillés. On peut imaginer que le meilleur éclairement du houppier, facteur favorable à la formation de bourgeons femelles, ne puisse pas compenser la réduction de volume de l'arbre qui s'accompagne nécessairement d'une diminution du nombre de sites à vocation florifère. Il sera vraisemblablement de plus en plus difficile aux arbres écimés de rivaliser avec des individus croissant librement à mesure que l'écart en hauteur s'accentuera. A terme, les étêtages successifs risquent donc de se traduire par une réduction de la production à l'hectare. Si cela devrait être le cas, il appartiendrait au gestionnaire de verger de décider si les pertes financières relatives au coût des interventions elles-mêmes et à la baisse de production sont acceptables compte tenu du prix, de la rareté de la graine et des avantages que l'étêtage procure (récolte moins onéreuse, traitements phytosanitaires et supplémentations polliniques facilités,...).

Enfin, ces essais commencent à fournir des informations quant à l'impact de traitements répétés sur la santé et la floraison des plants :

L'essai 1 indique de façon évidente que deux interventions consécutives sont de nature à endommager, parfois sévèrement, les semenciers d'un verger. En revanche, 90 % des ramets de l'essai 2 sont exempts de défoliations alors qu'ils avaient reçu des doses de gibbérellines beaucoup plus fortes en 1988 et 1989. La fructification 1989, trop peu abondante pour affaiblir les arbres, ne peut expliquer les différences observées. Il semble donc que les traitements hormonaux portent surtout préjudice aux individus peu vigoureux. En outre, il est rassurant de constater que les arbres les plus productifs ne sont pas précisément ceux qui ont le plus souffert. Il conviendra, à l'avenir, de rechercher les traitements permettant une floraison maximale tout en conservant les arbres en bonne santé, par exemple en adaptant au mieux la quantité de gibbérellines administrée au volume des semenciers.

Si l'on considère les arbres traités à deux reprises, les floraisons mâle et femelle de ces deux années sont corrélées positivement. En particulier, les plants fructifères en 1989 ont présenté l'année suivante une production deux fois plus forte que ceux qui étaient demeurés improductifs. Ces résultats indiquent que les mêmes individus sont susceptibles de réagir favorablement à deux interventions consécutives (lorsque, il est vrai, la réponse est faible la première année). Cela signifie également qu'une partie des ramets est plus ou moins réfractaire à de tels traitements. Le gestionnaire devra s'attacher à faire fleurir ces individus, surtout s'il s'agit de clones performants, de manière à se rapprocher des conditions de panmixie et à améliorer la qualité de la graine produite par le verger.

BIBLIOGRAPHIE

DUNBERG A. - 1979
Flower induction in Norway Spruce.
Proceedings IUFRO Norway Spruce Meeting S2.03.11-S2.02.11, Bucarest, pp. 139 - 157.

OWENS J.N., BLAKE M.D. - 1985
Production de semences forestières.
Information Report PI-x-53, Petawawa National Forestry Institute, 216 p.

PHILIPPE G. - 1990
Induction florale en verger à graines d'épicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst.) : Etude des conditions d'utilisation des gibbérellines 4/7.
Programme GIS Variétés forestières Améliorées, 22 p.

PHILIPSON J.J., FLETCHER A.M., COLLINS R.B. - 1987
Treatment of Sitka Spruce to enhance flowering - II Grafts in clone banks.
Forestry Commission-Research Information Note 113/87/PHYS.

BILAN D'UNE PREMIERE ANNEE DE TRAITEMENT CHIMIQUE DE BOIS ABATTUS CONTRE LES ATTAQUES DE SCOLYTIDES

TRAITEMENT AVANT ET APRES INFESTATION DES RONDINS

F-X SAINTONGE, C-B MALPHETTES, B BOUTTE*
Division Techniques Forestières
Nogent sur Vernisson

RESUME

Actuellement, il n'existe pas en France de produit commercial homologué pour la lutte contre les attaques de scolytes sur les bois abattus.

Les auteurs décrivent une méthodologie permettant de vérifier d'une façon quantitavive les effets de traitements insecticides appliqués avant l'entrée des insectes sous l'écorce ou avant la sortie des adultes de la nouvelle génération. Les insectes observés sur pin sont l'hylésine (*Tomicus piniperda*), le sténographe (*Ips sexdentatus*) et sur épicéa le typographe (*Ips typographus*). Les essais ont été conduits avec des pyréthrinoïdes susceptibles d'être homologués et on peut constater que les résultats obtenus au cours de cette étude sont excellents dans le cas des scolytes du pin. Par contre, les études doivent être reprises pour le typographe car le substrat utilisé ne convenait sans doute pas à l'insecte.

1 - AVERTISSEMENT

La nouvelle réglementation sur l'usage des produits phytosanitaires, actuellement en cours d'application, nécessite une homologation officielle des formulations commerciales pour chaque usage bien défini. Cette réglementation introduit le nouvel usage "protection de bois abattus en forêt". De ce fait, les firmes intéressées vont devoir présenter des dossiers d'homologation pour cet usage.

Cet article relate les résultats expérimentaux que nous avons obtenus. Ils mettent en évidence une méthodologie susceptible d'être utilisée comme référence dans les essais qui devront être conduits pour démontrer l'efficacité des spécialités commerciales.

* Département de la Santé des Forêts Echelon de Clermont-Ferrand

2 - INTRODUCTION

Les conditions d' exploitation (coupe des résineux toute l'année), les délais de sortie de bois hors forêt ainsi que les chablis successifs qu'a connus la France depuis plusieurs années, mettent à la disposition des scolytes d'énormes volumes de bois dans lesquels ils trouvent des conditions idéales de reproduction donc de multiplication. Par ailleurs, les sécheresses répétées de 1989, 1990 et 1991 ont rendu les peuplements vulnérables aux attaques de ces insectes.

La meilleure solution consiste bien sûr à extraire le bois hors forêt (ou à écorcer le bois en forêt) avant que les insectes n'aient parcouru leur cycle biologique. Il semble malheureusement que cela ne soit pas toujours applicable.

Les forestiers essaient donc d'éviter que les bois abattus ne servent de lieu de multiplication en les traitant à l'aide de préparations insecticides et ceci depuis de nombreuses années. Une importante bibliographie traitant de ce sujet en témoigne. En effet, le lindane (Allen, 1959; Berisford, 1976), le fenitrothion (Mizell et al., 1981), la deltaméthrine (Carle et Jamin, 1978; Carle et al. 1979; Borthelle, 1987; Glowacka, 1991) et bien d'autres formulations (Allen, 1959; Rudinsky et Terriere, 1959; Ragenovich et al., 1974; Jones et al., 1980; Tilden, 1985) ont été testés contre les attaques de divers scolytes avec des résultats très variables.

L'utilisation de substances "naturelles" antagonistes de l'agrégation (verbénone, phéromone anti-agrégative) (Amman, 1991; Gibson, 1991) permettrait, en conditions expérimentales, d'éloigner les scolytes des zones à protéger sans pour cela augmenter la densité d'insectes autour de cette zone. Cependant, cette technique n'est pas actuellement transposable aux gestionnaires.

C'est pourquoi, en 1991, nous avons mis en route un programme sur l'efficacité de quelques insecticides à base de pyréthrinoïdes de synthèse contre les attaques de scolytes des pins et de l'épicéa commun. Nous nous sommes placés volontairement dans les conditions optimales de traitement pour être sûr qu'il était possible, dans ces conditions bien précises, de diminuer nettement le nombre de scolytes entrant (ou sortant) des bois abattus, l'optimisation de la dose de traitement en relation avec la rémanence constituant une étape ultérieure.

3 - MATERIEL ET METHODE

31 - Traitement avant attaque des Scolytes

Deux dispositifs expérimentaux ont été implantés au printemps 1991 pour vérifier l'efficacité de 3 insecticides.

Le premier a été installé sur le domaine des Barres (Loiret). Sur une

coupe rase de pin laricio d'une trentaine d'années, les rondins issus de la coupe ont été enstérés et ont servi à l'expérience.

Pour l'expérience sur épicéa commun, on a utilisé des rondins destinés à la fabrication de pâte à papier et provenant d'une coupe située près de Volvic (Puy-de-Dôme) au lieu-dit le Cratère (900 m d'altitude).

Les rondins, tous coupés en 2 m de long (longueur standard des bois de trituration), ont été répartis en 15 tas.

311 Les modes d'application

Trois méthodes de traitement ont été comparées :

- un premier traitement, rondin par rondin sur les "2 faces" à l'aide d'un pulvérisateur type "Cosmos" à pression entretenue. Cette modalité avait pour but de tester l'efficacité intrinsèque des insecticides. Les rondins ont été enstérés, une fois le produit sec ("2 faces").

- un second type de traitement a été réalisé sur les tas après empilement des rondins à l'aide du même pulvérisateur "Cosmos" ("pulvérisateur").

Pour ces deux modes de traitement, les 3 insecticides ont été dilués à raison de 2 % de produit commercial dans la bouillie.

- le troisième type de traitement a été effectué sur les tas après empilement des rondins à l'aide d'un atomiseur type "Kioritz". Ce dernier mode d'application paraissait offrir une meilleure pénétration de la bouillie à l'intérieur des stères ("atomiseur").

Le débit de l'atomiseur que nous avons employé était 10 fois plus grand que celui du pulvérisateur. En effet, pour appliquer la bouillie jusqu'au point de ruissellement, il fallait 4,5 minutes avec le pulvérisateur. et environ 26 secondes avec l'atomiseur, temps insuffisant à l'opérateur pour prospecter l'ensemble du tas. C'est pourquoi, afin d'obtenir la même quantité de matière active par m^2 d'écorce, il a fallu diminuer d'un tiers la concentration de produit commercial dans la bouillie lors du traitement avec l'atomiseur.

Pour ce dernier mode d'application, les spécialités insecticides ont donc été diluées à raison de 1,33 % dans la bouillie.

Après traitement, on a pu constater qu'on avait utilisé, en moyenne, 1 l de bouillie par stère pour les traitements au pulvérisateur et 1,5 l de bouillie par stère pour les traitements à l'atomiseur ce qui rejoint les observations de Borthelle (1987).

Pour la méthode d'application "2 faces", les tas mesuraient environ 1 stère. Pour les 2 autres méthodes d'application, les tas mesuraient 2 stères, quantité nécessaire pour laquelle on suppose que certains rondins ne sont pas complètement recouverts par l'insecticide.

Les traitements ont été effectués avant toute attaque (le 21 février pour le dispositif des Barres et le 26 mars pour le dispositif du Cratère).

Le tableau 1 donne la pluviométrie mensuelle observée aux Barres et à Pontgibaud (stations les plus proches des 2 essais).

en mm	Les Barres	Pontgibaud
février	4	
mars	47	6
avril	29	42
mai	10	41
juin		90
juillet		16

Tableau 1 : pluviométrie enregistrée en 1991 à partir du traitement jusqu'à l'écorçage aux Barres (Loiret) et à Pontgibaud (Puy-de-Dôme) (altitude 672 m).

Sur chaque tas d'épicéa au Cratère, une dose de phéroprax (phéromone artificielle d'agrégation du typographe destinée à attirer les insectes) a été installée le 26 mars et renouvelée le 30 mai.

Les 15 tas ont été cartographiés pour connaître a posteriori la place de chaque rondin dans le tas.

312 Vérification de l'efficacité

Pour rendre compte de l'efficacité des traitements, de 3 à 7 rondins (5 en moyenne) prélevés à tous les niveaux dans chaque tas ont été totalement écorcés à l'aide d'une plane. Sur chaque rondin, on notait son diamètre moyen sur écorce et le nombre de galeries de chaque espèce de scolyte. Pour chaque galerie, on mesurait sa longueur totale, la distance minimale entre la chambre d'accouplement et l'extrémité du rondin ainsi que sa position sur le pourtour du rondin.

Cet écorçage des rondins a été effectué entre le 12 et le 25 mai pour le dispositif des Barres et les 8 et 9 juillet pour le dispositif du Cratère.

32 - Traitement après attaque des Scolytes

Pour des raisons pratiques, seuls des essais sur rondins attaqués de pin ont pu être effectués.

Six rondins pris dans les 3 tas témoins du dispositif des Barres ont été coupés en 1 m puis disposés individuellement dans des cages (35 cm x 35 cm x 120 cm) confectionnées spécialement. Le bâti de la cage composé de tasseaux de sapin (30 mm x 30 mm) non traité a été entouré d'un grillage plastique dont les mailles mesurent environ 1,7 mm (trou de 1 mm), sur 5 côtés. Sur le sixième côté, on a vissé un plaque de PVC percée sur laquelle a été collé un entonnoir de polyéthylène dont le diamètre mesure

25 cm. Les cages étaient ensuite disposées l'une à côté de l'autre puis on a recouvert l'ensemble d'un bâche noire; seules dépassaient les petites extrémités des entonnoirs sur lesquelles on a fixé en force des erlenmeyers. Les scolytes en sortant des rondins étaient attirés par la lumière et se dirigeaient vers les erlenmeyers où ils étaient comptés journellement.

Douze rondins installés individuellement dans une cage ont été utilisés pour tester les trois pyréthrinoïdes pris parmi les 4 choisis pour les traitements avant attaque des scolytes et le témoin (3 rondins par modalité). L'ensemble des cages se trouvait au sol dans une serre où la température était enregistrée en continu. Le traitement a eu lieu le 12 juin alors que les insectes se trouvaient au stade nymphe ou jeune adulte non mélanisé c'est-à-dire très peu de temps avant leur sortie (examen effectué ce jour-là sur d'autres rondins issus des mêmes conditions). Une bouillie à base d'eau et concentrée à 2 % de produit commercial a été appliquée au pulvérisateur type "Cosmos" sur les 2 faces des rondins.

4 - RESULTATS ET DISCUSSION

41 - Traitement avant attaque

411 Dispositif pin (les Barres)

Le tableau 2 donne le nombre de galeries de sténographe *Ips sexdentatus* Boerner et d'hylésine *Tomicus piniperda* L. trouvées sur chaque tas de rondins (somme des galeries trouvées dans tous les rondins écorcés par tas).

Tas n°	Nombre rondins	Mode application	Produit utilisé	Nombre de galeries	
				Hylésine	Sténographe
1	7	"2 faces"	1	4	81
2	3		2	1	5
3	3		3	2	6
4	4		Témoin	57	22
5	3		4	1	2
6	5	Pulvérisat.	1	0	4
7	5		2	0	0
8	6		3	4	12
9	6		Témoin	26	69
10	5		4	0	2
11	5	Atomiseur	1	0	4
12	5		2	2	3
13	4		3	3	0
14	6		Témoin	55	113
15	7		4	6	12

Tableau 2 : nombre de galeries par tas - Les Barres 1991

On notera tout de suite que les 3 tas de rondins témoins ont tous été attaqués fortement par l'hylésine et le sténographe.

En effet, on a dénombré 8,6 galeries d'hylésine et 12,8 galeries de sténographe par rondin en moyenne sur les 16 rondins écorcés et provenant des 3 tas témoins.

Le nombre de rondins écorcés dans le tas n°1 a été supérieur pour vérifier que les attaques plus nombreuses du sténographe se retrouvaient dans tous les rondins.

Le tableau 3 résume l'efficacité des traitements effectués aux Barres sur le pin (en % par rapport aux témoins).

**	Modalité	Hylésine	Sténographe
16	Témoin		
17	1	97	59 (96)
13	2	97	95
13	3	92	89
15	4	95	92
16	2 faces	93	66 (88)
21	pulvérisat.	98	93
21	Kioritz	95	94

** : Nombre de rondins écorcés par modalité

Tableau 3 : Efficacité des traitements en % par rapport aux témoins

4111 Hylésine

Les premières attaques ont eu lieu une semaine environ après le traitement, c'est-à-dire vers le 28 février. Il apparait clairement que les 12 modalités de traitement ont protégé très correctement les rondins des attaques de ces insectes.

4112 Sténographe

Onze tas sur les 12 traités ont été protégés de façon très satisfaisante. Seul le tas 1 a en effet subi de nombreuses attaques (11,6 galeries par rondin contre 12,8 par rondin des témoins). Or l'insecticide 1 a donné de bons résultats sur les 2 autres tas de cette modalité (96 % d'efficacité). Par ailleurs, le traitement dit "2 faces" a également donné de bons résultats. Aucune explication n'a pu être trouvée pour expliquer cette forte attaque sur cet unique tas. Dans le tableau 3, on a fait figurer dans la colonne "sténographe" l'efficacité en % en excluant le tas 1 (chiffres entre parenthèse) : on s'aperçoit alors que les résultats sont équivalents à ceux obtenus avec les autres modalités de traitement.

Les premières attaques de sténographe ont été observées début avril et se sont étalées jusqu'à l'époque où les rondins ont été écorcés. En effet, on trouvait en écorçant les rondins issus des tas témoin, des sténographes

dans les chambres d'accouplement avant tout développement de galeries maternelles. Or on a vu ultérieurement que les rondins traités n'avaient subi que très peu d'attaques. Les traitements insecticides ont donc protégé correctement les rondins des attaques de sténographe et ceci jusqu'à 10 semaines après le traitement. Ces résultats prometteurs nous incitent donc à poursuivre les études sur ce sujet en essayant de préciser la rémanence que l'on peut obtenir avec des concentrations d'insecticide diverses.

Les insectes réussissant leur entrée développent un système de ponte engendrant une progéniture nombreuse. En effet, la longueur moyenne des galeries est équivalente entre les tas témoins et les tas traités. En fait, si l'insecte fore son trou de pénétration à un endroit où l'insecticide a pu être appliqué, il meurt; s'il fore à un endroit sans insecticide (de part la rugosité de l'écorce), il se développe correctement. C'est pourquoi, le taux de recouvrement des rondins par l'insecticide doit être élevé au risque de voir se multiplier les populations de scolytes. Il se peut d'ailleurs qu'en diminuant la concentration d'insecticide dans la bouillie, les résultats restent aussi bons, le mode d'application étant le facteur limitant pour obtenir une meilleure protection. A ce propos, les 3 modes d'application donnent, pour cet essai, des résultats identiques, ce qui mériterait d'être confirmé.

412 Dispositif épicéa (le Cratère)

Il apparaît que principalement 4 espèces de scolytes ont développé un système de ponte : le typographe *Ips typographus* L., le chalcographe *Pityogenes chalcographus* L., le polygraphe *Polygraphus polygraphus* L. et enfin l'autographe *Dryocoetes autographus* Ratz. (somme des galeries trouvées dans tous les rondins écorcés par tas). Le tableau 4 donne les résultats par tas. Dans ce dispositif, 5 rondins ont été écorcés par tas.

Tas n°	Mode application	Produit utilisé	Nombre de galeries Typo	Chalco	Poly	Auto
1		1	0	0	0	0
2		2	0	0	0	0
3	"2 faces"	3	0	0	0	0
4		Témoin	3	85	0	0
5		4	0	0	0	0
6		1	0	0	0	0
7		2	0	1	0	12
8	pulvérisat.	3	0	0	0	0
9		Témoin	7	6	10	116
10		4	0	0	0	0
11		1	0	0	0	0
12		2	0	0	0	0
13	Atomiseur	3	0	0	1	1
14		Témoin	4	47	4	44
15		4	0	0	0	0

Tableau 4 : résultats par tas du traitement sur épicéa (Le Cratère)

résultats que l'on peut synthétiser de la façon suivante :

**	Modalité	Typo.	Chalco	Poly	Auto.
15	Témoin				
15	1	100	99	100	100
15	2	100	100	100	93
15	3	100	100	93	99
15	4	100	100	100	100
20	2 faces	100	100	100	100
20	pulvéris.	100	99	100	94
20	Kioritz	100	100	95	99,5

** : Nombre de rondins écorcés par modalité

Tableau 5 : efficacité (en % par rapport aux témoins du traitement sur épicéa (Le Cratère)

Bien que le nombre d'attaques de typographe observé soit faible et ce, malgré la pose d'attractif (mais le faible diamètre des rondins utilisés, 15 cm en moyenne, présageait d'un tel résultat), il apparaît clairement que les tas traités ont été très bien protégés.

Seul le tas 7 a subi quelques attaques d'autographe sur 2 rondins : sur le rondin 3 qui se trouvait sur le haut du tas, on a dénombré 7 galeries et sur le rondin 34 qui se trouvait posé sur le sol, on en a dénombré 5. Apparemment, ce n'est donc pas la place du rondin dans le tas qui peut expliquer ces attaques. Aucune autre explication n'a été trouvée à ce sujet. Cependant, on peut remarquer qu'en moyenne les rondins du tas 7 ont subi 2,4 attaques d'autographe contre 23,2 dans le tas 9 (témoin correspondant). La protection a quand même été de 90 %.

Sur l'ensemble des autres tas traités, une galerie par tas au maximum a été découverte sur les 5 rondins écorcés ce qui correspond à une excellente protection et ce pendant 8 semaines au moins, les traitements ayant été effectués le 26 mars et les premières attaques ayant été constatées vers le 30 mai.

Comme pour l'essai pin des Barres, les résultats obtenus avec les 3 modes d'application sont identiques.

Cet excellent résultat nous oblige à conclure que, pour l'épicéa au moins, la dose de 2 % est peut être trop forte et qu'une étude sur l'optimisation de cette dose doit être entreprise.

Par ailleurs, il serait intéressant de savoir si des traitements sur grumes (donc en principe très attaqués par le typographe) donnent d'aussi bons résultats.

42 - Traitement après attaque des Scolytes

Pour quantifier l'efficacité des insecticides testés après attaque, on a donc enfermé les rondins infestés naturellement dans des cages et compté journellement le nombre de scolytes (par espèce) qui en sortait dans les erlenmeyers.

Certains insectes recueillis dans les erlenmeyers n'avaient manifestement pas un comportement normal; aussi, pour tester leurs capacités, on les a installés dans des piluliers posés horizontalement dans des boites transparentes. Dans le fond du pilulier était posé un papier sur lequel on plaçait les scolytes, la sortie du pilulier étant dirigée vers la lumière. Les scolytes n'étaient déclarés vivants que s'ils étaient sortis du pilulier dans les 24 heures qui suivaient leur installation. Par ailleurs, 3 fois au cours de l'expérience ainsi qu'à la fin, les cages ont été ouvertes et les insectes sortis des rondins et trouvés morts ont été enlevés et comptés (les chiffres se trouvent dans la colonne "cage").

Le tableau 6 indique par insecticide et par espèce, le nombre d'insectes trouvés morts dans les cages et dans les erlenmeyers ainsi que celui de vivants recueillis dans les erlenmeyers.

	Hylésine			Sténographe		
	erlenmeyer vivant	erlenmeyer mort	cage	erlenmeyer vivant	erlenmeyer mort	cage
Témoin	181	77	17	636	222	205
1	13	28	28	90	112	1008
3	12	115	158	3	16	1087
4	0	15	35	5	41	1269

Tableau 6 : résultats bruts du traitements après attaque

Les résultats du tableau 6 peuvent être exprimés en % d'efficacité d'après la formule d'Abbott (1925) qui se présente sous la forme suivante :

$$\% \text{ de mortalité} = \frac{X-Y}{X}$$

avec X : % de vivant du témoin
et Y : % de vivant du traitement
(tableau 7)

	Hylésine	Sténographe
1	71,4	87,6
3	93,6	99,5
4	100	99,3

Tableau 7 : efficacité des traitements après attaque

L'analyse des sorties journalières montre que l'hylésine sort en même temps des rondins témoins ou traités alors que les quelques sténographes issus des rondins traités ne sont sortis que 10 jours environ après ceux issus des rondins témoin. Ces insecticides appliqués à forte dose (2 %) et à une date très proche de la sortie des adultes fils semblent tuer une grande majorité de scolytes. Il reste donc, comme pour les traitements avant attaque, à optimiser la concentration de matière commerciale dans la solution, la dose de 2 % paraissant être un maximum et que l'on doit pouvoir réduire pour des raisons tant économiques qu'écologiques.

5 - CONCLUSION

Il apparait, à la vue des résultats de cette première année d'étude sur ce sujet qu'il est possible dans certaines conditions bien précises de protéger à 90 % au moins des rondins de bois (pin et épicéa), que le traitement soit appliqué avant ou après les attaques de scolytes. Par ailleurs, on a montré que la protection avant entrée des insectes peut être efficace 10 semaines au moins.

Cependant, ces résultats sont obtenus dans des conditions idéales de traitement : (1) date de traitement très proche de l'entrée des insectes dans les rondins ou de leur sortie, (2) dose forte de produit commercial dans la bouillie. Le coût du produit est important et diminuera proportionnellement à la dose d'insecticide nécessaire pour obtenir une protection "suffisante".

Il est donc nécessaire de poursuivre les études en répondant aux questions suivantes :

- établir la relation rémanence-dose

- confirmer les résultats sur grume (d'épicéa particulièrement)

- confirmer la bonne efficacité du pulvérisateur (par rapport à l'atomiseur)

Le dosage au laboratoire de la quantité d'insecticide restant sur l'écorce devrait nous permettre, parallèlement aux essais d'efficacité in situ, d'affiner rapidement les résultats.

BIBLIOGRAPHIE

ABBOTT, W.S. 1925.
A method for computing the effectiveness of an insecticide.
J. Eco. Ent. 18:265-267

ALLEN, D.G. AND RUDINSKY, J.A. 1959.
Effectiveness of thiodan, sevin and lindane on insects attacking freshly cut douglas-fir logs.
J. Eco. Ent. 52(3):482-484

AMMAN,G.D. ET AL. 1991.
Optimum dosage of verbenone to reduce infestation of moutain pine beetle in lodgepole pine stands of central Idaho.
USDA For. Ser. Res. Paper.INT-446

BERISFORD, C.W. AND EUGENE BRADY, U. 1976.
Duration of protec-tion of loblolly pines from *Ips* bark beetles by lindane.
J.Eco. Ent. 69(3):357-358

BORTHELLE, J. 1987.
Surveillance et protection phytosanitaire de la forêt. Bilan et perspectives en Aquitaine.
Mémoire de chef technicien des travaux forestiers de l'état. Serfob Aquitaine.

CARLE, P, ET JAMIN, J.K. 1978.
Essais de pesticides dans la protection des bois abattus contre les attaques de l'hylésine des pins *Blastophagus piniperda* L. (Col. Scolytidae).
Phytatrie Phytopharmacie 27:73-80.

CARLE, P., VINCQ, J.P. ET BIZET, M. 1979.
Essais de protection des bois sur chantier d'exploitation par contrôle des attaques de scolytes *Ips acuminatus* Gyll., *Ips sexdentatus* Boern. et *Tomicus piniperda* L. (coléoptères scolytidae).
La forêt privée 127:22-30.

GIBSON, K.E. ET AL. 1991.
Mountain pine beetle response to different verbenone dosages in pine stands of western Montana.
USDA For. Ser. Res. Paper.INT-444

GLOWACKA, B. ,LECH, A. ,WILCYNSKI, W. 1991.
Application of delta-methrin for spraying or dipping to protect Scots pine seedlings against *Hylobius abietis* L. and logs against *Tomicus piniperda* L.
Ann. Sci. For. 48:113-117

JAMIN, J.K. 1977.
Contribution à l'étude du dépérissement provoqué par les coléoptères scolytides sur le pin sylvestre en région centre.
Mémoire 3ème année ENITEF.

JONES, A.S., HASTINGS, F.L. AND KISLOW, C.J. 1980.
Evaluation of 12 insecticides for remedial efficacy against southern pine beetle adults.
J. Eco. Ent. 73(5):736-738

MIZELL, R.F. , NEEL, W.W. AND LASHOMB, J.H. 1981.
Field evaluation of fenitrothion for prevention of tree mortality from Southern Pine Beetle attack.
J. Eco. Ent. 74(1):30-32

RAGENOVICH, I.R. ,COSTER, J.E. 1974.
Evaluation of some carbamate and phosphate insecticides against southern pine beetles and *Ips* bark beetles.
J. Eco. Ent. 67(6):763-765

RUDINSKY, J.A. AND TERRIERE, L.C. 1959.
Laboratory studies on the relative contact and residual toxicity of ten insecticides to *Dendroctonus pseudotsugae* Hopk.
J. Eco. Ent. 52(3):485-488.

TILDEN, P.E. 1985.
Remedial treatment of lodgepole pine infested with montain pine beetle : efficacy of three insecticides.
Res. note PSW-374 U.S. Department of Agriculture

WILLIAMSON, D.L. AND VITE, J.P. 1971.
Impact of insecticidal control on the southern pine beetle population in east Texas.
J. Eco. Ent. 64(6):1440-1444

EFFET DU MELAMPSORA LARICI-POPULINA RACE E2 SUR LA CROISSANCE EN PEPINIERE DE DEUX PEUPLIERS INTERAMERICAINS

TERRASSON D., DEBOISSE G.
division Amélioration Génétique et Pépinières Forestières
Nogent sur Vernisson

RESUME

Une expérience a été mise en place pour évaluer l'impact d'une inoculation précoce de Melampsora larici populina race E2, sur la croissance en pépinières de 2 clones de peupliers interaméricains les clones "Unal" et "Rap". Il est apparu qu'il existait une forte différence de réceptivité dans le temps, et que le clone "Unal" ne pouvait être infecté avant le mois de septembre. Pour les 2 clones l'attaque de rouille a entraîné une diminution significative de croissance en hauteur, en circonférence et en poids. Les résultats font également apparaître l'importance de l'effet cumulatif dû à des attaques lors de 2 années consécutives.

Enfin, l'attaque de rouille en pépinière, a occasionné une perte totale de valeur commerciale pour le clone "Rap", et une réduction de 50 % pour le clone "Unal".

INTRODUCTION

L'étude de la sensibilité aux maladies foliaires du peuplier est très généralement entreprise à travers l'observation des symptômes de la maladie, dont on déduit une échelle de sensibilité permettant de classer les clones. Il reste ensuite à définir un (ou des) seuil(s) de sensibilité admissible au-delà duquel les clones seront éliminés. La fixation de ce seuil est complexe car elle nécessite une connaissance précise de l'impact de la maladie sur l'hôte (réduction de croissance, mortalité, sensibilisation à des parasites ou pathogènes secondaires,...), de la répartition dans l'espace et dans le temps du pathogène (fréquence des contaminations) et des risques encourus par les plantations préexistantes du fait d'une éventuelle modification des conditions de développement du pathogène (notion de foyer). Dans le cas d'une maladie connue, ce seuil peut être fixé par référence à des témoins dont le comportement a pu être étudié au champ, et que l'on peut replacer dans l'échelle de sensibilité. Cela suppose bien évidemment que les mêmes symptômes produisent les mêmes effets, ce que l'on peut admettre en première approximation tout en gardant à l'esprit les limites d'une telle hypothèse (MAURER et al. 1989).

Dans le cas d'une maladie nouvelle, ou d'une race spécifique dont on connait mal le pouvoir pathogène cette appréciation est beaucoup plus

délicate. La contamination du clone "Unal" sélectionné pour sa résistance au Melampsora larici populina par une nouvelle race appelée E2 (STEENACKERS 1982, De KAM et al 1984, PINON et al. 1984) a brusquement conduit les Instituts de Recherche à s'interroger sur l'opportunité d'interrompre la diffusion de ce clone. Au-delà de l'aspect spectaculaire d'une contamination par les rouilles et de l'inquiétude soulevée par le contournement d'une résistance supposée acquise, il existait peu d'éléments permettant d'apprécier l'impact de la maladie. Le CEMAGREF a donc cherché à mesurer en pépinière l'incidence d'une pression élevée d'inoculum de Melampsora larici - populina race E2, sur la croissance de deux hybrides P.trichocarpa x P. deltoïdes, les clones "Unal" et "Rap".

PROTOCOLE

1 - Dispositif

Le dispositif installé à la pépinière du Domaine des Barres (Loiret), comporte deux répétitions de trois modalités :

- témoin soumis à l'infection naturelle

- inoculation précoce du pathogène

- protection chimique par un fongicide.

Chaque parcelle unitaire installée à la densité de 8 333 plants par ha (1,2 m entre ligne et 1 m sur la ligne), comporte 30 plants mesurés plus deux rangées d'isolement. 30 plants supplémentaires sont interplantés dans chaque parcelle, et sont destinés à être prélevés en fin de première année pour des mesures pondérales.

Pour des raisons techniques, les parcelles unitaires ne sont pas randomisées, les modalités protégées assurant l'isolement entre modalités inoculées et témoins.

La protection chimique est assurée par des pulvérisations de MANEBE (concentration de 0,16 g/l) renouvelées toutes les 2 semaines. Afin d'assurer l'homogénéité de l'expérimentation, les modalités non protégées reçoivent dans les mêmes conditions une pulvérisation d'eau pure. Le choix de ce produit a été guidée par deux considérations : son efficacité testée antérieurement et son absence d'effet dépressif sur la croissance du peuplier en pépinière.

L'inoculation est réalisée par pulvérisation sur la face inférieure d'une feuille par plant, d'une suspension de spores (0,13 g/l soit environ 20 000 spores par ml) confectionnée avec un inoculum produit par le Laboratoire de Pathologie Forestière de l'INRA-NANCY.

2 - Notation

Les notations concernent en premier lieu l'évolution de l'infection. Toutes les feuilles de la tige principale de l'année sont notées pour chaque plant (RIDE, communication personnelle) selon un barême adapté à des contaminations légères qui comprend 6 classes de notation :

1 - pas d'infection

2 - moins de 10 urédosores par feuille

3 - 11 à 100 urédosores par feuille

4 - plus de 101 urédosores mais moins de la moitié de la surface foliaire infectée

5 - plus de la moitié de la surface foliaire infectée

0 - feuille tombée.

Une note de sensibilité est ensuite attribuée par pondération du pourcentage (Pi) de feuilles présentes dans chaque classe (i) de notation, par des coefficients issus d'une analyse factorielle des correspondances calculée sur le tableau des proportions de feuilles de chaque individu dans les différentes classes. Les coefficients correspondent aux coordonnées respectives de chaque classe sur le premier axe factoriel (JOANNES et PINON 1982) .

Cette méthode développée initialement pour l'étude du Marssonina brunnea , a ensuite été appliquée au cas des rouilles à Melampsora (C. VIENOT 1989). Dans le cas présent la note de sensibilité est calculée selon la formule suivante :

$$z = 0{,}80 * P_1 + 0{,}07 * P_2 - 0{,}86 * P_3 - 1{,}87 * P_4 - 2{,}43 * P_5$$

Pour en faciliter la lecture, la note est ensuite ramenée à une échelle plus classique étagée de 1 (immunité) à 5 (toutes les feuilles dans la classe maximale d'infection), par transformation linéaire, selon la formule :

$$N = - 1{,}24 * z + 1{,}99$$

Cette note de sensibilité est utilisée comme indicateur de l'évolution de la contamination (tableau 1). Elle n'intègre pas le pourcentage de défeuillaison, qui sera analysé parallèlement.

Les données biométriques concernent la hauteur totale mesurée par classe de 5 centimètres couverte, pour les plants de 2 ans la circonférence à 1 m mesurée au centimètre couvert, le poids frais des tiges coupées au collet.

DEROULEMENT DE L'ESSAI

1 - Evolution de la maladie

Les boutures ont été mises en place le 5 mai 1988, et la première inoculation a été faite le 11 juillet. Moins de 2 semaines après, les premiers symptômes apparaissaient sur les feuilles inoculées du clone "Rap" alors que sur "Unal" ces feuilles se nécrosaient progressivement puis chutaient sans apparition des urédosores.

Après une seconde inoculation réalisée le 8 août 1988 et restée sans résultat, la maladie ne s'est réellement développée sur "Unal" qu'à partir du mois de septembre à partir de l'inoculum diffusé en abondance par les parcelles voisines de "Rap".

En seconde saison de végétation la première inoculation a été réalisée le 8 juin 1989 dans les mêmes conditions que précédemment. Au bout de deux semaines les symptômes apparaissaient à nouveau sur "Rap" mais pas sur "Unal". Les inoculations ont donc été renouvelées le 6 juillet, et le 11 août, sur deux répétitions de 5 plants d'"Unal" et de "Rap". Les inoculations de "Rap" ont entraîné l'apparition des symptômes au bout de 8 jours. Sur "Unal" l'inoculation du 6 juillet est restée sans effet, mais la seconde a provoqué l'apparition des premières urédosores le 1er septembre soit après 3 semaines.

TABLEAU 1 - EVOLUTION DE LA CONTAMINATION
(Note de sensibilité sur une échelle de 1 à 5)

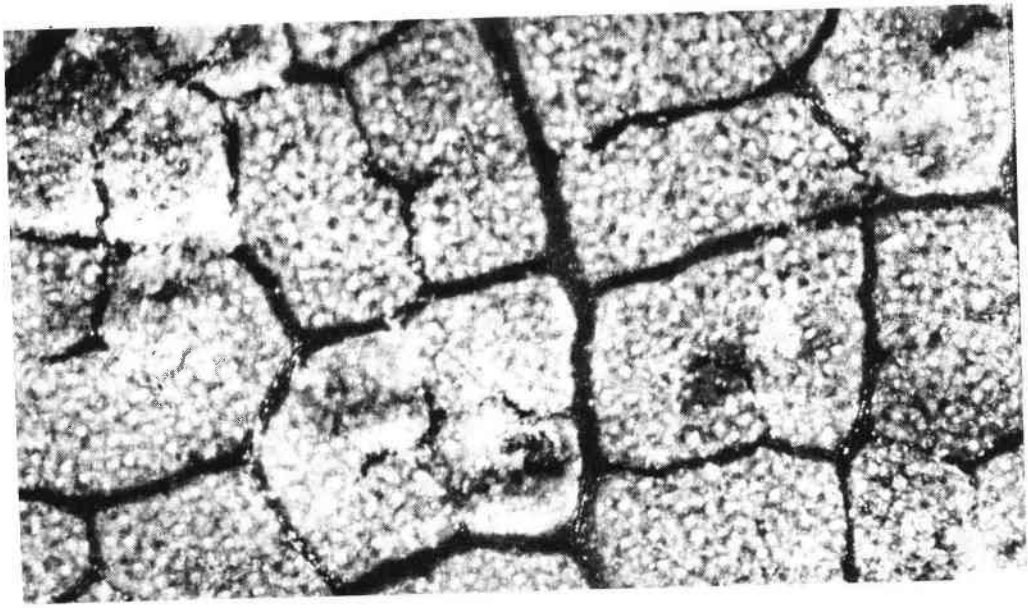
	6/9/88	27/09/88	8/9/89	25/9/89	6/10/89	27/10/89
clone RAP						
Inoculé	3,2 b	4,1 c	4,3 c	4,9 c	5 c	5 b
Témoin	2,7 a	4,3 b	2,7 b	4,3 b	4,7 b	5 b
Protégé	2,6 a	3,4 a	2,0 a	2,8 a	3,4 a	3,9 a
clone UNAL						
Inoculé	1 a	2,2 b	1 a	-	4,0 c	-
Témoin	1 a	2,3 c	1 a	-	3,6 b	-
Protégé	1 a	2,0 a	1 a	-	1,9 a	-

** Deux valeurs sont significativement différentes au seuil de 95 % selon le test de Tukey, si elles ne sont pas suivies d'une même lettre*

*** les différences significatives s'apprécient pour une date donnée entre les traitements appliqués à un même clone, mais pas entre clones.*

L'évolution de la maladie a donc été similaire pendant les 2 années sucessives pour le clone "Unal", alors que pour "Rap" l'inoculation plus précoce en seconde année entraînait une contamination un peu plus rapide de la modalité inoculée.

Unal ; apparition de nécroses sans développement du pathogène sur feuille inoculée



Unal ; développement des urédosores fin septembre

Rap ; contamination par
Melampsora larici-populina race E2

Défeuillaison prononcée du clone Rap
au début de septembre après inoculation artificielle

2 - Protection chimique

A la suite d'un retard dans la livraison du fongicide les pulvérisations de Manèbe n'ont pu être commencées la première année que le 8 août,après une première infection d'une importance toutefois très limitée. Malgré une fréquence élevée des traitements répétés toutes les deux semaines, et des conditions climatiques peu favorables pour le pathogène, la protection chimique s'est avérée très insuffisante notamment sur "Rap". Son effet se limite à un retard dans l'évolution de la maladie que l'on peut estimer à un peu moins d'un mois (tableau 1).

Cette efficacité très relative a conduit à s'interroger sur l'opportunité du choix du Manèbe. Une comparaison de l'efficacité de produits a donc été réalisé à nouveau par PINON et VIENOT en juillet 1988 dans le laboratoire de l'INRA-NANCY, qui a confirmé l'excellente efficacité du manèbe.En effet aux concentrations de 1,10 et 100 ppm, le manèbe a inhibé à 100 % la germination de spores de la race E2 de Melampsora larici populina sur le clone Unal, ainsi que du Melampsora allii populina sur le clone Boelare.

Ce produit a donc été utilisé à nouveau en 1989, en commençant les traitements dès l'inoculation, et en augmentant la fréquence, pour aboutir à 15 pulvérisations espacées en moyenne d'une semaine entre le 8 juin et le 18 octobre. Sous ces conditions la protection a été plus satisfaisante mais là encore très imparfaite.

Il semble que la discordance entre les résultats de laboratoire et de terrain puissent s'expliquer par l'absence d'effet curatif et la décomposition du produit actif en phase humide. Des expérimentations du Service de la Protection des Végétaux (BOUDIER, 1989) laissent à penser que d'autres produits pourraient avoir une efficacité très supérieure, mais ceux-ci ne pouvaient être utilisés faute d'une connaissance précise de leur impact sur la croissance du peuplier.

3 - Défeuillaison

Les nombres de feuilles tombées n'ont pas été estimés en 1988.

En 1989, les taux de défeuillaison ne sont jamais significativement différents entre modalités pour le clone "Unal" , alors qu'ils le sont dès le 8 septembre pour "Rap" (tableau 2). Pour ce second clone la défeuillaison complète n'est intervenue que le 17 novembre pour les plants protégés, soit un décalage de 4 semaines par rapport aux 2 autres modalités.

TABLEAU 2 - EVOLUTION DE LA DEFEUILLAISON ; POURCENTAGE DE FEUILLES TOMBEES SUR LA POUSSE TERMINALE EN SECONDE SAISON DE VEGETATION

	8/9/89	25/09/89	6/10/89	27/10/89
clone RAP				
Inoculé	34,3 b	66,7 b	81,3 c	96,0 b
Témoin	20,6 a	24,7 a	60,3 b	96,0 b
Protégé	18,9 a	21,6 a	28,2 a	34,8 a
clone UNAL				
Inoculé	-	-	20,7 a	-
Témoin	-	-	20,3 a	-
Protégé	-	-	18,6 a	-

** Pour une date donnée, deux traitements ne sont pas significativement différents au seuil de 95 % si les valeurs sont suivies par une même lettre.*

RESULTATS

1 - Croissance

L'analyse de variance sur les hauteurs mesurées après une ou deux années fait apparaître pour les 2 clones un effet traitement très significatif mais aussi une interaction sensiblement plus faible mais néanmoins significative avec le facteur bloc. Cette interaction est due à un manque d'homogénéité du site expérimental qui affecte particulièrement une des parcelles unitaires de la modalité témoin placée en extrémité du dispositif, ce qui limite la fiabilité des comparaisons de moyenne.

Sous ces réserves, on peut néanmoins noter que les plants protégés chimiquement ont dans tous les cas une croissance supérieure aux plants inoculés, alors que la modalité témoin présente un comportement intermédiaire (tableau 3).

Par ailleurs on note que l'accroissement en hauteur de "Rap" a été très fortement ralenti en seconde année pour l'ensemble des modalités ; il représente seulement 57 % de celui de la première année pour la modalité inoculée et 69 % pour la modalité protégée chimiquement.

Ce phénomène ne n'observe pas pour le clone "Unal", ce qui peut s'expliquer par la tardiveté de l'infection.

L'analyse de variance sur les mesures de circonférence à 2 ans fait apparaître un effet traitement significatif mais pas d'interaction avec le facteur bloc. La comparaison de moyenne est donc plus rigoureuse dans ce cas.

TABLEAU 3 - CROISSANCE EN PEPINIERE

	Hauteur à 1 an h1 (cm)	Hauteur à 2 ans h2 (cm)	h2 - h1 (cm)	Circonférence à 2 ans c2 (cm)
clone RAP				
Inoculé	138 b	217 b	79 b	3,8 b
Témoin	146 ab	232 b	86 b	4,5 a
Protégé	150 a	254 a	104 a	5,0 a
clone UNAL				
Inoculé	122 b	304 b	182 ab	5,3 b
Témoin	148 a	318 b	170 b	6,4 a
Protégé	154 a	347 a	193 a	7,0 a

** deux traitements ne sont pas significativement différents au seuil de 95 % selon le test de Tukey, si les valeurs sont suivies par une même lettre.*

En faisant varier la date d'inoculation du Marssonina brunnea sur 'I.214', PINON (1980) avait montré que seules les infections précoces provoquaient une réduction de croissance en hauteur, alors que toutes les infections mêmes tardives avaient un impact significatif sur le poids des tiges. Nous avons donc effectué des mesures pondérales, et cherché à évaluer la masse volumique des tiges. Le volume est difficilement mesurable, mais il est fortement corrélé avec le cube de la hauteur, et nous avons donc assimilé la masse volumique au rapport du poids frais divisé par le cube de la hauteur.

Pour les deux clones, les analyses de variance sur les mesures du poids et du rapport P/h^3 font apparaître pour les 2 années successives des effets très significatifs et pas d'interaction bloc - traitement. La réduction de poids de la modalité inoculée par rapport à la modalité protégée (tableau 4), est proportionnellement plus importante la seconde année que la première, pour les deux clones.

TABLEAU 4 - EVOLUTION DES POIDS FRAIS ET DES MASSES VOLUMIQUES

	Poids frais à 1 an P1 (g)	Poids frais à 2 ans P2 (g)	P1/(h1)3 (x0,00001)	P2/(h2)3 (x0,00001)
clone RAP				
Inoculé	69 b	258 c	79 b	3,8 b
Témoin	146 ab	232 b	86 b	4,5 a
Protégé	150 a	254 a	104 a	5,0 a
clone UNAL				
Inoculé	122 b	304 b	182 ab	5,3 b
Témoin	148 a	318 b	170 b	6,4 a
Protégé	154 a	347 a	193 a	7,0 a

** A une date donnée, deux traitements ne sont pas significativement différents au seuil de 95 % si les valeurs sont suivies par une même lettre.*

2 - Production commerciale

Bien que les conditions de production soient assez éloignées de l'optimum (médiocre fertilité de la parcelle expérimentale, culture peu intensive), il nous a semblé intéressant de chiffrer l'impact des rouilles en terme économique. Pour cela nous avons classé la production selon les catégories définies par le Fonds Forestier National, et estimé sa valeur en fonction du tarif défini par la circulaire ministérielle du 5 juin 1989 soit 16,50 F par plançon de catégorie A1, et 21,50 F par plançon de catégorie A2 (tableau 5).

TABLEAU 5 - PRODUCTION COMMERCIALISABLE

	Répartition de la production en pourcentage			Valeur de la production pour 1 000 boutures en F
	Rebut	A1	A2	
clone RAP				
Inoculé	100	-	-	0
Témoin	100	-	-	0
Protégé	100	-	-	0
clone UNAL				
Inoculé	59,2	31,5	9,3	7 197
Témoin	21,2	57,6	21,2	14 062
Protégé	8,5	54,2	37,3	16 962

Les conditions de cet essai ne permettent pas de conclure sur la rentabilité économique des traitements fongicides du fait de la faible efficacité du fongicide utilisé et de la fréquence des applications. Toutefois la comparaison entre modalités inoculé et témoin, nous montre que le seul fait de retarder l'infection, suffit à limiter considérablement l'impact économique de la maladie.

CONCLUSIONS

Malgré ses imperfections, cette expérience nous a d'abord permis de montrer que la réceptivité du clone "Unal" au Melampsora larici-Populina race E2 évoluait au cours de l'année, et que, contrairement à "Rap", il se trouvait à l'abri de toute infection antérieure au mois de septembre. Des attaques beaucoup plus précoces sur "Unal", ont malgré tout été constatées en Belgique et en Lorraine, sans que l'on connaisse d'explication précise à cette différence de comportement. Il en ressort cependant, que dans la Vallée de la Loire, la "sensibilité pratique" d'Unal à ce pathogène semble nettement plus faible que prévu. La sensibilité de "Rap" s'avère par contre très excessive.

En second lieu, il apparaît qu'une attaque de rouille entraîne un ralentissement limité de la croissance, mais surtout une perte de masse volumique. Il est vraisemblable que ceci traduit une diminution du stockage des substances de réserve, ce qui reste à démontrer par des analyses biochimiques plus fines. Cela expliquerait en tous cas, la forte réduction de croissance occasionnée par des attaques même tardives, répétées deux années consécutives.

Ces résultats ont été obtenus avec une seule race d'une des trois espèces de rouille des peupliers présentes en France, et sur seulement deux clones. Il reste donc à vérifier, le niveau d'impact des autres pathogènes sur la croissance de chacun des clones commercialisables. D'ores et déjà il apparaît cependant que pour le clone "Unal" des attaques similaires à celles rencontrées dans les conditions de l'expérience, risquent de se renouveler très régulièrement. Si celles-ci sont suffisamment tardives, il est vraisemblable que les conséquences économiques pour le pépiniériste resteront limitées. Par contre les plançons seront très certainement affaiblis, et donc très mal préparés pour supporter le choc physiologique de la transplantation. Le populiculteur risque alors d'en subir les contre-coups (mortalité, retard de croissance,...). Il en résulte qu'une lutte préventive contre les rouilles en pépinière semble fortement recommandable sinon indispensable .

BIBLIOGRAPHIE

ANSELMI, N. ET CELLERINO, G.P., 1978
Considérations sur des méthodes de relèvement de l'intensité d'attaque des rouilles sur peuplier -
FAO/CIP/MAL, 15 pp.

BOUDIER, B., CHAUVEL, G., 1989
Essai de mise au point de méthode de lutte : Brunissure des feuilles de peuplier, rouille du peuplier
rapport S R P V - 5 pp.

DE KAM, M., VAN DAM, B.C., PINON, J.ET GENETET, I., 1984
Variability in Melampsora larici-populina in France, Belgium and the Netherlands.
International Poplar Commission, 23 rd session working party on diseases, Ottawa, 5 pp.

JOANNES, H., PINON, J., 1982
Comparaison de deux méthodes d'estimation de l'infection de jeunes peupliers par le Marssonina brunnea (Ell. et Ev.) P. Magn.
Eur J. For. Path. 12, 87-96 pp.

MAURER, P., DREYER, E. ET PINON, J., 1989
Evolution de la photosynthèse du peuplier au cours d'un cycle d'infection par Marssonina brunnea : Comparaison de 3 clones
Ann. Sci. For., 44 (2), 135 - 152 pp.

PINON, J., 1976
Sensibilité des peupliers aux rouilles à Melampsora: méthode de notation et application à 2 essais
FAO/CIP/MAL, 4 pp.

PINON, J., 1980
Etude des composants phénotypiques de la résistance du peuplier à Marssonina brunnea
FAO/CIP/MAL - 5 pp.Marssonina brunnea - FAO/CIP/MAL - 5 pp.

PINON, J. ET BACHACOU, J., 1984
Existence de deux groupes d'isolats différents par leur pouvoir pathogène chez Melampsora larici populina Kleb.
Comptes rendus des séances Académie d'Agriculture de France 70, 114-122.

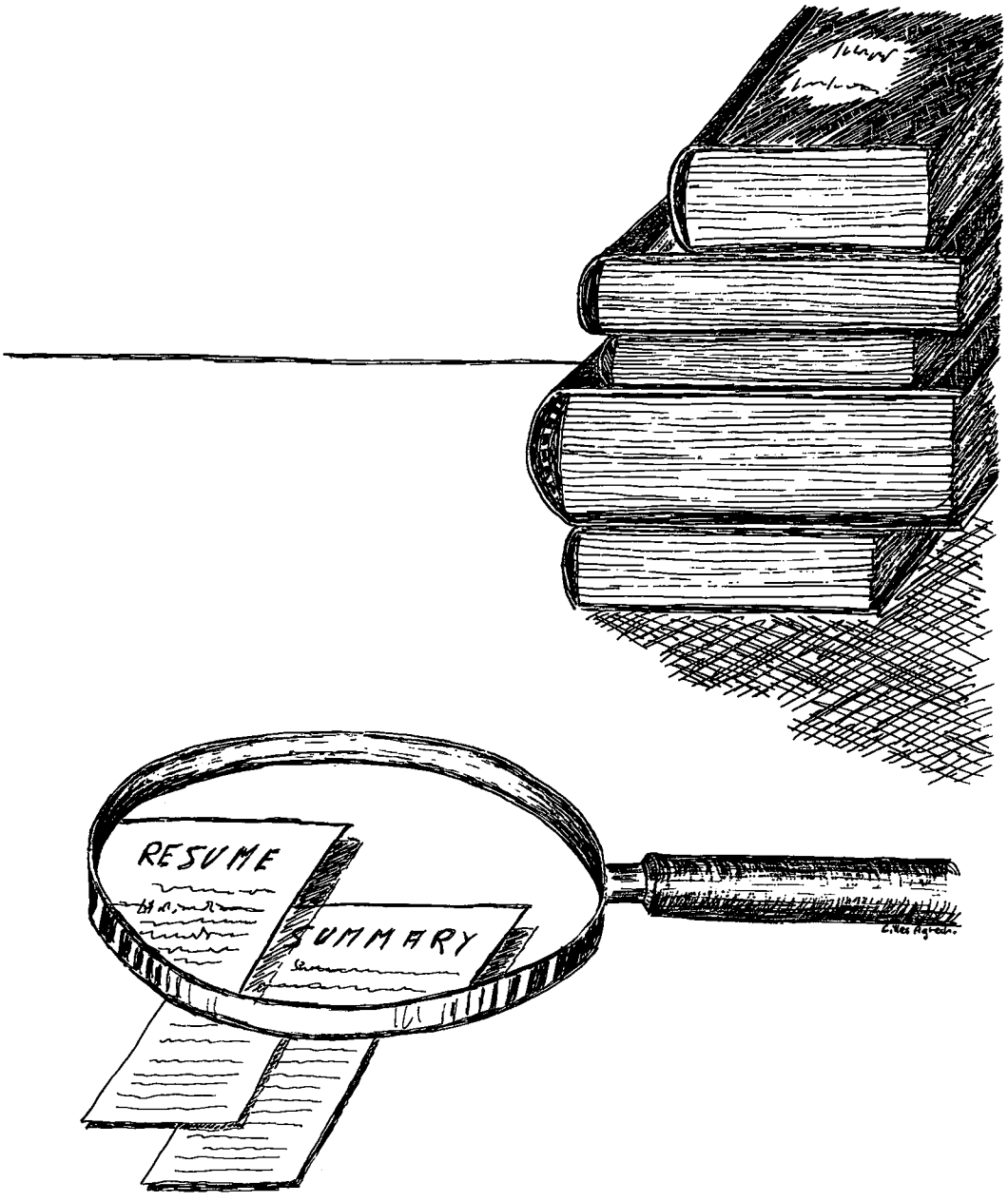
PINON, J., 1986
Les pathotypes de rouille sur peuplier.
Bulletin OEPP/EPPO 16, 585 - 588.

SOMDA, B., 1977
Rouilles à Melampsora des peupliers
mémoire ENITEF, 30 pp.

STEENACKERS, V., 1982
Nouvelle race physiologique de Melampsora larici- populina en Belgique.
FAO/CIP/MAL, 6 pp.

VIENOT, C., 1989
Variabilité de la sensibilité clonale aux maladies foliaires des espèces cultivées de peupliers
mémoire ENITEF - CEMAGREF, 63 pp.

5. Abstracts



LE BOUTURAGE DIRECT EN POPULICULTURE PERMET-IL UNE REDUCTION DES COUTS DE PRODUCTION ?

PLANTING POPLAR CUTTINGS STRAIGHT IN THE FIELD ; IS IT A SOLUTION TO REDUCE PRODUCTION COSTS ?

DEBOISSE G., TERRASSON D.
Forest Nurseries and Plant Genetics Division
Nogent sur Vernisson

The authors compare the traditionnal plantation technics for poplars, based on two years old set, with a cheaper method in which cuttings are put straight in the field at final spacing (7 m * 7 m).

It appears that this scheme is tecnically possible, provided that the clone is adapted and tending is highly intensive. But failure risk is high, and the heterogeneity of the plantation is increased. Moreover, the economic balance is negative in consideration of the increase of soil tending and pruning costs, and of the lengthening of the rotation.

Therefore cuttings should be used only in nursery, and for the establishment of short rotation coppice at narrow spacing.

TRAITEMENTS FRUCTIFERES DANS LES VERGERS A GRAINBES D'ARBRES FORESTIERS

STIMULATION OF THE FOREST SEED ORCHARDS PRODUCTIVITY

VALADON A., PHILIPPE G.
Forest Nurseries and Plant Genetics Division
Nogent sur Vernisson

The French state seed orchards program must quickly allow the planters to take advantage of the tree improvement results. Still, natural fructification is insufficient to meet the market demands. This justifies the researches carried out by the CEMAGREF with a view to hasten and to increase the seed orchards productivity.

Available techniques aim at :

- encouraging flowering. Good results have been obtained with cultural treatments (such as nitrogen fertilization, girdling, root-pruning) and hormonal treatments (stem injections of gibberellins 4/7). The efficiency of these techniques strongly depends on their synchronization with the floral differenciation stage ;

- improving pollination conditions. One can apply pollen artificially to female flowers when pollen production within the orchard is too low ;

- allowing a good development of the ovules into seeds, particularly by protecting the future seeds against cone and seed pests.

Finally, one should emphasize that these techniques, first carried out to increase seed production, can also be used to improve seed quality.

AGROFORESTERIE MODERNE EN AUVERGNE PRINCIPES ET PREMIER BILAN D'UNE EXPERIMENTATION MULTILOCALE

MODERN AGROFORESTRY IN AUVERGNE PRINCIPLES AND FIRTS RESULTS OF A MULTILOCAL EXPERIMENTATION

J.L. GUITTON, F.X. de MONTARD*, H. RAPEY
Forest Management and Engineering Division
Clermont-Ferrand

A modernized agroforestry based on the association on the same land of trees and agriculture (including rearing), for quality productions can become to morrow a scheme of farming production and diversification. For that, there is a need of renovation in integrating the main technical and genetical progresses.

The article presents the process of two teams of CEMAGREF and INRA Clermont-Ferrand to construct a model of tree culture for quality timber inside grazed pastures and the experimentation in Auvergne.

The model consists in the plantation of around one hundred forest species seedlings adapted to site conditions, fast growing and veneer production inside a grazed pasture. Trees are protected during the first years by hight plastic tubes (1,8 to 2,5 m) solidly staked. With a real tree culture, based on prunings, one will produce straight, sound and knot-free, 4 to 6 m long logs.

Trials are set up on various public lands to cover a large range of soils and elevations to test different species and herds.

Growth results are rather good; accidents in tree shape and dammages are dealt with in a first analysis.

* Grassland Functionning and Management research unit Clermont-Theix

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA CROISSANCE ET DE LA NUTRITION MINERALE DU PIN LARICIO DE CALABRE EN PEPINIERE

CONTRIBUTION IN STUDY OF GROWING AND MINERAL NUTRITION OF CALABRIAN PINE IN NURSERY

C. ARGILLIER
Mediterranean Forestry Division
Aix en Provence

This study takes part in the improvement of container-grown mediterranean seedlings fertilisation. This experiment aims to asses which nitrogen source allows best nursery growth for seedlings of Pinus nigra subsp. laricio var. calabrica.

Growth in height, biomass, and N, P, K concentrations in shoots and roots ware compared on plants fertilised with three complete nutrient solutions containing nitrogen as NO_3, NH_4 or in a 1/1 NO_3 : NH_4 combination.

Use of ammonium nutrient solution allowed after one year to improve seedling biomass and height growth. Improvement reached 20% compared with the two other nutrient solutions. N and P additional absorption with ammoniacal source mainly results in growth increase.

EVOLUTION DE LA PRESSION D'ABROUTISSEMENT DU CHEVREUIL EN FORET DE DOURDAN

EVOLUTION OF ROE DEER BROWSING PRESSURE IN THE FOREST OF DOURDAN

BALLON P., GUIBERT B., HAMARD J.P., BOSCARDIN Y.
Game Management Division
Nogent sur Vernisson

The forest of Dourdan is a broadleaved forest located in the center of France. The main sylvicultural treatment is an oak coppice with standards.

The level of roe deer abundance has been assessed since 1980 from the KIA method. In the same time, a survey of roe deer browsing pressure on the forest vegetation has been done.

The supply of browse plants and its use by roe deer was investigated through the Aldous' method. Three inventories have been carried out at the end of the winter (april 1985, 1989 and 1991). The evolution of oak seedling density has been compared in fenced areas and opened plots.

Roe deer browsing pressure involves some changes in the availability of the different plants. Some species (Ligustrum vulgare) have completely disappeared. Some other plants seem to extend, either because they are rarely browsed (Lonicera peryclimenum) or because the sylvicultural management promotes their growth (Quercus sessiliflora). The rates of bramble browsing frequency shows a similar evolution as the variations of roe deer population.

The natural reforestations of sessile oak aren't damaged despit the high level of roe deer abundance.

OUVERTURE DE PLANTATIONS RESINEUSES AU PATURAGE
PREMIER ESSAI, PRINCIPES ET MODALITES DE MISE EN PLACE

OPENING OF CONIFEROUS STAND FOR GRAZING : FIRST TRIAL, PRINCIPLES AND MODALITIES FOR SETTING UP

J.L. GUITTON, F.X. de MONTARD*, H. RAPEY
Forest Management and Engineering
Clermont-Ferrand

The experimentation of opening of coniferous plantations for grazing is the second item of the agroforestry program. It has in two years largely passed beyond the stage of the first trial of Manson where grass was obtained with a lot of cares under heavily spaced spruces.

This article details Manson experimentation, the different tested treatments : soil cultivations, mixtures of grass and legumes species, sowed doses and fertilisations. It analyses the results of the years 1990 and 1991.

From the experience of the three current trials with douglas fir and common spruce, are deduced the leading principles for grazing introduction into young coniferous stands, as well as a practical method. The association grass-tree is a transitional spell in the stand life which takes place in a dynamical silviculture and produces complement forrage for the farmer.

* Grassland functionning and management research unit - Clermont-Theix

ELABORATION D'UNE METHODE D'EVALUATION DU RISQUE D'INCENDIE DE FORET

SETTING UP A METHOD FOR EVALUATION OF FIRE RISKS IN FOREST

A. MAILLET
Mediterranean Forestry Division
Aix en Provence

Fire agencies already have fire weather predicting systems ; they also look forwards to a method allowing to determine fire risk aeras, i.e. aeras at stake as regards people's safety and patrimony protection.

To meet this purpose, the Mediterranean Forestry Division in AIX EN PROVENCE is developping a practical tool for studying spatial variability of risk. This study takes into account human and natural environment factors, which determine fire outbreak and spread as well as potential damage level.

Numerous and complex parameters have to be analysed and combined elaborated means of date processing such as remote sensing techniques and Geographic Information Systems, must be used.

DES INJECTIONS DE GIBBERELLINES 4/7 ASSOCIEES A DES ANNALATIONS D'ECORCE STIMULENT LA FLORAISON D'UN VERGER D'EPICEA COMMUN

GIBBERELLINS 4/7 INJECTIONS COMBINED WITH GIRDLING STIMULATE FLOWERING IN A NORWAY SPRUCE SEED ORCHARD.

G. PHILIPPE
Forest Nurseries and Plant Genetics Division
Nogent sur Vernisson

This study synthesizes the results from 2 flowers induction experiments carried out within a 12 years old Norway spruce seed orchard. The first trial includes grafts of medium height having already flowered without induction treatments whereas the second one contains vigorous grafts, top-pruned or not, so far non-productive.

In both experiments, gibberellins 4/7 injections combined with girdling strongly exhauced male and female flowering without reduction of seed set or seed viability. In the same conditons, a standard seed orchard would produce 13 kg and 1.6 kg of seeds per hectare respectively with and without treatment. On the other hand, girdling alone proved inefficient.

Moreover, though top-pruned tree bear less cones than non pruned grafts, the difference is not statistically significant.

BILAN D'UNE PREMIERE ANNEE DE TRAITEMENT CHIMIQUE DE BOIS ABATTUS CONTRE LES ATTAQUES DE SCOLYTIDES

TRAITEMENT AVANT ET APRES INFESTATION DES RONDINS

PRELIMINARY RESULTS OF CHEMICAL TREATMENTS ON CUT LOGS AGAINST BARK BEETLE ATTACKS

TREATMENT BEFORE AND AFTER INFESTATION OF LOGS

F-X SAINTONGE, C-B MALPHETTES, B BOUTTE*
Forest Management and Engineering Division
Nogent sur Vernisson

At present, in France, there is no registered commercial product to control bark beetle attacks on cut logs.

The authors describe a method which allows one to verify quantitively the effects of insecticide treatments applied before the entry of insects under the bark or before the exit of adults of the new generation.

The targeted insects were the pine shoot beetle (*Tomicus piniperda*) and the six-toothed bark beetle (*Ips sexdentatus*) on pine and the eight-toothed spruce bark beetle (*Ips typographus*) on spruce .

The assays were carried out with pyrethroids liable to be registered and we can see that the results obtained during this study were excellent for the pine bark beetles. However, further studies must be carried out for the spruce bark beetle because, no doubt, the used substracts did not suit the insect.

* Forest Health Department Unit Clermont-Ferrand

EFFET DU MELAMPSORA LARICI-POPULINA RACE E2 SUR LA CROISSANCE EN PEPINIERE DE DEUX PEUPLIERS INTERAMERICAINS.

IMPACT OF MELAMPSORA LARICI POPULINA RACE E2 ON THE GROWTH IN NURSERY OF TWO POPLARS CLONES

TERRASSON D., DEBOISSE G.
Forest Nurseries and Plant Genetics Division
Nogent sur Vernisson

A trial has been established at Nogent/Vernisson (Loiret) in order to measure in nursery the consequencies of an early infection by Melamposora larici-populina race E2 on the growth of two poplar clones "Rap" and "Unal" (hybrides Populus trichocarpa * Populus deltoïdes). Strong differences were observed between the two clones, regarding the evolution of susceptibility during the year. The infection started on "Rap" in july, but only after 1st of september for "Unal". For the two clones, significative decrease of height, diameter and weight were observed after inoculation by Melampsora larici-populina. It seems that the pysiological impact of the pathogen is highly enforced by the cumulative effect of the attack during two consecutive years.

After two years of infection, the commercial value was reduced by 50 % for "Unal", and 100 % for "Rap".

Photo de couverture (J-L. Guitton), chêne pédonculé centenaire isolé dans la forêt de chênes têtards d'Ostabat (64)

Imprimé en France. - JOUVE, 18, rue Saint-Denis, 75001 PARIS
N° 204304 Dépôt légal : Août 1992

"Etudes" du CEMAGREF, série Forêt n° 9, **Annales 1991 - Département Forêt,** 1992 , 1re édition, ISBN 2-85362-291-6, ISSN 1158-9906. Dépôt légal 3e trimestre 1992 - Coordonnateur de la série : Jean-François Lacaze, chef de département. Photo de couverture : Jean-Luc Guitton, CEMAGREF - Impression : Imprimerie Jouve, Mayenne - 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 Laluas, 63200 Riom, tél. : 73 30 20 52 . Diffusion aux libraires : TEC et DOC, 14 rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex, tél. : (1) 47 40 67 00
Prix : 200 F TTC