



HAL
open science

Annales 1990 : département Forêt

J.F. Lacaze

► **To cite this version:**

J.F. Lacaze. Annales 1990 : département Forêt. Cemagref Editions, pp.267, 1991, Coll. Etudes du Cemagref, série Forêt, n° 6, 2-85362-242-8. hal-02576796

HAL Id: hal-02576796

<https://hal.inrae.fr/hal-02576796>

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.

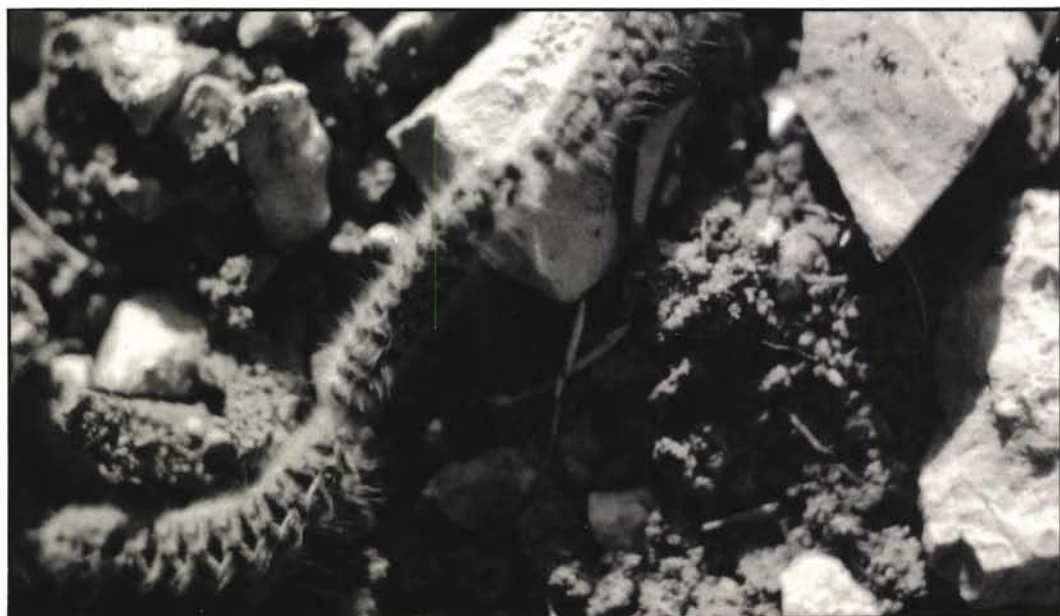
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ETUDES

Forêt

PUB00003594

n° 6



Annales 1990
Département Forêt



CEMA GT 31-2

GREF

ANNALES 90

Département Forêt



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

GT DE CLERMONT-FERRAND
Domaine de Lалуas
63200 Riom
Tél. : 73.38.20.52 • Téléc : 391 639 F
Télécopie : 73.38.76.41

Collection **ÉTUDES** série Forêt

N° 1 - Annales 1988, du département forêt

N° 2 - Le Massif Central Cristallin. Analyse du milieu - Choix des essences - Alain Franc

N° 3 - Les stations forestières du pays d'Othe - Denis Giraud

N° 4 - Culture d'arbres à bois précieux en prairies pâturées en moyenne montagne humide - J.-L. Guitton, G. Brethière, S. Saar

N° 5 - Annales 1989, du département forêt

N° 6 - Annales 1990, du département forêt

Autres séries de la collection **ÉTUDES**

Ressources en eau

Hydraulique agricole

Équipement des IAA

Production et économie agricoles

Machinisme agricole

Montagne et zones défavorisées

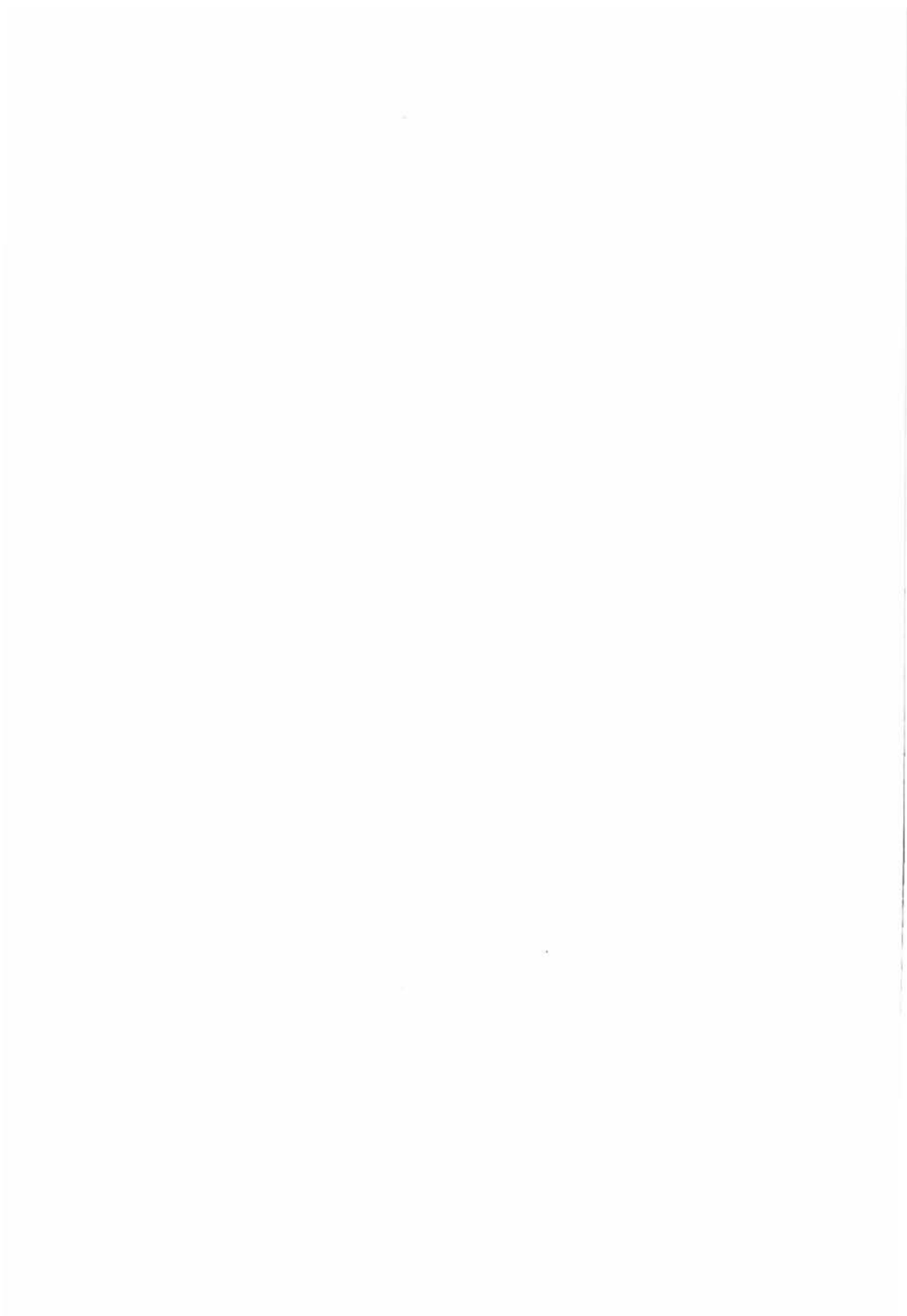
Le CEMAGREF est un organisme de recherches dans les domaines de l'eau, de l'équipement pour l'agriculture et l'agro-alimentaire, de l'aménagement et de la mise en valeur du milieu rural et des ressources naturelles.

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

Le département Forêt en 90	9
Publications de l'année 90	21
Notes d'informations techniques	53
Notes et analyses	127
Résumés/Summaries	241

ENGLISH FOREWORD

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

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

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

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

INTRODUCTION

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

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

Cette troisième 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 français et en anglais dans le dernier chapitre.

1. Le département forêt en 1990

Effectifs du département Forêts au 21 juin 1991

Groupement Division ou Section	Chercheurs	IGREF	Ingénieurs contractuels	ITEF	Techniciens et ouvriers profession.	Administratifs
Aix-en-Provence Forêt méditerranéenne	1	3	-	1	4	1
Clermont-Ferrand Techniques forestières (moyenne montagne)	-	2	2	-	3	-
Grenoble Protection phytosanitaire de la forêt	-	-	3	-	1	1
Nogent-sur-Vernisson Amélioration génétique et pépinières forestières	-	2	2	2,5	5	1
Protection phytosanitaire de la forêt	1	-	-	-	1	-
Techniques forestières	-	1	3	1	3	2
Espace naturel et faune sauvage	-	2	3	1	3	1
Bordeaux (Typologie)	-	1	-	-	1	-
	2	11	13	5,5	21	6

Les implantations des divisions du département Forêts

Groupements

Aix-en-Provence

Clermont-Ferrand

Grenoble

Nogent-sur-Vernisson

Divisions ou sections

Forêt méditerranéenne

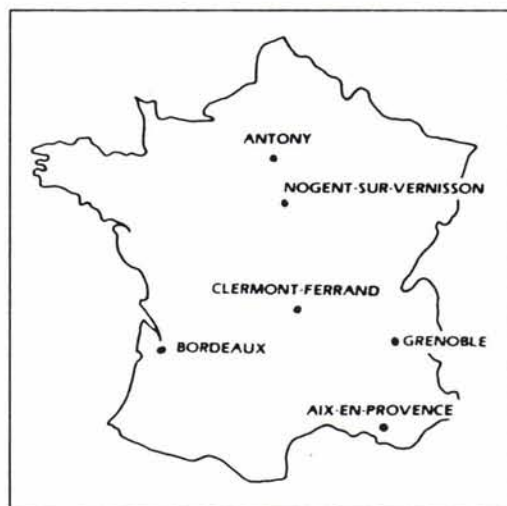
Techniques forestières (moyenne montagne)

Protection phytosanitaire de la forêt

Amélioration génétique et pépinières forestières

Protection phytosanitaire de la forêt

Techniques forestières
Espace naturel et faune sauvage



Les huit programmes du département "Forêts" 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.

La description de ces programmes ayant été faite dans les annales précédentes, il est apparu intéressant pour 1990, de laisser la parole aux chefs de programme :

ils vont dans les pages suivantes en quelques lignes vous indiquer les faits marquants de l'année écoulée et les modifications essentielles d'orientation.

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 DESCRIPTION DU MILIEU ET EVALUATION DE SA PRODUCTIVITE

L'année 1990 a été marquée par une inflexion nette de l'activité du programme vers deux thèmes situés à l'aval des études strictes du milieu, pour lesquels la demande des gestionnaires forestiers tant publics que privés est forte :

- les relations station - production
- les études d'autécologie, notamment en région méditerranéenne

L'objectif de ces deux recherches est variable selon les peuplements retenus :

□ **Pour les résineux** sociaux en peuplements purs, équiennes et fermés, on dispose avec les lois de Eichhorn des fondements dendrométriques nécessaires pour mener à bien les travaux . Le CEMAGREF réalise des études de faisabilité (sapin et épicéa dans les Hautes Cévennes, pin noir d'Autriche dans les Alpes sèches méridionales, pin Laricio dans les Cévennes notamment) et à terme veut proposer aux organismes de développement les outils qui leur permettront de réaliser en routine et à un coût raisonnable ces études.

□ **Pour les feuillus**, des problèmes méthodologiques importants, d'ordre divers, rendent plus difficiles la réalisation de ces études ; ce sont :

- la méconnaissance de l'évolution des peuplements mélangés
- l'obligation pour les feuillus de prendre en compte la qualité du bois, qui est une donnée multifactorielle.

Des travaux plus méthodologiques ont donc été entrepris pour avancer sur ces problèmes, en coopération avec plusieurs équipes de l'INRA.

PROGRAMME PROTECTION PHYTOSANITAIRE

L'activité de la Division s'est principalement focalisée sur la préparation des textes et de l'iconographie de deux ouvrages :

- le chapitre 5 "**Protection Phytosanitaire**" du "**Guide du forestier méditerranéen français**", qui comprend 45 fiches illustrées.

- "**La Forêt et ses ennemis**" - 400 p. 88 monographies sur les insectes ravageurs et les maladies de la forêt.

* Le premier s'insère dans un vaste ensemble touchant tous les aspects actuels liés à l'aménagement, la gestion et la protection de la forêt méditerranéenne.

Le chapitre 5 de ce guide est constitué de 45 fiches comportant un texte simple, une photographie en couleur de présentation de chaque insecte ravageur et maladie sévissant en zone méditerranéenne et une série de dessins présentant des aspects particuliers pour chaque cas (dégâts symptômes spécifiques...)

* Le second, beaucoup plus général et développé, est constitué de 88 monographies abondamment illustrées sur les principaux problèmes entomopathologiques rencontrés dans les forêts françaises feuillues et résineuses. Elles détaillent les éléments de biologie et d'écologie utiles pour appréhender dans chaque cas la nature et l'importance des dégâts et pour juger de l'opportunité d'intervenir ; plus que des méthodes de lutte sous forme de recettes, sont conseillées des stratégies d'intervention.

Ces deux ouvrages constituent une restitution auprès de la communauté forestière française de l'expérience acquise par les deux auteurs pendant 20 années, au contact permanent des gestionnaires de la forêt publique et privée.

PROGRAMME RELATION FORET-GIBIER

Si le programme reste toujours orienté sur l'analyse des relations forêts/cervidés, la prise en compte de la grande faune sauvage dans l'aménagement forestier et l'intégration du paysage dans le reboisement et équipements linéaires sont également du domaine forestier en examinant les possibilités de recours à l'exploitation de la faune sauvage comme outil de diversification des utilisations du territoire rural.

Les premières approches mettent en évidence plusieurs points :

- * l'exploitation de la faune ne passe pas par le seul exercice de la chasse ; parcs de vision, chasse photographique, élevage semi extensif,...sont d'autres possibilités ;

- * les retombées économiques des régions françaises privilégiées en matière de chasse ne sont pas négligeables tant dans le secteur tertiaire qu'en valorisation du foncier ;

- * il existe, selon les spécialistes du tourisme cynégétique, une demande potentielle qu'il paraît possible de quantifier pour des domaines de chasse de haute qualité ainsi que pour des territoires de moindre niveau utilisés pour des journées de chasse. Certains points de droit et de culture constituent autant d'obstacles à surmonter ;

- * le démarchage, la "captation" et la fidélisation de la clientèle potentielle exigent la disposition de territoires suffisamment vastes, aménagés pour supporter un niveau de gibier élevé et des structures d'accueil et de service de qualité ;

Le programme s'efforce maintenant d'étudier ces différents points en quantifiant la demande, analysant les solutions techniques et économiques tant sur le plan de la faune sauvage que du milieu d'accueil, recherchant les solutions contractuelles ou juridiques adaptées et en réalisant des opérations-pilotes en vraie grandeur, avec les partenaires habituels (INRA) ou potentiels.

PROGRAMME PROTECTION DES FORETS CONTRE L'INCENDIE

En 1990, ce sont près de 3 300 feux qui ont ravagé une surface d'environ 55 000 ha dans les quinze départements du midi-méditerranéen dont 27 000 ha dans le seul département du Var. Sur l'ensemble de ce territoire plus de 65 % de la surface totale a été parcourue en 3 jours : le 17 août, le 21 août et le 21 septembre. L'année 1990 s'inscrit dans la liste des années de grands incendies où la surface parcourue dépasse 40 000 ha comme 1970, 1979, 1982, 1983, 1985, 1986 et 1989.

Le CEMAGREF a donc décidé de participer à l'effort général entrepris pour protéger les espaces boisés méditerranéens en développant ses activités dans le domaine de la protection des forêts contre l'incendie.

Après la publication en 1989 du Chapitre "protection des forêts contre l'incendie" du Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français, rédigé par Jean de MONTGOLFIER, l'effort a porté sur quatre actions :

- formation des pompiers et forestiers en s'appuyant sur cette publication,
- information à caractère scientifique et technique grâce au centre de Documentation Forêt Méditerranéenne et Incendie, installée dans les locaux du Groupement d'Aix en Provence,
- définition d'une nouvelle opération de recherche-développement à conduire avec un ingénieur du GREF et un technicien des TEF à partir du début de l'année 1991,
- appui technique aux services du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, à l'Office National des Forêts, à la Délégation à la Protection de la Forêt Méditerranéenne et à l'Entente Interdépartementale en vue de la protection des forêts contre l'incendie.

L'opération "noyau dur" du programme porte sur la mise au point d'une méthode d'évaluation du risque d'incendie permettant de déterminer les critères à prendre en compte pour établir la cartographie des zones sensibles, compléter les études de typologie de stations forestières et définir les caractéristiques des grandes coupures agricoles.

Cette opération bénéficie des aides financières de la Communauté Economique Européenne à travers le programme Intégré Méditerranéen, de l'Etat à travers les crédits du Conservatoire de la Forêt Méditerranéenne et du Conseil Régional Provence Côte-d'Azur. Elle permet d'apporter une contribution efficace aux actions de protection et de mise en valeur des espaces boisés méditerranéens en créant de nouveaux outils directement applicables par les représentant des différents organismes forestiers.

PROGRAMME AMELIORATION GENETIQUE DES ARBRES FORESTIERS

Pour le gestionnaire de vergers à graines, 1990 est de toute évidence un bon millésime puisque les récoltes y furent les plus importantes, toutes espèces confondues, depuis leur création. Malgré de médiocres rendements en graines, aussi bien en peuplements naturels, d'ailleurs qu'en vergers, 70 kg de graines de Douglas, 17 kg d'Epicea commun, 85 kg de Pin Laricio de Corse et 170 kg de Pin maritime ont été récoltés sur 70 ha, soit sur à peine 25 % de la surface totale des vergers du programme public.

Ces bonnes récoltes ont permis d'initier deux tests d'homologation. Pour les vergers franco-danois de Douglas Darrington et d'Epicea Rachovo installés dans un site potentiel de reboisement, ils visent à confirmer les calculs théoriques de l'INRA et à quantifier la supériorité de la graine de verger par rapport à des témoins de bonne qualité. Des résultats de ces tests, qui interviendront dans une douzaine d'années, dépendra l'accession du matériel de reproduction issu de ces vergers à la catégorie "contrôlée", matérialisée par une étiquette bleue.

En matière d'induction florale, il s'avère que les traitements hormonaux sont très efficaces quand leurs effets se manifestent lors d'une bonne année de floraison. Ainsi, sur Douglas, les injections de gibberellines 4/7 ont entraîné une augmentation de 50 % du nombre de cônes par arbre alors que la production était naturellement forte. Effectués à grande échelle, ils auraient permis d'accroître le rendement en graine de 34 à 52 kg par hectare. En ce qui concerne l'Epicea commun, les résultats sont également satisfaisants puisque les deux tiers des cônes récoltés en 1990 proviennent d'arbres ayant subi un traitement hormonal alors que ceux-ci représentaient seulement 10 % de l'effectif total.

Enfin, la floraison abondante du Mélèze du Japon, alliée à des conditions climatiques favorables durant la pollinisation, a autorisé la récolte de 1,3 kg de pollen sur 120 arbres greffés. Pour la troisième année consécutive, l'aspirateur à pollen a donné satisfaction et on peut considérer à présent qu'il est opérationnel. Le pollen obtenu a été utilisé d'une part pour la production de graine hybride (*Larix eurolepis*) et d'autre part, pour tester un prototype destiné à la pollinisation du parent femelle.

PROGRAMME METHODE D'ELEVAGE DU MATERIEL VEGETAL

La principale réalisation de 1990, est la signature d'un contrat de cession à la Société GREGOIRE et BESSON des droits attachés à la fabrication d'un nouveau modèle de repiqueuse mis au point par la division Amélioration Génétique et Pépinières Forestières.

Les machines à repiquer utilisées en pépinières forestières ont été conçues pour les besoins de l'agriculture. Elles sont prévues pour de faibles profondeurs de repiquage, et elles entraînent fréquemment de graves déformations racinaires. Ces déformations sont dues au déplacement relatif du plant et du terrain naturel pendant le repiquage. Un appareil probatoire qui élimine ce mouvement a été mis au point, et les résultats acquis ont motivé l'établissement d'un brevet de protection industrielle. De plus, l'évolution récente des critères de qualité de certains produits agricoles (poireaux, tabac....) ont ouvert un marché complémentaire pour cette machine.

Les travaux effectués à Aix-en-Provence sur la zone méditerranéenne sont en cours de réorientation.

Après une étude détaillée des facteurs qui conditionnent la production des plants en conteneurs, les travaux concernent l'étude de la nutrition des plants forestiers. Ceci intègre d'une part la nutrition minérale (forme de l'azote notamment), mais aussi la mesure des effets de différentes souches de mycorhizes sélectionnées par l'INRA. A terme, l'enjeu consiste à déterminer les critères de qualité des plants mesurés à partir de l'activité photosynthétique et de l'absorption des principaux éléments minéraux. En cherchant à atteindre des objectifs généraux tels qu'un taux de reprise élevé et une croissance rapide, il s'agit d'apprécier la capacité du plant à résister au stress de la transplantation en climat méditerranéen et de mobiliser dans un sol souvent pauvre les éléments minéraux nécessaires à sa croissance.

PROGRAMME CREATION ET CONDUITE DE PEUPELEMENTS

L'objectif de ce programme est la mise au point et le développement de **techniques** dans le domaine de la création et de la conduite des peuplements forestiers. Certes, tous les aspects ne sont pas abordés; les divisions concernées par ce programme s'attachent surtout à des travaux d'expérimentation dans le cadre du **reboisement** artificiel (fertilisation, choix des plants, technique de semis direct, paillage, ...) avec une attention particulière pour l'emploi des **phytocides** pour la préparation et l'entretien des reboisements. Enfin, de nombreux dispositifs d'essais ont été installés pour étudier la réaction des peuplements (résineux et feuillus) aux premières éclaircies.

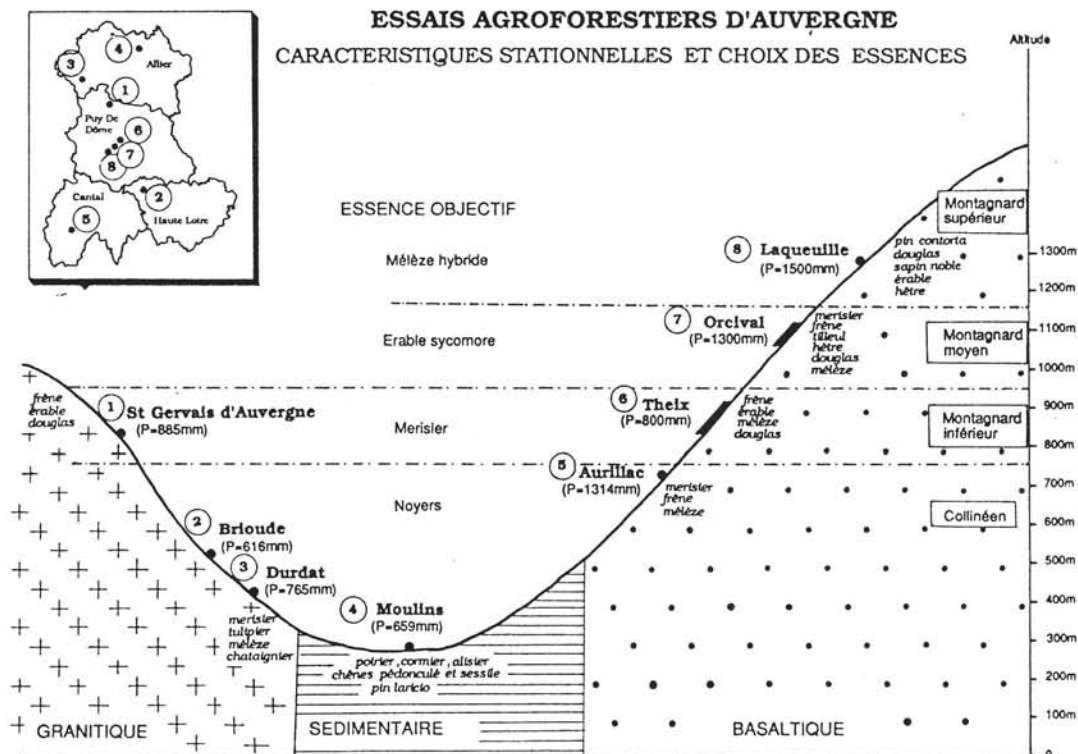
Au cours de l'année 1990, une étude lourde sur l'utilisation des plants en mottes ou en conteneurs a débuté. L'utilisation en France (hors région méditerranéenne) de tels plants est récente (moins de 10 ans). Ces plants présentent après un an d'élevage en mottes ou conteneurs de faible volume ($< 150 \text{ cm}^3$), des déformations racinaires importantes : il convient d'évaluer les conséquences à long terme de ces déformations sur l'équilibre mécanique ou physiologique des plants après plantation. L'étude menée sur 3 essences (pin laricio, pin maritime, douglas), comporte 2 phases : l'une correspondant à l'analyse de dispositifs d'essais installés sur ce thème il y a 5 ou 6 ans ; la deuxième phase consiste à une enquête statistique dans des reboisements non expérimentaux âgés entre 5 et 10 ans. Des arrachages de plants sont effectués et les systèmes racinaires décrits et analysés. Une typologie des architectures racinaires rencontrées est prévue ainsi que des propositions de normalisation de ces plants.

Cette opération est menée à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt ; elle est réalisée en collaboration avec les acteurs du programme "Méthode d'élevage du matériel végétal forestier".

PROGRAMME AGROFORESTERIE

Avec l'installation de quatre nouveaux sites au printemps 1990, le réseau auvergnat de plantations d'arbres à bois précieux en prairies pâturées est complet : il comprend maintenant quarante cinq hectares répartis en huit sites, qui représentent les principales configurations de sols et de climats d'Auvergne. Sur le schéma ci-dessous, on distingue :

- les terrains sédimentaire, granitique et basaltique,
- les étages de végétation collinéen et montagnards inférieur, moyen et supérieur.



Dans chaque site, sont implantées une comparaison de densités (200, 100 et 50 tiges/ha, ainsi qu'une densité forestière dans trois cas) avec l'essence objectif et une comparaison d'essences intéressantes à la densité de 100 tiges/ha. Ces prairies sont pâturées par des vaches laitières ou allaitantes et par des moutons.

L'observation annuelle de ces quelques 4 610 arbres fournira de précieuses indications sur leur réactions aux tubes-abris, leur croissance en plein découvert dans des milieux fertilisés, sur les comportements des troupeaux.

PROGRAMME FORET MONTAGNE (Département Montagne)

Pendant l'année 1990, un gros travail de réflexion et de proposition a été conduit à trois niveaux :

- **Européen**, dans le cadre du travail préparatoire à la Conférence Pan-Européenne sur la protection des forêts, qui s'est déroulée à Strasbourg les 18 et 19 décembre derniers.

Six propositions ont été retenues dont une concernant les forêts de montagne. C. RUPE a préparé les propositions concernant cette partie et a participé à la dite Conférence à titre d'expert.

- **Régional**, à travers la participation à l'élaboration d'un projet fédérateur de la recherche forestière en Rhône-Alpes.

- **Interne**, à la suite de l'évaluation du programme "*Fonctions de protection du couvert végétal*", la Direction des Programmes a demandé des propositions concernant le développement de la "cellule" Forêts et l'évaluation des besoins en personnel et des coûts financiers correspondants.

Le travail de thèse de S. DARRACQ concernant la Dynamique de la Végétation dans les Alpes du Sud se poursuit par l'exploitation des données du milieu, une campagne de mesures dendrométriques, la réalisation d'un système relationnel de gestion des bases de données.

Le programme "Stabilité et structure des peuplements forestiers de montagne" est lancé et fait l'objet d'une convention entre l'ONF et le CEMAGREF. Il s'étalera sur 5 ans et intéressera les trois départements : Savoie, Haute-Savoie et Isère.

2. Publications de l'année 1990



DESCRIPTION DU MILIEU ET EVALUATION DE SA PRODUCTIVITE

BOISSEAU B.

Description du milieu, évaluation de ses potentialités forestières et choix des essences de reboisement en région méditerranéenne : leur intérêt pour la protection des forêts contre l'incendie. in : Revue Forestière Française, XLII, n° spécial 1990 "Espaces forestiers et incendies", pp. 188-194.

Après chaque incendie on se demande que faire des surfaces incendiées. L'article fait le point :

- . d'une part sur les objectifs en fonction du milieu et du risque d'incendie,
- . d'autre part, sur les outils que représentent l'autécologie des essences et la typologie des stations pour connaître le milieu, ses potentialités, et choisir les essences de reboisement.

CEMAGREF. Division Forêt méditerranéenne - Etude des liaisons station-production pour le Pin laricio dans les Cévennes. Tournée du 10 octobre 1990. - Aix-en-Provence : 1990. - 6 p + ann.

La présente étude a un double but :

- affecter un indice de fertilité pour le Pin laricio à chaque type de station,
- vérifier la faisabilité d'une telle démarche : enjeu important car il existe d'autres catalogues et d'autres clés autécologiques pour d'autres essences en région méditerranéenne. Si une telle démarche s'avère efficace, on gagnerait beaucoup de temps pour les études de liaison stations-production en zone méditerranéenne.

CURT T.

Pré-étude pour la typologie forestière de la Bordure Est du Massif Central.- CEMAGREF, Division Techniques Forestières moyenne montagne - septembre 1990 - 94 p.

Cette pré-étude de typologie forestière couvre une vaste zone représentant la bordure orientale du Massif Central, depuis le Charolais au Nord, jusqu'au Tanargue (Haute Ardèche) au Sud. Elle vise à fournir des éléments de découpage spatial en unités écologiques d'échelle régionale, caractérisées par leur homogénéité climatique, lithologique et géomorphologique. Les types de substrats rocheux rencontrés sont classés en fonction de leurs caractères physico-chimiques, de leur altération et des tendances pédogénétiques qui en résultent. Dans la deuxième partie, des éléments de diagnostic géomorphologique et édaphique sont présentés sur les principaux substrats : socle siliceux, roches volcaniques, calcaires et marnes, matériaux détritiques sablo-gargileux et alluvions.

FRANC A., CURT T.

**Typologie forestière des Hautes Cévennes - Eléments pour le choix des essences.-
CEMAGREF, Division Techniques Forestières moyenne montagne - avril 1990 - 135 p.**

L'étude a pour cadre les hauts massifs cévenols et leur auréole métamorphique, d'altitude comprise entre 700 et 1699 mètres : Mont Lozère, Bougès, Aigoual et Lingas. La première partie propose un découpage en secteurs écologiques sur des bases bioclimatiques et lithologiques : trois variantes climatiques sont définies sur la base du déficit hydrique et de l'étagement de la végétation. Le découpage lithologique fait ressortir trois types de substrats rocheux décrits dans leur comportement à l'altération: granite, micaschistes, grès. L'étude stationnelle met en évidence, à l'intérieur des secteurs écologiques 40 types de stations, sur la base de deux critères édaphiques essentiels : la réserve hydrique et le niveau trophique. Chaque type de station est défini par ses critères pédologiques, son contexte géographique, ses facteurs limitants et ses potentialités forestières; un choix d'essences de réboisement résineuses et feuillues est proposé pour chaque type de station. Cette étude de typologie sera complétée ultérieurement par l'analyse des relation station-production pour le sapin pectiné et l'épicéa commun.

FRANC A., CURT T.

**Résultats du programme "forêts". Observatoire Causses Cévennes du PIREN -
CEMAGREF, Division Techniques Forestières moyenne montagne - mai 1990 - 34 p.**

Cette étude conduite dans le cadre du programme inter-disciplinaire PIREN-CNRS Causses-Cévennes porte sur les caractères écologiques et forestiers des hautes Cévennes siliceuses. La première partie décrit les caractères génétiques et spatiaux des substrats rocheux et meubles (roches, formations superficielles et sols) dans leur cadre géomorphologique. Ceci a permis de mettre en évidence, dans cette région à influence climatique méditerranéenne, l'importance des contraintes géomorphologiques et édaphiques, notamment de la répartition spatiale et des caractéristiques physiques des formations superficielles. Une clef d'approche hiérarchisée permet de décrire succinctement des unités géo-pédologiques homogènes d'échelle stationnelle.

Une classification autécologique des principales essences forestières rencontrées ou susceptibles d'être introduites est proposée.

FRANC A., VALADAS B.

Stations forestières et paysages : les granites du Massif Central. in Revue Forestière Française XLII-4-1990, pp.403-416.

L'article présente une méthode d'approche des stations forestières appliquée à la moyenne montagne, ici la Margeride granitique. Dans une région au relief confus, où les formations superficielles apparaissent irrégulièrement dans l'espace, les auteurs proposent de partir de la notion d'alvéole, cadre morphologique d'échelle moyenne structurant ce type de milieu : ils définissent des unités morphopédologiques élémentaires homogènes quant à la réserve en eau et au niveau trophique. L'article présente enfin un principe de lecture des éléments du paysage et en discute le domaine de validité et les nuances régionales.

GIRAULT D.

Les Stations forestières du pays d'Othe - CEMAGREF - division "Techniques Forestières" - Nogent-sur-Vernisson - Etude Forêt n° 3 - 1990

Après avoir décrit le milieu naturel et humain, puis détaillé les caractéristiques des sols forestiers et des groupes socio-écologiques rencontrés, cette étude dresse un inventaire aussi exhaustif que possible des différents types de stations forestières existant dans la région naturelle du pays d'Othe.

Chaque type de station est décrit sous forme d'une fiche synthétique, complétée par des indications sur ses potentialités forestières et la présentation d'un ou plusieurs exemples.

Une clé d'identification des types de station et quelques conseils permettent une utilisation pratique de ce guide écologique destiné avant tout à orienter le gestionnaire dans ses décisions d'aménagement sylvicole, soit par un diagnostic ponctuel, soit au travers d'une cartographie des stations.

GIRAULT D.

Etude des liaisons station-production pour le tilleul dans certaines stations du catalogue des stations forestières de l'Aisne médiane - CEMAGREF - division "Techniques Forestières" - Nogent sur-Vernisson - 1990

L'étude compare la croissance en hauteur et en circonférence du tilleul, en fonction de l'âge, sur cinq types de stations, appartenant à la série mésophile du catalogue des stations forestières de l'Aisne médiane.

Un seul type de station peut être nettement distingué comme moins favorable que les autres au tilleul en raison de la nature du substrat à prédominance sableuse, induisant une réserve utile faible.

L'incidence de l'intensité de l'hydromorphie n'a pas pu être mise en évidence pour les stations présentant ce phénomène.

Les limites et les contraintes de l'étude sont précisées en conclusion.

NOUALS D.

Autécologie des essences méditerranéennes : le pin brutia en France. - Aix-en-Provence : CEMAGREF. Division Forêt Méditerranéenne, juin 1990. - 54 p (Mémoire présenté en vue de l'accès au grade de Chef Technicien des Travaux Forestiers de l'Etat. Document provisoire).

Cette étude 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.

Une première étape bibliographique résume les connaissances sur l'autécologie de cette essence dans son aire naturelle. Puis sont examinés les renseignements fournis par les reboisements français, et notamment les facteurs du milieu qui ont le plus d'influence sur la croissance. Enfin un point d'ensemble de ces connaissances est fait, en particulier par comparaison avec le Pin d'Alep, pour faire apparaître les principaux critères pour le choix de cette essence en reboisement.

RIPERT C., NOUALS D., FRANC A.

Découpage du Languedoc-Roussillon en petites régions naturelles. - Aix-en-Provence : CEMAGREF. division T.F.M., juin 1990. - 26 p + ann. + cartes.

Ce découpage s'inscrit dans une démarche d'ensemble adaptée par le CEMAGREF pour l'étude du milieu forestier. Elle s'articule ici en deux étapes distinctes :

- une étape typologique qui a permis de définir les grands types de climat et de substrat,
- une étape cartographique, qui a consisté dans l'adaptation et le report sur carte des types définis précédemment.

TEULADE A.

Etude des stations marginales du sapin pectiné autour du Massif de la Chaise-Dieu (Haute Loire).- ENGREF, CEMAGREF Division Techniques Forestières moyenne montagne, CRPF Auvergne - septembre 1990 - 72 p.

Après une phase de délimitation, à partir des données d'autécologie du sapin pectiné, des zones marginales pour cette essence autour du massif forestier de la Chaise-Dieu, A. TEULADE a réalisé un inventaire des forêts concernées. L'analyse des données écologiques et forestières a confirmé les typologies de stations forestières de A. FRANC et de peuplements forestiers de J.M. ESCURAT. Par contre il est apparu un nouveau type de peuplement, "régularisé bois moyens à capitalisation faible", qui pourrait révéler une fertilité moindre de ces stations.

Aucune relation simple entre paramètre écologique d'une station et paramètre dendrométrique du peuplement correspondant n'a pu être mise en évidence. Les pratiques sylvicoles variées et le caractère sciaphile du sapin masquent toutes relations.

PROTECTION PHYTOSANITAIRE DE LA FORET

ABGRALL J.F.

Piègements du Typographe en F.D. de Grande Chartreuse (38) - Campagne 1989 - Essai d'analyse des fluctuations observées de 1983 à 1989 - Rapport interne CEMAGREF, 19 p. Division Protection Phytosanitaire de la Forêt, Grenoble, 1990.

L'analyse des piègements de l'ultime campagne d'étude du Typographe en F.D de Grande Chartreuse est suivie d'une synthèse des fluctuations de populations du ravageur enregistrées par piègements de 1983 à 1989. Elle met en évidence le passage de 1982 à 1983 d'une situation épidémique résultant de chablis en 1980 avec apparition de foyers de mortalité à une situation endémique atteinte en 1987, suivie d'une remontée de populations à partir de 1988 à des niveaux moyens sans dégâts notables.

L'importance des fluctuations est discutée en fonction du volume des chablis, des conditions stationnelles de l'environnement forestier et des conditions climatiques (sècheresse, enneigement). Une échelle de risque est proposée selon les niveaux moyens de captures enregistrées. Le seuil d'apparition des premiers dégâts se situerait entre 2000 et 4000 captures par piège.

ABGRALL J.F.

Evolution des captures et des dégâts du typographe en F.D du Meygal (43). Campagne 1989. Rapport interne CEMAGREF 24 p. Division Protection Phytosanitaire de la Forêt, Grenoble 1990.

ABGRALL J.F.

Surveillance des populations du Typographe en F.D du Meygal (43). Campagne de piègement 1990. Rapport interne CEMAGREF, 24 p, annexe. Division Protection Phytosanitaire de la Forêt, Grenoble, 1990.

L'étude de l'évolution des populations du typographe par piègement en F.D du Meygal fait apparaître une importante chute des captures en 1990 par rapport à 1987 (5 880 captures moyennes par piège contre 25 573), correlative d'une forte réduction des dégâts (de 3 729 à 714 m³ en 1990) en notant une légère recrudescence des attaques en 1990.

Les populations de typographes semblent donc évoluer vers un état endémique qui n'est pas encore atteint globalement.

Le suivi des captures des femelles aptères et des mâles ailés a permis de mesurer l'impact d'une intervention aérienne faite en 1987 et de préciser les paramètres indispensables pour la conception d'une structure de surveillance préventive des populations du ravageur (représentativité des arbres échantillons, liaison défeuillage capture, comparaison captures arbres - pièges et pièges à phéromone ...).

ABGRALL J.F., BOUHOT L.

Population fluctuations of the pine processionary (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) in France from 1969 to 1989. CR XIX congrès mondial IUFRO, Montréal 5-11 août 1990, Div.2, p 3-9.

Une structure de surveillance de la Processionnaire du Pin a été mise en place en France dès 1969. Trois méthodes de suivi ont été utilisées : des prospections extensives et systématiques pour évaluer les niveaux d'infestation, les relevés d'un réseau de placettes permanentes et la capture de papillons mâles par piégeage lumineux. Quatre gradations successives ont été enregistrées (1970-75, 1976-81, 1982-87, 1988-?), soit une périodicité globale de 6 années.

Chacune présente des caractéristiques propres : en particulier l'amplitude et la durée de la phase de rétrogradation, qui peut être prolongée dans le cas d'enclenchement de diapause renforcée. Par ailleurs, des décalages existent entre régions, dont le caractère répétitif suggère des cycles épidémiologiques. Les aires successives occupées par la Processionnaire pendant 20 ans permettent de déterminer son aire de distribution actuelle. Enfin, la constitution d'une base de données informatique a été entreprise en 1989 à partir des informations déjà collectées. D'après les premiers résultats, les seules données du réseau de placettes permanentes pourraient suffire à caractériser les gradations. L'objectif à terme est l'élaboration d'un modèle de prévision des infestations de la Processionnaire.

SOUTRENON A.

La lutte chimique contre l'antracnose du merisier en pépinière. Essai de définition de l'époque et de la fréquence des traitements. Document interne CEMAGREF Division Protection Phytosanitaire de la Forêt - Grenoble, Mars 1990, 9p.

La principale maladie du merisier est l'antracnose, ou cylindrosporiose, provoquée par *Blumeriella jaapii* (forme asexuée : *Phloeosporella padi*). Ce document fait le point sur les essais de lutte chimique menés en pépinière forestière et visant à définir l'époque et la fréquence des traitements ; seule la doguadine (melprex) à une dose donnée a été utilisée au cours de cette expérimentation.

Les résultats révèlent que deux traitements, le premier dès apparition des taches foliaires, le second 20 jours après, semblent constituer un bon compromis de lutte chimique.

Ces éléments étaient nécessaires pour cadrer des essais de lutte chimique l'année du vol et le printemps de l'année suivant le vol sur 2ème stade larvaire à l'aide de préparations à base de chlorpyrifos et de phoxime en microgranulés ou en liquide pour pulvérisations.

Ils ont permis de mettre en évidence l'intérêt du chlorpyrifos en microgranulés associé à un enfouissement au rotavator et de sa formulation liquide plus irrégulière.

Nous avons enfin constaté l'importance des conditions climatiques défavorables (sécheresse) sur la dynamique des populations de hannetons en période de pullulation.

ABGRALL J.F.

Rapport de mission d'expertise en Espagne. Dépérissements dûs à Tomicus dans le Parc de Collserola, Communauté urbaine de Barcelone, 8 p. Division Protection Phytosanitaire de la Forêt, CEMAGREF, Grenoble, 1990.

Après de fortes chutes de grêle dans le Parc de Collserola en 1989, vaste ensemble de pineraies à pin pignon et pin d'Alep à proximité immédiate de Barcelone, une pullulation de Tomicus destruens (Hylesine du Pin) s'est développée à un niveau épidémique avec apparition de vastes zones de mortalité. Une expertise en mai 1990 a permis sur la base d'observations biologiques faites sur place de préciser les phases principales du cycle de développement de Tomicus dans les zones touchées et de mettre sur pied une stratégie de lutte en fonction des niveaux de gravité de la situation observés :

- actions sanitaires d'extractions des bois atteints et de nettoyage en période estivale,
- mise en place avant la ponte (fin août) de tas de billons ou de grumes pièges d'alerte,
- tas de billons et grumes pièges traités, de la fin de l'été à la période hivernale, et (ou) intervention préventive directe avec une préparation à base de deltaméthrine sur sujet sur pied dans les zones à haut risque.

Un plan d'aménagement et de gestion à long terme des risques est enfin discuté (éclaircies, diversification des essences ...)

ABGRALL J.F.

Le dispositif d'études de la cheimatobie dans le Val de Saône, 1986 - 1989 - Document interne CEMAGREF, 20 p. Division Protection Phytosanitaire de la Forêt, Grenoble 1990.

A l'aide d'un dispositif d'arbres pièges, chênes au tronc cerclé d'un anneau de glu et regroupés en 26 placettes de 5 puis de 3 arbres, le terme de la dernière gradation de la Cheimatobie (Operophtera brumata) a été mis en évidence de 1986 à 1989.

L'amélioration de la situation phytosanitaire (réduction des dégâts de 80 %) a été mise en relation avec les conditions climatiques proches de la normale de 1987 et 1988 ; elle peut cependant être remise en cause par les nouvelles périodes sèches observées en 1989 et 1990. Ainsi, comme dans les pessières étudiées depuis 1983 dans les Alpes du Nord, le suivi corrélatif des populations de typographe à l'aide d'un dispositif de piègeage amorcé d'une phéromone de synthèse et des dégâts du ravageur dans le temps, constitue un outil potentiel intéressant dans le cadre d'une structure de surveillance permanente.

ABGRALL J.F.

Surveillance des populations de Typographes dans les pessières de la vallée de Chamonix. Campagne 1990. Rapport interne CEMAGREF - 9 p. Division Protection Phytosanitaire de la Forêt, Grenoble 1990.

L'effondrement des captures observées en 1990 dans les forêts communales de la vallée de Chamonix associé à la disparition des attaques de Typographe (20 000 - 30 000 captures par pièges en 1989 contre 700 à 2 500 en 1990) traduit le passage brutal d'une situation épidémique avec dégâts déclarés à un état endémique sans dégâts. On peut donc admettre que la situation de crise résultant des chablis de la tornade de 1982 a duré 8 années comme dans certaines pessières du Massif-Central dont la F.D du Meygal (43), à la différence des massifs de Grande Chartreuse et du Vercors (38) où la situation s'est rétablie après 5 ans.

Cette différence de comportement peut s'expliquer par la nature et l'importance des chablis, les conditions climatiques défavorables associées à la station, mais surtout par la nature et la vigueur des actions d'exploitations et d'extraction des chablis après tornade et des bois attaqués ultérieurement par le typographe.

ABGRALL J.F.

Plantations et pépinières forestières, un ravageur, le hanneton commun (Melolontha melolontha L.). Observations biologiques et essai de lutte dans les vergers à graines du CEMAGREF. Rapport interne CEMAGREF, 25 p. Division Protection Phytosanitaire de la Forêt, Grenoble, 1990.

Dans deux vergers à graines attaqués par le hanneton commun dans le Nord-Est du Lot, on a caractérisé une dynamique de population différentielle dans deux foyers géographiquement proches : un régime biologique II à Comiac, (vols en 1988, 1991, 1984) et un régime III à La Tronquière, (vols 1989, 1992, 1995 ...)

Ceci confirme l'hétérogénéité biologique du hanneton dans le Massif-Central où on trouve également le régime I (vol en 1990, 1993, 1996 ...) en Corrèze et dans le Puy de Dôme.

SOUTRENON A.

Essai de lutte chimique contre la rouille courbeuse des pins, Melampsora pinitorqua. Test d'efficacité de six matières actives fongicides. Document CEMAGREF - Division Protection Phytosanitaire de la Forêt - Grenoble, mars 1990, 11p. + annexes.

Ce rapport d'expérimentation légèrement remanié est repris dans le chapitre "notes et analyses".

SOUTRENON A.

L'élagage artificiel et les éventuels risques phytosanitaires chez les feuillus. Le point actuel. Etude CEMAGREF Division Protection Phytosanitaire de la Forêt - Grenoble Avril 1990, 43p. + bibliographie + annexes.

L'élagage artificiel risque de devenir une des méthodes déterminantes de la sylviculture au cours des années à venir, au moins là où les conditions de station permettent de produire un bois de grande qualité.

Cependant, des observations ponctuelles de colorations anormales relevées notamment sur le hêtre, ont suscité des inquiétudes sur les conséquences de l'élagage artificiel. Cette pratique entraîne-t-elle des risques phytosanitaires, physiologique, biotique, au niveau de la plaie d'élagage ?

Ce travail, effectué en 1989 et abordé pour la première fois en France, se traduit par l'élaboration d'une synthèse bibliographique des références parues sur le sujet (travaux de SHIGO en particulier) et par un premier constat de l'importance réelle du phénomène (visites de plantations élaguées, prises d'échantillons, mise en culture de prélèvements au niveau des altérations, lecture et interprétation des boîtes de Pétri).

L'étude porte sur six essences (hêtre, érable, merisier, chêne, noyer, frêne). Elle montre que les manifestations redoutées ne sont pas aussi systématiques qu'on pouvait le craindre à priori. On relève le plus souvent une coloration anormale du bois limitée à la partie de la branche interne au tronc : les rares cas de pourriture observés sont consécutifs à des élagages tardifs ou mal effectués. Les théories de SHIGO ont été vérifiées. Enfin, l'étude conclut en définissant un élagage idéal en regard des connaissances actuelles.

SOUTRENON A.

Elagage artificiel et problèmes phytosanitaires chez les feuillus. La Forêt Privée, septembre - octobre 1990, n° 195, pp. 23 à 33.

Cet article résume les principaux points de l'étude citée ci-dessus.

SOUTRENON A.

La lutte chimique contre la rouille courbeuse des pins (Melampsora pinitorqua). Test de différents niveaux d'apport et de concentration de fongicide (F.D. du Thureau du Bard). Document CEMAGREF Division Protection Phytosanitaire de la Forêt - Grenoble, Novembre 1990, 10 p.

Les résultats de l'étude effectuée en 1989 sur la lutte chimique contre la rouille courbeuse des pins (Melampsora pinitorqua) ont montré qu'une bonne maîtrise de la maladie peut être obtenue avec le triadiméfon (testé parmi 6 matières actives fongicides) en un seul traitement préventif effectué au début de la période de sensibilité (stade phénologique B2 des pins).

Les essais menés en 1990 qui ont eu pour objectif d'étudier l'influence de la concentration du traitement démontrent une nouvelle fois l'intérêt du triadiméfon ; ils ont en outre révélé que l'efficacité de ce fongicide est démontrée dès l'utilisation de la plus petite dose testée avec l'apport de solution le plus faible, correspondant à 4 mg de m.a. par arbre.

Enfin l'étude nous apprend que la hauteur limite d'infection du pin sylvestre se situe au moins à 2,50 m.

SOUTRENON A.

La cylindrosporiose ou anthracnose du merisier. Essais de définition du nombre et de l'époque des traitements en pépinière et en jeune plantation (Préchac et Boisset-lès-Montrond). Document CEMAGREF Division Protection Phytosanitaire de la Forêt - Grenoble, novembre 1990. 12p. + annexes.

Les essais effectués en 1989 en pépinière forestière contre la cylindrosporiose ou anthracnose du merisier (forme asexuée : Phloeosporrella padi) ont révélé l'importance du premier traitement dès l'apparition des taches foliaires et un bon contrôle de la maladie obtenu avec une deuxième application 20 jours après.

En 1990 l'étude menée en pépinière et en jeune plantation situées dans deux régions différentes a permis de préciser la fréquence et l'époque des traitements, tout en utilisant le même produit appliqué en 1989 (doguadine).

Pour les deux types de culture, les résultats ont confirmé le caractère fondamental du premier traitement à l'apparition des premières taches. Dans les conditions de l'année 1990, ce traitement unique est suffisant pour la pépinière mais, pour la jeune plantation, outre ce premier traitement, trois applications supplémentaires espacées de 20 jours ont apporté une certaine amélioration.

Par ailleurs, l'étude montre que la maladie a été telle qu'elle n'a pas eu d'influence sur la hauteur des plants en pépinière et sur l'accroissement des sujets en jeune plantation.

SOUTRENON A., PERRIN R.

La lutte chimique contre la fonte des semis en pépinières forestières. Intérêt du pelliculage des graines. Document CEMAGREF Division Protection Phytosanitaire de la Forêt Grenoble - INRA Dijon - Mars 1990, 7p.

Il s'agit de la 4^e et dernière année de l'étude contre les fontes des semis en pépinières forestières. Les essais menés en 1989 en 4 sites différents (contextes pédo-climatiques différents) sur pin laricio ont permis de confirmer l'intérêt du pelliculage des graines forestières pour lutter contre ces maladies de pépinières dont les trois agents pathogènes principaux sont Pythium, Fusarium et Rhizoctonia solani. L'absence d'un produit anti-Fusarium efficace sur le marché actuel demeure le véritable facteur limitant.

RELATIONS FORET GIBIER

BALLON P.

Reconnaissance des dégâts de cervidés en forêt. Faut-il protéger les résineux ? Forêt-Entreprise, juin 90 9-14.

BALLON P.

Research of biological indicators for monitoring roe deer populations in the Landes of Gascony. Colloque Ungulate Research Group. Aberdeen (Ecosse) - décembre 1990.

BALLON P., MAIZERET C.

Analyse du déterminisme des dégâts de cervidés sur le pin maritime dans les Landes de Gascogne. Gibier, Faune Sauvage, vol. 7, p.275-291, septembre 1990.

DENIS M.

Might summer food be a factor limiting roe deer population size ? Colloque Ungulate Research Group. Aberdeen (Ecosse) - décembre 1990.

PREVENTION DES INCENDIES

MONTGOLFIER J. DE

Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français : chapitre 1 : Conception des Projets Forestiers. - Aix-en-Provence : CEMAGREF. Division T.F.M., 1990. - 7 fiches.

Ce chapitre rappelle en 7 fiches comment un projet doit être étudié :

- définition des objectifs,
- analyse des contraintes,
- étude des variantes,
- évaluation des coûts et impacts.

AMELIORATION GENETIQUE DES ARBRES FORESTIERS

BIDABE V., 1990

Les vergers à graines de Pin Laricio de Corse, relations entre les critères cibles de la sélection et la fructification. Rapport IUT Grenoble - 24 p. + annexes.

Cette étude, menée lors d'une bonne année de récolte dans un verger de familles de Pin Laricio de Corse âgé de 14 ans, met en évidence :

- l'absence de corrélation phénotypique entre le nombre de cônes récoltés et les caractères intervenant dans le calcul de l'index de sélection (vigueur, fourchaison) ;
- un effet familial important pour ce qui concerne l'aptitude à fructifier. Dans le verger étudié, la famille la mieux représentée apparaît la moins productive ;
- la fiabilité des comptages réalisés depuis le sol 3 mois avant la récolte bien qu'on ne recense, en moyenne, que la moitié des cônes présents sur les arbres : les nombres de cônes estimés et récoltés sont fortement corrélés.

BOURLON V., COULAUD S., TERRASSON D., 1990

Multiplication végétative de l'Epicea commun (2ème tranche), Rapport CEMAGREF, Division Amélioration Génétique et Pépinières Forestières, Nogent-sur-Vernisson, 22 p.

L'opération de recherches sur la multiplication végétative de l'Epicea commun a débuté en 1981. En 1990, ont été installées une expérimentation aux Barres et une production pilote à PEYRAT LE CHATEAU. L'expérimentation a confirmé l'intérêt de l'écorce pure utilisée comme substrat de bouturage, et l'inutilité de l'hormonage. D'autre part, la suppression des aiguilles basales des boutures, dit blessure, n'apporte pas de gain d'enracinement. Enfin, l'installation des boutures en décembre ou janvier donne de meilleurs résultats, qu'en mars. La production pilote, avec conservation de l'identité clonale et chauffage de fond, a été comparée à celle des 2 années précédentes. Elle confirme que les différences d'aptitude clonale à l'enracinement sont très fortes, ce qui condamnera certains clones sélectionnés par l'INRA qui donnaient par ailleurs satisfaction sur la qualité du bois et la vigueur.

COLLIN E., 1990

Comparaison de 12 clones de grisards repiqués à la pépinière administrative de PEYRAT LE CHATEAU en 1985, 8 p. + annexes.

Des mesures et des observations sanitaires ont été réalisées dans un essai comparatif de clones de peupliers en pépinière. En dépit d'une croissance initiale plus faible, les clones de grisard obtenus par l'INRA ont dépassé les témoins en seconde année.

Les grisards ont été touchés par le "crown gall" (*Agrobacterium tumefaciens*) quand ils ont été multipliés par bouturage de racines. La présence de tumeurs au collet des plants affecte significativement leur croissance en hauteur.

COLLIN E., 1990

Observations sur le Crown gall des peupliers grisards arrachés à la pépinière des Barres au printemps 1990, 6 p. + annexes.

Des mesures et des observations sanitaires réalisées dans une production de plants de peupliers grisards (clones INRA) montrent la responsabilité du bouturage racinaire dans la contamination par le crown gall, les limites de l'efficacité d'une désinfection prophylactique des racines et l'intérêt sanitaire du bouturage de tiges herbacées. Des différences clonales de sensibilité à cette bactériose et l'effet dépressif des tumeurs sur la croissance des plants sont également mis en évidence.

COLLIN E., 1990

Comparaison de 10 clones de x. Cupressocyparis Leylandii dans deux dispositifs, 8 p. + annexes.

Ce rapport présente les résultats recueillis dans deux plantations comparatives de clones de Cyprès de Leyland, l'une en milieu forestier et l'autre en boisement de dunes littorales. D'importantes différences clonales sont mises en évidence, tant pour la vigueur que pour la forme et l'état sanitaire.

FERNANDEZ R., 1990

Peuplements porte-graines de chênes sessiles et pédonculés. Récolte et Utilisation des graines - Revue Forestière Française n° 2 - 1990, pp. 205 - 211.

Une analyse des critères de sélection des peuplements classés des deux espèces montre que le point le plus important est la pureté spécifique, les critères de forme concernant surtout le chêne pédonculé. Il existe actuellement 10 régions de provenance pour le pédonculé et 15 pour le sessile. Les récoltes de graines, sur la période 1978-1987, sont assez faibles (0,1 à 1,2 hl/ha) et souvent concentrées dans certaines régions de provenance ou peuplements. Sur cette même période, l'approvisionnement en graines n'est assuré que pour partie par les peuplements classés.

FERNANDEZ R.

Répertoire national des matériels de base français des essences forestières (peuplements et vergers à graines) - 2ème édition - Edition DERF, MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET.

Tableaux récapitulatifs des peuplements classés et contrôlés (peuplements et vergers à graines) avec leurs principales caractéristiques.

FERNANDEZ R.

Récolte et flux de graines forestières pour la campagne 1989-1990 - Rapport, - CEMAGREF, division Amélioration Génétique et Pépinières Forestières - Nogent-sur-Vernisson - 5 p.

Tableaux des récoltes, de l'utilisation, du commerce extérieur et des stocks des graines des principales essences forestières pour l'année 1989-1990 et pour les essences soumises au Code Forestier, tableaux des récoltes et des stocks par régions de provenance.

GENERE B., AMIRAULT J.M., 1990

Mycorhization contrôlée en pépinière classique (2ème tranche), rapport CEMAGREF, Division Amélioration Génétique et Pépinières Forestières, Nogent-sur-Vernisson, 32 p.

L'opération de recherches sur la mycorhization contrôlée porte sur les semis de Douglas vert et les boutures d'Epicea commun inoculés avec *Laccaria laccata*. Sur Douglas, les plants élevés aux Barres sont faiblement mycorhizés après deux ans d'élevage, que ce soit avec ou sans repiquage à un an, et ne présentent pas de gain de croissance par rapport au témoin. En revanche, à Peyrat-le-Château, la croissance à un an est fortement améliorée (+ 60 %). Sur boutures d'Epicea commun, l'inoculation au repiquage a facilité le retour à l'orthotropie et a amélioré la croissance, dans les conditions de la pépinière de Peyrat-le-Château.

NESME X., BENEDDRA T., COLLIN E., 1990

Importance du crown gall chez les hybrides *Populus tremula* x *P. alba* en pépinière forestière agronomie n° 10, 8 p.

Cet article est consacré à la sensibilité au crown gall (*Agrobacterium tumefaciens*) de 31 clones de peupliers "grisards" obtenus par l'INRA. Il présente une synthèse des résultats de terrain et de laboratoire. Il est montré que l'agent de la contagion est probablement transporté de pépinière en pépinière par les racines servant au bouturage, et qu'en dépit d'importantes variations annuelles ou clonales certaines familles d'hybrides sont toujours moins atteintes

que d'autres. L'effet défavorable de la présence de tumeurs sur la croissance en hauteur des plants n'est significatif que quand la tumeur est localisée au collet, et non sur racine (s) seulement.

PHILIPPE G., 1990

Induction florale en verger à graines d'Epicea commun - Rapport GIS "Variétés Forestières Améliorées", 22 p.

Ce document présente l'analyse des résultats enregistrés dans 2 essais d'induction florale installés dans un verger à graines d'Epicea commun (plants issus de greffes âgés de 13 ans). Des injections de gibberellines 4/7 pratiquées au moment où les pousses ont atteint en moyenne le quart de leur longueur finale permettent d'induire les floraisons mâle et femelle (respectivement 45 % et 18 % d'arbres florifères contre 3 % et 2 % pour les arbres témoins). En revanche, la même intervention réalisée vers la fin de la période d'élongation n'a eu qu'un effet limité. Lorsque la même dose de gibberellines est fractionnée en 2 apports (début et fin d'élongation), les résultats sont similaires à ceux obtenus lors d'un seul traitement effectué en début d'élongation, ce qui laisse à penser qu'une quantité 2 fois moindre d'hormones serait aussi efficace. Enfin, bien qu'ayant consommé 5 fois plus de matière active, les pulvérisations de REGULEX n'ont eu une action que sur la floraison mâle.

PHILIPPE G., 1990

Production de graines améliorées dans les pays nordiques - Rapport CEMAGREF 14 p.

En Suède et Finlande, l'installation des vergers à graines (Pin Sylvestre, Epicea commun et, à un degré moindre, Bouleaux) a débuté dans les années 1960. Ils occupent à présent une surface de 4000 ha, soit 10 fois plus qu'en France. Les pays nordiques se caractérisent par des conditions climatiques défavorables à la fructification et par une très forte densité de boisement empêchant de tenir les vergers à l'écart des pollutions polliniques.

Cela justifie les options prises par les améliorateurs scandinaves :

- le déplacement des vergers vers des sites plus méridionaux ;
- le développement de techniques propres à stimuler la floraison (injections de gibberellines 4/7 sur Epicea) et à améliorer les conditions de pollinisation ;
- la création de vergers sous serre (plants de grande taille élevés dans de gros conteneurs) ;
- la recherche d'une plus grande efficacité en matière de multiplication végétative.

PHILIPPE G., 1990

Influence d'injection de gibberellines 4/7 sur la floraison et la croissance végétative du Douglas vert - Rapport CEMAGREF, 5 p.

Des injections de gibberellines 4/7 (60 mg/plant) pratiquées en 1988, alors que les conditions climatiques n'étaient pas propices à l'initiation florale, ont permis l'induction des floraisons mâle et femelle sur des boutures de Douglas âgées de 11 ans, jusqu'alors non florifères. Cependant, bien que le pourcentage d'arbres florifères ait augmenté dans de fortes proportions (37 % portaient des strobiles mâles et 50 % des fleurs femelles contre 10 % et 2 % respectivement pour les témoins), la production individuelle est demeurée très modeste dans les deux cas. Les traitements hormonaux ont également favorisé la croissance végétative des plants florifères et, à un degré moindre, de ceux qui sont restés improductifs. A cet égard, on observe une corrélation positive entre l'intensité de la floraison et la vigueur des rameaux allongés l'année du traitement.

PHILIPPE G., TERRASSON D., 1990

Intensification de la production de graines améliorées dans les vergers à graines français. XIX Congrès Mondial IUFRO-MONTREAL, 5 - 11 août 1990, 12 p.

Le souci de rentabiliser les efforts financiers consentis par l'Etat lors de la création des vergers à graines conduit à expérimenter différentes techniques propres à intensifier leur production. En ce qui concerne l'induction de la floraison, les quatre principales essences de reboisement ont réagi favorablement à au moins un des traitements testés : fertilisation pour le Pin maritime, le Pin Laricio de Corse et le Douglas, injections de gibberellines 4/7 pour le Douglas et l'Epicea commun. D'autre part, les difficultés rencontrées dans le domaine de l'hybridation du Mélèze d'Europe et du Mélèze du Japon ont amené le CEMAGREF à imaginer une technique originale de récolte mécanisée du pollen. En matière de pollinisation, un prototype, qui s'inspire des techniques modernes de revêtement par poudrage électrostatique, est en cours de mise au point.

TERRASSON D., 1990

Le rôle du CEMAGREF dans la recherche forestière en populiculture. Commission Internationale du Peupliers, Buenos-Aires 19-23 mars 1990, 6 p.

L'activité du CEMAGREF est concentrée sur l'étude des interactions clones/station que ce soit au niveau de la croissance ou de la réaction aux pathogènes. Une partie de ces travaux sont réalisés dans le réseau national de populetum, mais aussi en pépinière. Cela implique également la réalisation d'études fines des stations, de leurs caractéristiques (écologique et pédologiques) et de leurs potentialités. Enfin le CEMAGREF assure la conservation du matériel de base, et sa diffusion aux pépiniéristes.

TERRASSON D., 1990

Les pépinières forestières en Pologne - Rapport CEMAGREF, 11 p.

Analyse des techniques utilisées dans les pépinières polonaises dans deux secteurs distincts. Les sudètes orientés vers la production en conteneurs, le centre et l'est de la Pologne qui produisent exclusivement des plants à racines nues. On note de nombreuses différences par rapport à la France, et notamment la généralisation du cernage au lieu du repiquage.

TERRASSON D., DEBOISSE G., 1990

Le choix d'un cultivar de peuplier dans les reboisements financés par le Fonds Forestier National - Informations techniques du CEMAGREF n° 80 note 4, 8 p.

Décrit dans le chapitre suivant

TERRASSON D., DEBOISSE G., 1990

Etude de la sensibilité de 40 clones de peupliers au Marssonina brunnea. Commission Internationale du Peuplier. Buenos Aires, 19 - 23 mars 1990, 7 p.

Ce rapport indique les résultats de tests de sensibilité au Marssonina brunnea réalisés en 1989 sur 40 clones de peupliers provenant de différents pays de la CEE. Les résultats sont mis en parallèle avec ceux des années précédentes. Il apparaît pour quelques clones des discordances sensibles avec les informations recueillies dans les pays d'origine.

METHODES D'ELEVAGE DU MATERIEL VEGETAL FORESTIER

ARGILLIER C., FALCONNET G., BRAHIC P., GRUEZ J.

La croissance en pépinière du sapin de Céphalonie (*Abies Cephalonica* Loud.). Influence de quelques facteurs nutritionnels et physiques. - Aix-en-Provence : CEMAGREF, Division T.F.M., 1990. - 4 p + ann. (Communication au séminaire International Sapins Méditerranéens, Avignon, 11-15 juin 1990).

Décrit les techniques de pépinière qui permettent d'améliorer la croissance et la qualité des plants :

- d'une part un conteneur de 500 cm³ et un substrat approprié.

- d'autre part une fertilisation minérale comprenant de l'azote sans une forme ammoniacale et un conditionnement de culture hivernale hors-gel.

GUEHL J.M., MOUSAIN D., FALCONNET G., GRUEZ J.

Growth, carbon dioxide assimilation capacity and water-use efficiency of *Pinus pinea* L. seedlings inoculated with different ectomycorrhizal fungi. - in : *Annales des Sciences Forestières*, 1990, n°47, pp.91-100.

Décrit le comportement de jeunes plants de *Pinus pinea* L. inoculés avec différentes souches de champignons ectomycorhiziens :

- croissance,
- assimilation du dioxyde de carbone,
- efficacité de l'utilisation de l'eau.

FALCONNET G., GRUEZ J., ARGILLIER C.

Etude d'un support de culture de plants forestiers méditerranéens en conteneurs. - Aix-en-Provence : CEMAGREF, Division T.F.M., août 1990. - 12 p.

Les nombreuses observations de systèmes racinaires de plants forestiers méditerranéens, et en particulier leur répartition spatiale dans la motte, ont permis l'étude de leurs exigences. Cette note décrit la composition, les caractéristiques, les critères de choix et le mode de conduite d'un bon substrat.

FALCONNET G., GRUEZ J., ARGILLIER C.

Etude des malformations racinaires observées sur les plants forestiers élevés en conteneurs. - Aix-en-Provence : CEMAGREF. Division T.F.M., août 1990. - 9 p.

Décrit l'expérimentation destinée à déterminer l'incidence sur le terrain de la forme du conteneur sur la croissance et la survie des reboisements, après une dizaine d'années. Reprend en conclusion les principaux conseil pratiques.

CREATION ET CONDUITE DE PEUPELEMENTS FORESTIERS

BARTHOD C., BUFFET M., SARRAUSTE DE MENTHIERE N.

La lutte contre les mauvaises herbes en forêt - CEMAGREF - division Techniques Forestières - Nogent-sur-Vernisson in Informations Techniques du CEMAGREF, 1990, n° 79, note 3.

Article repris dans le chapitre suivant.

CEMAGREF. Division Forêt Méditerranéenne, INRA. Centre de Recherches d'Avignon. - Recherche et développement en forêt méditerranéenne. - Aix-en-Provence : 1990. - 6 fiches + 7 fiches (plaquette de présentation).

Destinée au grand public et aux élus locaux, cette plaquette présente les activités de l'INRA et du CEMAGREF en forêt méditerranéenne, 6 et 7 fiches pour chaque organisme.

CHEVALIER R.

Pour "des sylvicultures" du pin Laricio en région Centre. Rapport de stage BTS "Productions Forestières" - CNPR Marmilhat - CEMAGREF, division Techniques Forestières - Nogent-sur-Vernisson - avril 1990 - 38 pages + annexes.

Ce rapport fait le bilan de 8 essais de première éclaircie installés dans des peuplements de pin Laricio, initialement plantés à 2500/ha, dont la hauteur au moment de l'intervention varie entre 4 et 11 m.

L'analyse des nombreuses données recueillies montre que le pin Laricio a une forte capacité de réaction à l'éclaircie et est peu sensible aux chablis. Par contre, une éclaircie forte dans de très jeunes peuplements (hauteur inférieure à 6 m), provoque une détérioration de la forme du tronc.

A la fin du rapport, l'auteur propose 4 modèles de sylviculture d'intensité variable, dont il présente les avantages et inconvénients.

DEMOLIS C., GAMA A.

Dévitallisation chimique de souches de noisetier et de frêne, actes de la 14ème conférence du COLUMA, Versailles, ANPP, 911-918.

GAMA A., DEMOLIS C., MOUTTON L., BARD J.

Efficacité et sélectivité de graminicides pour les dégagements de jeunes peuplements forestiers, actes de la 14ème conférence du COLUMA, Versailles, ANPP, 879-885.

GUITTON J.L.

La forêt du canton de la Chaise-Dieu, un exemple de potentiel de production et d'emplois.- in Informations Techniques du CEMAGREF n°77, note 1 - 7 p.

Article repris dans le chapitre suivant

MILLOUET J.C.

Le bouleau en région Sologne et Orléanais - Rapport de stage BTA CEMAGREF - division "Techniques Forestières" - Nogent-sur-Vernisson. - 1990 - 30 p.

Après une présentation de l'essence bouleau, de sa répartition dans les deux régions étudiées et des débouchés possibles pour son bois, l'auteur étudie les possibilités de sylviculture pour les peuplements existants : dépressage des taillis jeunes ou éclaircie pour les peuplements plus âgés.

MONTGOLFIER J. DE

L'environnement dans la Communauté Economique Européenne : à la veille du marché intérieur de 1992, les leçons du passé. - in : Informations Techniques du CEMAGREF, juin 1990, n°78, note 1, 4 p.

Article repris dans le chapitre suivant

MONTGOLFIER J. DE

Aide à la gestion forestière dans les Alpes du Sud; région de la Motte-du-Caire et de Bayons. Note de synthèse sur l'étude des aspects économiques. - Aix-en-Provence : CEMAGREF, division TFM, janvier 1990. - 8p.

Les études menées sur le contexte social et économique de cette région sont complémentaires de celles menées sur la dynamique de sa couverture végétale. En effet, la question du choix du meilleur mode de gestion de ces espaces se posant dans une optique à long terme, cette note a pour but d'éclairer les décisions stratégiques portant sur la gestion des forêts de ce secteur.

RIPERT C.

Utilisation des eaux usées en forêt méditerranéenne. Bilan de l'essai de Cogolin. - in : Informations Techniques du CEMAGREF, mars 1990, n°77, note 5, 8 p.

Article repris dans le chapitre suivant

VILAIN R.

Etude de deux grands axes de la sylviculture intensive, les éclaircies fortes et précoces et les dépressages.- ENITEF, CEMAGREF, Division Techniques Forestières moyenne montagne - août 1990 - 64 p.

Ce rapport de stage présente le protocole d'expérimentation IDF - CEMAGREF d'éclaircies fortes et précoces et de dépressages de boisements artificiels de conifères, décrit les essais mis en place par la Division Techniques forestières de Clermont-Ferrand sur douglas et épicéa commun.

R. VILAIN analyse plus finement les résultats de mesure à l'installation et deux ans après l'intervention d'un essai de dépressage et de deux essais d'éclaircie.

WEHRLIN L., MOREL M., GAMA A., BARD J., MAIRE J.P.

Comparaison de 3 types de matériel pour l'application d'herbicides en conditions forestières, actes de la 14ème conférence du COLUMA, Versailles, ANPP, 919-926.

AGROFORESTERIE

DUNET D., TORRES-MERINO J.C.

Histoire, évolution et situation actuelle des systèmes de production agricole en Moyenne Combraille.- CEMAGREF, Division Techniques Forestières moyenne montagne, INRA Clermont-Theix, INA-PG - octobre 1990 - 222 p.

Cette étude de deux étudiants de l'INA-PG en spécialisation "développement agricole et agriculture comparée" analyse l'histoire et l'évolution de l'agriculture de cette région de plateaux d'Auvergne (Puy de Dôme) depuis le néolithique jusqu'à nos jours et les systèmes agricoles actuels.

Elle se base sur une enquête de 58 agriculteurs de 10 communes de Moyenne Combraille, présente les différents systèmes et leur efficacité économique.

DUNET D.

Importance et rôle du bois dans les exploitations agricoles de Moyenne Combraille.- CEMAGREF, Division Techniques Forestières moyenne montagne, INRA Clermont-Theix, INA-PG - octobre 1990 - 13 p.

Ce rapport complémentaire à l'étude décrite précédemment analyse les rapports des agriculteurs de Moyenne Combraille avec leurs bois. Il ressort que la principale préoccupation est l'approvisionnement en bois de chauffage qui se fait en majorité à partir des haies et qui prend de nombreuses heures de périodes creuses. Les parcelles de bois sont peu sollicitées et gardées en réserve sans entretien.

GUITTON J.L.

L'agroforesterie in Colloque de l'Association Française pour la Biomasse - 17 et 18 octobre 1990 - "Terres agricoles, friches et boisements : opportunités et limites" - pp. 51-59.

L'article fournit les raisons techniques et socio-économiques d'étudier des systèmes agroforestiers associant en particulier culture d'arbres à faible densité et élevage. Il décrit le modèle imaginé et présenté dans les principales études et expérimentations mises en oeuvre pour le tester et l'améliorer.

GUITTON J.L., BRETIERE G., SAAR S.

Cultures d'arbres à bois précieux en prairies en moyenne montagne humide.- CEMAGREF, Division Techniques Forestières moyenne montagne - collection ETUDES Forêts n°4 - octobre 1990 - 119 p.

C'est une étude de faisabilité d'association sur un même terrain d'un élevage prospère et de la culture d'arbres pour une production de bois d'oeuvre de qualité déroulage tranchage en moyenne montagne humide.

L'ouvrage, après en avoir présenté le principe, analyse les différentes techniques à utiliser, choix des essences, type de plantation, travail du sol, plantation, protection des arbres, suivi. Il examine les aspects socio-économiques et réglementaires. Il conclut sur la possibilité économique, en l'état actuel des connaissances, de dominer les compétitions arbre-herbe-animal et fait ressortir les points de connaissance, les points de doute qu'il faudra expérimenter et les points d'ignorance à étudier. Il propose un programme de recherches et d'essais.

GUITTON J.L., DE MONTARD F.X.

Conception d'une agroforesterie en moyenne montagne française.- in XIXème congrès mondial de l'IUFRO à Montréal - 5-11 août 1990 - volume 2 pp. 312-325.

L'agroforesterie, soit l'association sur un même terrain de l'arbre et de l'agriculture, n'est pas une nouveauté en Europe; combattue par l'intensification et la mécanisation de l'agriculture, elle subsiste encore sous la forme de pâturage sous forêt claire et de bocage.

Cependant, les besoins de diversification de l'agriculture, les progrès scientifiques et techniques permettent d'envisager hors forêt la production de bois d'oeuvre de qualité déroulage-tranchage à prix élevé. Il est possible d'envisager un renouveau du sylvopastoralisme dans ses formes rélictuelles et surtout dans une nouvelle association, la plantation à faible densité d'arbres à bois précieux dans des prairies. Cet article en développe la conception, les difficultés de mise en oeuvre et les recherches entreprises.

FORET DE MONTAGNE - DEPARTEMENT MONTAGNE

BERGER F., CHANDERSIS A., COLLAS A., DESCROIX L.,RUPE C.

Les forêts de Haute-Tarentaise et leur fonction de protection - CEMAGREF - division Protection contre les érosions - Grenoble - 14 p + annexes et cartes.

Il s'agit d'une étude conjointe CEMAGREF/ONF, réalisée à la demande de l'Association des communes forestières de Savoie.

Sur la base de croisements cartographiques, en particulier la cartographie des risques naturels réalisée par le service RTM de Savoie et d'une enquête de terrain axée sur les problèmes de stabilité et d'exploitation, cette étude a pour but d'éclairer les décideurs sur l'ampleur des actions à mener et sur les priorités à fixer.

DARRACQ S.

Dynamique de la végétation dans les Alpes du Sud (de nouveaux outils pour essayer de résoudre d'anciens problèmes) - Colloque Forestannée 1990 - Contribution volontaire - 14 p.

Cette contribution présente les travaux réalisés dans la région de Bayon-Clamensane, en mettant l'accent sur la démarche, en insistant sur les outils utilisés (système de gestion de base de données relationnelle ; système d'information géographique et cartographique automatique ; système d'analyse et de traitement d'image).

MULLENBACH P.

Résultats expérimentaux concernant certaines espèces et provenances de conifères exotiques (et autochtones) qui intéressent les reboisements d'altitude. CEMAGREF division Protection contre les érosions - Grenoble - 117 p.

Cette étude reprend sous forme de tableaux l'ensemble des résultats obtenus par les différentes essences exotiques introduites sur les 45 dispositifs encore utilisables de l'expérimentation "Reboisement d'altitude".

MULLENBACH P.

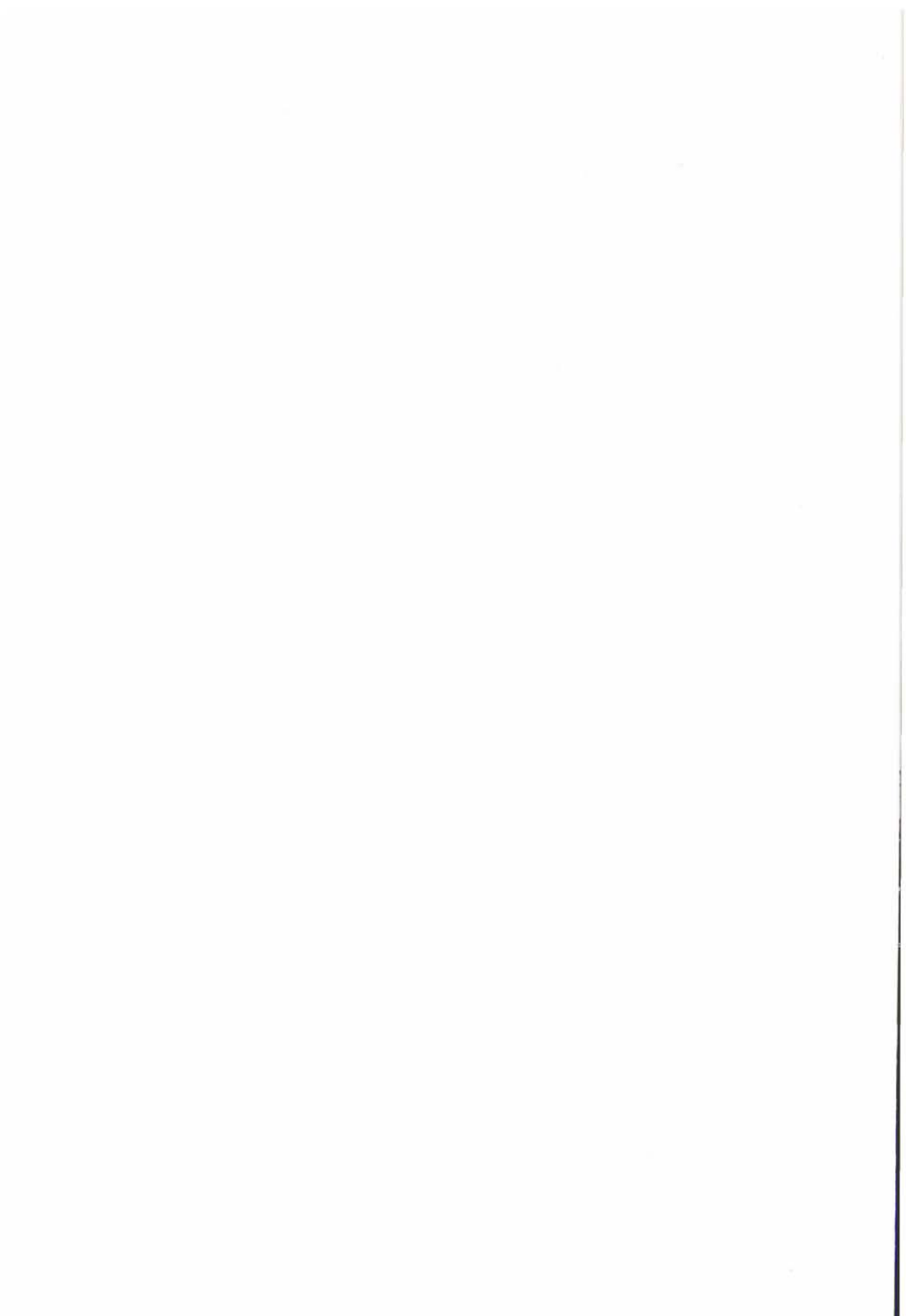
Influence d'une barrière à neige sur un jeune reboisement. Quatrièmes entretiens du Centre Jacques Cartier Rhône-Alpes ; 4-7 décembre 1990. Colloque "Dynamique des risques naturels et glaciologie". 9 p.

RUPE C.

Etude du peuplement forestier de protection de St Martin-le-Vinoux. CEMAGREF - Division Protection contre les érosions - Grenoble - 35 p. + annexes

Cette étude s'efforce d'approfondir le rôle actuel et potentiel de protection de la forêt contre les chutes de blocs. Elle repose sur l'utilisation et l'interprétation des résultats de simulation de chute de blocs développées sur cinq profils différents (simulations réalisées par l'ADRGT). A partir de là, elle propose une stratégie d'intervention.

3. Notes d'Informations Techniques



La forêt du canton de la Chaise-Dieu

Un exemple de potentiel de production et d'emplois

J.-L. Guitton

A la demande de la Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt d'Auvergne, le groupement CEMAGREF de Clermont-Ferrand, et plus précisément les divisions Techniques et Economie des Exploitations d'élevage Bovin et Ovin (TEEBO) et Techniques Forestières (TF), mènent depuis deux ans des études de zones rurales fragiles.

Deux grands types de questions sont posés

Quel est l'avenir de l'agriculture, quel taux de déprise agricole peut-on prévoir dans les quinze années à venir selon les règles économiques actuelles ?

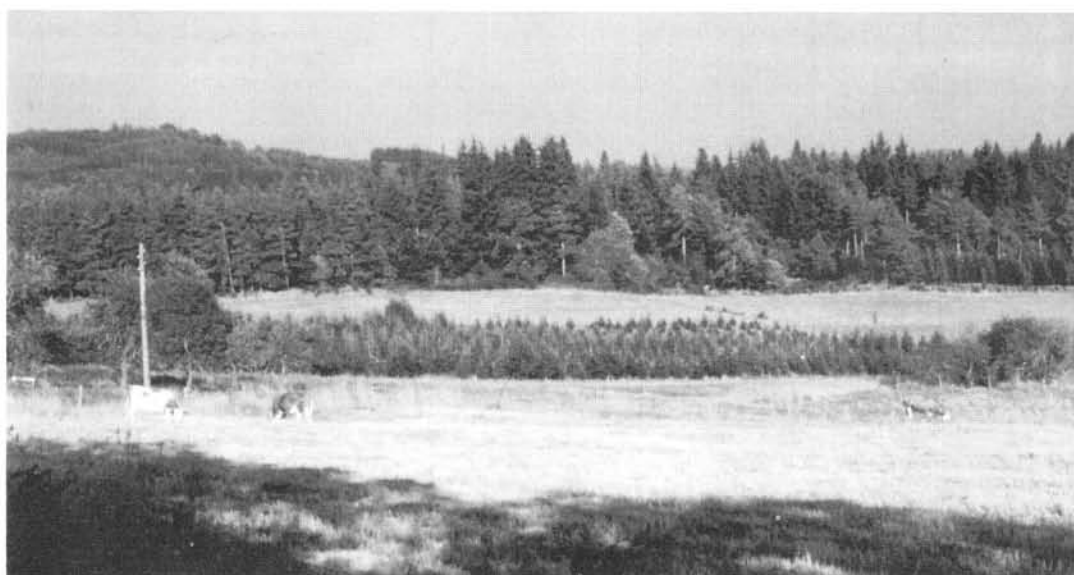


Photo 1 - Expansion progressive de la forêt sur l'agriculture (CEMAGREF, Clermont-Ferrand)

La forêt, les équipements de loisir peuvent-ils utiliser les terres libérées par l'agriculture ?

Pour y répondre, il est nécessaire de faire le point sur l'activité économique d'une petite région rurale, d'en dégager les perspectives d'évolution par l'élaboration d'un scénario probable pour les tendances actuelles, scénario "au fil de l'eau", et ensuite construire des scénarios contrastés en fonction d'interventions extérieures (implantation touristique nouvelle, déclin d'activité...).

Parmi les quatre petites régions étudiées, le canton de la Chaise-Dieu se distingue par l'importance de la forêt, tant en surface qu'en potentialité de production :

– ce canton a un fort taux de boisement, 60%, que l'on retrouve dans toutes les régions de fort exode rural (Montagne Noire, Monts de Lacaune, Plateau de Millevaches, Forez) alors que le Massif Central, globalement, est moyennement boisé (29 %);

– par contre, à la différence de ces précédentes régions plus récemment boisées, la majorité des forêts de la Chaise-Dieu est suffisamment ancienne pour être en âge de production et alimenter une industrie de transformation.

Aussi, dans le cadre de cette étude, il s'est avéré nécessaire de bien connaître la forêt et la filière bois de ce canton en répondant à plusieurs questions :

- Quel est son potentiel de production ?
- Quelle est la récolte réelle ?



Photo 2 - Exemple de reboisement artificiel : plantation de jeunes épicéas (CEMAGREF Clermont-Ferrand)

- Quel est l'impact économique de la filière bois ?
- Quel peut en être l'avenir ?

Ce fut le sujet d'un stage de troisième année pour un élève ingénieur des travaux des eaux et forêts, Jean-Michel Escurat.

L' étude a été menée en plusieurs étapes

Ont été effectués :

- des recherches bibliographiques à partir des données de l'Inventaire Forestier National, des données cadastrales, des monographies régionales, des statistiques régionales (INSEE, DRAF);
- un inventaire de terrain: la connaissance des forêts s'appuie sur l'observation détaillée de 154 placettes (143 réparties statistiquement et 11 volontaires pour les peuplements peu représentés),
- des enquêtes auprès des agriculteurs travaillant en forêt, des scieurs;
- la synthèse de ces différents éléments pour l'élaboration du diagnostic de la situation présente et des principaux scénarios d'évolution.

Principales conclusions

Cet article reprend les conclusions du rapport de Jean-Michel Escurat intitulé «Etude forestière du canton de la Chaise-Dieu».

La forêt de la Chaise-Dieu est en constante expansion; elle est constituée d'une sapinière jeune productive sous-exploitée; elle alimente une filière bois moyennement développée; elle pourrait demain devenir une base du développement économique local.

Une forêt en constante expansion

Le canton de la Chaise-Dieu, au nord du département de la Haute-Loire, à la limite du Puy-de-Dôme, se trouve dans la région naturelle du Livradois. C'est un plateau hercynien aux altitudes de 1.000-1.200 m, entaillé de profondes vallées par des ruisseaux affluents de l'Allier. Le substrat géologique, à base de granites, gneiss et micaschistes, donne naissance à des sols acides et filtrants. Le climat est montagnard : plus de 120 jours de gelée par an, une température moyenne annuelle de 8°C et des précipitations variant de 850 mm à 1.100 mm de type semi-continentales, avec deux pics en mai-juin et août-septembre.

On se trouve dans le domaine privilégié du sapin au-dessus de 900-1.000 m d'altitude, du pin sylvestre en-dessous.

La forêt couvre une proportion du territoire deux fois plus élevée (58 %) dans le canton de la Chaise-Dieu que sur l'ensemble du Massif Central (29 %) : sur une superficie totale de 18.391 hectares, la forêt représente 10.570 hectares, se répartissant selon les principales distinctions cadastrales en :

- 5.430 ha de sapinière (sapin dominant);
- 2.460 ha de pinède (pin sylvestre dominant);
- 1.780 ha de plantations résineuses de moins de 30 ans;
- 900 ha de bois feuillus et mélangés.

Le paysage forestier est donc marqué par la prédominance des sapinières, qui forment une large couronne dans le canton, interrompue seulement en deux endroits, au nord sur la commune de Cistrières et, au sud, sur Sembadel et Félines; là, le sapin, pour des raisons de climat et de profondeur de sol, ne remplace pas le pin sylvestre.

En périphérie de ces grands massifs de sapinières, on retrouve une mosaïque complexe de pinèdes, de reboisements et d'enclaves agricoles. Les terres agricoles, presque toutes placées sous réglementation des boisements, sont soumises à une forte pression de reboisement, tant naturelle qu'artificielle.

Il semblerait, à la lecture des archives, que le paysage forestier ait évolué récemment vers son aspect actuel : après une forte poussée de défrichements correspondant à l'apogée religieuse du monastère de la Chaise-Dieu au Moyen-Age, la place de l'agriculture s'est réduite aux XVI^e et XVII^e siècles avec une colonisation par le pin sylvestre des terres abandonnées. Plus ou moins rapidement, le sapin s'est ensuite installé naturellement sous le couvert des pins donnant ainsi naissance de proche en proche aux sapinières actuelles.

Depuis la première et surtout la seconde guerre mondiale ainsi que l'instauration du FFN (Fond Forestier National), l'espace agricole s'est trouvé réduit par une autre forme d'extension forestière : les reboisements artificiels (17 % de la surface boisée actuelle). L'épicéa commun a d'abord été l'essence de prédilection des reboiseurs mais, depuis les années 1975/80, le douglas lui est préféré. Ces boisements artificiels, bien qu'importants en surface, ne jouent pas pour l'instant de rôle sur le plan économique (photo 2).

Cette expansion progressive de la forêt aux dépens de l'agriculture s'illustre également par le morcellement extrême de la propriété : la forêt est essentiellement privée (à 95 %); la propriété moyenne de 2,2 hectares est divisée en trois parcelles. On ne dénombre que sept forêts de plus de 25 hectares d'un seul tenant totalisant 354 hectares. Seule une minorité de propriétaires (22 %) réside dans le canton. Cependant, 51 % habitent les cantons ou le département limitrophes et peuvent aisément suivre des travaux dans leurs forêts.

Il existe donc un double mouvement

- une extension naturelle et artificielle continue de la forêt au détriment des zones agricoles jusqu'à entraîner la fermeture des petites clairières actuelles;
- une dissémination naturelle du sapin dans les pinèdes et les boisements artificiels, sauf dans la partie sud, trop sèche.

Une sapinière jeune, productive, sous-exploitée

C'est par une étude de typologie de peuplements forestiers qu'on a pu connaître précisément la nature et la composition des différentes forêts, des sapinières tout particulièrement, qui représentent 70% des forêts résineuses adultes.

La démarche utilisée est analogue à celle suivie par Herbert et Rebeiro pour les Hautes Chaînes du Jura (1971), Léonard et Parquet pour le Vercors drômois (1985). Elle est basée sur l'étude, avec analyse de données, des caractéristiques des peuplements forestiers (recueillies par un inventaire).

On en déduit la densité à l'hectare, la proportion des diverses catégories de bois :

- petit bois classé de diamètre 5 à 20 cm;
- bois moyen 25 à 40 cm;
- gros bois 45 à 60 cm;
- très gros bois 65 cm et plus.

On détermine la composition en essences forestières et la définition de types de peuplements.

Caractéristiques de la sapinière

On note :

- une allure très régularisée où prédomine toujours une seule classe de diamètre :
- petits bois - bois moyen (20-25 cm) pour 14 % des peuplements;
- bois moyen (30-35 cm) pour 40 % des peuplements;
- bois moyen -gros bois (40-45 cm) pour 38 % des peuplements.

La forte densité à l'hectare est illustrée pour le type de sapin dit "régularité dans les bois moyens" par le tableau 1.

La productivité est forte, de l'ordre de 10 à 12 m³/ ha/an selon les données à l'Inventaire Forestier National.

Tableau 1 - Densité comparée des sapins dans trois régions

	Nombre de tiges/ha	Surface terrière* m ² /ha	Volume m ³ /ha
Haut-Jura	300	27	270
Vercors drômois	400	35	340
La Chaise-Dieu	467	40	407

*La surface terrière se définit comme la somme des sections à 1,30 m de tous les arbres présents dans la parcelle.

La forêt adulte est jeune, comme l'illustre la répartition en classes d'âge des sapinières pures :

40-50 ans	5 %
50-60 ans	16 %
60-70 ans	17 %
70-80 ans	20 %
80-90 ans	14 %
90-100 ans	13 %
plus de 100 ans	14 %

Cette structure s'explique par l'histoire et la sylviculture pratiquée.

En effet, la sapinière de la Chaise-Dieu est une sapinière de première génération, issue de l'implantation du sapin sous les pins sylvestres au début du siècle. Elle est à l'âge de l'accroissement annuel maximum. Le passage à la deuxième génération n'est pas encore commencé.

On y pratique une sylviculture de récolte des gros semenciers préexistants ou des pins en mélange, sans éclaircir les arbres plus jeunes. Le maintien d'une très grande densité empêche l'installation de toute régénération naturelle.

Cette sylviculture signifie un faible niveau de récolte qu'on a pu estimer à 55 % de l'accroissement annuel : 6,6 m³/ha/an, soit 36.000 m³/an. Le maintien du niveau actuel ferait passer le capital moyen sur pied de 477 m³/ha actuellement à 536 m³/ha en l'an 2000, aggravant les risques phytosanitaires dus aux chablis et aux attaques parasitaires (Pissodes, en particulier en cas de sécheresse). La grande proportion d'arbres atteints de dorges, renflements de la tige dus au champignon *Melampsorella caryophyllacearum*, est généralement attribuée à la surdensité.

Avec le pin sylvestre, on constate les mêmes tendances de capitalisation dont les effets se trouvent atténués du fait de la croissance plus faible (7,7 m³/ha/an) : le prélèvement peut être estimé à 21% de l'accroissement annuel et le volume moyen 376 m³/ha. La plupart des coupes visent à laisser la place au sapin présent en sous-étage.

Globalement donc, la forêt adulte du canton de la Chaise-Dieu, qui couvre près de 8.000 ha, est à un stade de son évolution très productif (plus de 10 m³/ha/an, soit 84.000 m³/an), mais le niveau de récolte est trop faible (40.000 m³/an). On peut considérer que le volume sur pied à l'hectare atteint une limite au-delà duquel les risques de chablis et d'attaques phytosanitaires deviendront insupportables.

La filière aval

La filière aval, surtout de première transformation, est proportionnée au volume récolté.

La récolte annuelle de 40.000 m³ de bois et son traitement constituent une grosse source d'activité puisqu'on peut considérer que la filière bois emploie directement l'équivalent de 133 postes à temps plein sur un millier recensé dans le canton.

- 24 emplois en exploitation forestière représentent de nombreux emplois à temps partiel. Au moins une trentaine d'agriculteurs exercent une activité d'abattage ou/et de débardage et traitent environ 50 % du volume abattu chaque année, à raison de 1,5 à 2 mois de travail en forêt par an. Cependant, un tiers de ces agriculteurs n'a pas de succession et un quart a une succession incertaine. Ils seront vraisemblablement remplacés par des professionnels à temps plein, habitant peut-être d'autres cantons.

- 75 emplois sont occupés à la première transformation. Les onze scieries ont traité, en 1988, 56.800 m³ de bois dont 35.600 en provenance du canton de la Chaise-Dieu, pour une production finale de 35.500 m³ (77 % de sapin-épicéa, 23 % de pin sylvestre). Le diamètre moyen de l'arbre traité est 35-40 cm, ce qui correspond aux bois moyens de la sapinière casadéenne.

Depuis 1980, huit de ces scieries se sont modernisées, ce qui a permis d'accroître la capacité de sciage et de maintenir les emplois. A l'avenir, les nouveaux gains de productivité donneront la possibilité de scier davantage, sans toutefois créer de nouveaux postes de travail : les scieries du canton sont en effet en retard par rapport au reste du département de Haute-Loire (470 m³/ homme/an contre 600).

- 29 emplois sont occupés en deuxième transformation (menuiserie, charpente, meubles). La proximité de la matière première ne constitue plus un atout majeur devant la difficulté de trouver une main-d'œuvre qualifiée ou les problèmes liés à l'enclavement en zone de montagne. Ainsi est-il difficile de prévoir l'avenir et l'orientation de ces usines en matière d'emplois.

- 5 autres emplois proviennent d'autres activités liées à la forêt, dont les pépinières forestières.



Photo 3 - Fermeture d'une vallée par reboisement (CEMAGREF Clermont-Ferrand)

La forêt procure donc directement 133 emplois à plein temps : leur maintien sur place est lié à beaucoup de facteurs extérieurs à la forêt elle-même (services offerts dans le canton, maintien de la pluriactivité agricole, compétitivité des industries locales).

Dans les conditions actuelles de récolte, la variation d'emploi peut être estimée à plus ou moins 30 emplois selon les hypothèses, le maintien du travail à temps partiel des agriculteurs pour l'exploitation forestière ou leur remplacement par des professionnels à temps plein.

Demain la forêt, base du développement économique local ?

Aujourd'hui, si la filière bois, particulièrement la première transformation, est proportionnée au niveau de la récolte, elle paraît bien faible en regard de la surface boisée et de sa production, et en comparaison avec les autres secteurs d'activités ! La filière bois ne représente que 15 % des emplois; elle se place derrière l'agriculture (39 %) qui décline très vite, l'industrie et le BTP (23 %), à égalité avec le commerce-artisanat (13 %).

L'analyse de l'évolution récente de ce canton est sombre : la vie s'y est ralentie au cours des années alors que la forêt s'emparait de l'espace libéré par l'agriculture ! (photo 4).



Photo 4 - Pression de la forêt sur l'agriculture (CEMAGREF Clermont-Ferrand)

La population est passée de 3.761 habitants en 1962 à 2.565 en 1982 (soit 14 habitants/km²) tout en se concentrant pour 1.425 d'entre eux sur les trois communes de la Chaise-Dieu, Félines et Sembadel : toutes les autres communes ont moins de 10 habitants au km² et perdent tout service, même l'école.

On compte actuellement moins de 200 exploitations agricoles, mais un tiers doit disparaître dans les cinq années en libérant 20 à 25 % de la surface agricole. La localisation de ces terres en clairières dispersées devrait conduire au reboisement d'une grande partie de ces 1.000 ha.

La forêt et la filière bois peuvent-elles constituer un facteur de développement à hauteur de leur potentiel productif ?

Un niveau de récolte de 100.000 m³/an

Pour obtenir une décapitalisation raisonnable des peuplements forestiers, il faudrait exploiter au minimum 120 % de l'accroissement annuel actuel, et ce rythme pourrait être maintenu très longtemps puisque arriveront ensuite en production les boisements résineux. On peut donc estimer à 100.000m³/an la récolte souhaitable à atteindre le plus rapidement possible.

Seule une proportion importante de coupes à blanc (en priorité dans les peuplements régularisés dans les gros bois) peut permettre de réaliser économiquement cet objectif :

- les coupes d'amélioration, surtout dans des peuplements aussi denses, ne permettent jamais d'atteindre le niveau de prélèvement souhaité;
- leur mise en œuvre est trop coûteuse (temps de marquage, difficultés d'exploitation).

Ce régime d'exploitation ne paraît pas dangereux dans le canton de la Chaise-Dieu, car la structure très morcelée (la parcelle moyenne mesure 0,60 ha) et jardinée en raison de la juxtaposition de parcelles d'âge différent doit permettre d'éviter la destruction du massif forestier par expansion des périmètres coupés du fait de chablis en tâche d'huile. La régénération naturelle sera facile à obtenir des semenciers des parcelles voisines.

Enfin, on pourra viser, dans certaines zones où le sapin arrive en limite écologique à cause d'une hygrométrie insuffisante, le remplacement par d'autres essences plus adaptées telles les pins sylvestre et laricio et même dans son aire de développement optimal l'enrichissement par des essences plus productives comme le douglas.

Ces coupes fournissent aux scieries des produits qu'elles travaillent préférentiellement puisque la majorité des arbres à exploiter sont des moyens - gros bois.

Une soixantaine d'emplois nouveaux

Les conséquences sur l'emploi peuvent être évaluées à une centaine d'emplois directs nouveaux, moitié en exploitation forestière, moitié en scierie. Il y a doublement de l'activité de récolte et création d'une trentaine d'emplois d'exploitation forestière; sur les bases de productivité des scieries de 600 m³ sciage/homme et par an et d'un taux de transformation de 60 %, les scieries emploieront une centaine de personnes, créant ainsi une trentaine d'emplois nouveaux.

Ce scénario optimal pour la mise en valeur et l'avenir du potentiel forestier du canton de la Chaise-Dieu n'est pas irréaliste car :

- la plupart des scieries du canton, mais aussi des cantons voisins, se sont déjà modernisées et sont appelées à accroître prochainement leurs capacités de production : il faut aussi installer de nouvelles unités si l'on veut atteindre le niveau de sciage souhaité;
- beaucoup de propriétaires peuvent être amenés à réaliser leur capital du fait de successions (âge moyen 60 ans), du poids de l'impôt local et l'éloignement (79 % des propriétaires non résidents) : la parcelle moyenne, sur les bases déjà énoncées, peut rapporter environ 80.000F.

Si le scénario de développement de la récolte paraît vraisemblable, l'incertitude demeure sur la part des emplois effectivement créés dans le canton :

- l'exploitation forestière, vraisemblablement, se fera localement : des agriculteurs, surtout si la collecte laitière cesse, auront une activité de bûcheronnage-débardage à temps partiel, en majorité dans les premières éclaircies résineuses.
- les nouveaux bûcherons, débardeurs, transporteurs grumiers ne s'installeront sur place que si l'offre de services leur convient (école, garages...);
- de même, l'activité supplémentaire de sciage sera prise par les entreprises les plus performantes. Le lieu d'implantation d'unités nouvelles (une est actuellement à l'étude) sera capital pour l'emploi dans le canton.

Malgré ces incertitudes, du fait de l'existence de ce grand gisement de bois, on peut estimer raisonnablement que d'ici dix à quinze ans, une cinquantaine d'emplois supplémentaires pourraient être créés dans le canton par la filière bois. Une politique volontariste attractive pour des entreprises de première et de deuxième transformations pourrait faire grossir significativement ce nombre et faire de la forêt et du bois un pôle d'activité majeur du canton.

Ainsi, la connaissance approfondie des peuplements forestiers et de leurs potentialités de production, l'étude de la filière aval de récolte et de transformation, la synthèse sur l'activité économique actuelle et l'établissement de scénarios d'évolution en liaison avec les contraintes de tous ordres préalablement établies, ont mis en évidence les principaux enjeux et les potentialités du canton de la Chaise-Dieu.

Cette étude a également permis à la division «Techniques Forestières» de Riom, en liaison avec la division «Techniques et Economie des Exploitations d'élevage Bovin et Ovin», d'établir une méthode de travail reproductible à d'autres zones rurales fragiles.

Utilisation des eaux usées en forêt méditerranéenne

Bilan de l'essai de Cogolin

C. Ripert

L'expérimentation de Cogolin a pour objectif principal de tester in situ la possibilité et l'intérêt de l'utilisation en forêt méditerranéenne d'eaux usées domestiques après un traitement plus ou moins poussé en station d'épuration.

Le projet s'insère au départ dans la perspective d'un assainissement général du golfe de St Tropez qui présente des signes de pollution directement liés aux rejets des stations d'épuration riveraines; ces rejets augmentent considérablement pendant la saison estivale avec l'afflux des vacanciers.

L'espace forestier, grâce à l'activité de son écosystème et plus particulièrement de son sol pourrait absorber et épurer les effluents supplémentaires estivaux et peut-être les valoriser par un gain de croissance de la végétation forestière.

Ce processus ne doit cependant pas provoquer une pollution de l'environnement et ne pas nuire à la forêt qui, en zone méditerranéenne, est déjà fragile et soumise à bien des contraintes de gestion.

L'essai a débuté en 1982 (1). Il avait pour objectif :

- de tester le fonctionnement et la fiabilité des installations,
- de mesurer la fonction épurative de l'écosystème forestier dont nous rappelons brièvement les principaux résultats obtenus par les analyses de la Société du Canal de Provence,
- d'apprécier la réaction de la forêt, aspect qui sera plus longuement développé dans cet article, et qui porte :
 - sur les gains de croissance enregistrés par la végétation forestière en fonction des doses d'effluents apportées et des techniques d'irrigation utilisées, aspersion ou irrigation,
 - sur l'impact plus général sur le milieu forestier avec comme contexte régional particulier, les incendies de forêts.

(1) L'essai a été entrepris avec : la municipalité de Cogolin (maître d'ouvrage), la DDA du Var (maître d'œuvre), la Société du Canal de Provence (S.C.P.) (Analyses), le CEMAGREF division irrigation (équipement d'irrigation) et CEMAGREF division Techniques Forestières Méditerranéennes (impact forestier), l'Institut Technologique d'appui au Co-développement (ITAC).

Après plusieurs années de fonctionnement, l'expérience de Cogolin permet de faire quelques recommandations pour la réalisation d'autres projets. Elles concernent notamment les caractéristiques du site à choisir et les contraintes particulières de maintenance et d'entretien qui doivent être prises en compte dès le départ.

Description de l'essai

Le site

La parcelle expérimentale est distante d'environ 3 km de la station d'épuration et légèrement plus en hauteur. Elle est à cheval sur les versants opposés d'un Talweg orienté au nord. Elle présente :

- des parties plates et des versants de pentes diverses localement fortes (35 %),
- des sols d'épaisseur variable, rarement très profonds, de texture sablo-limoneuse, reposant sur des micaschistes imperméables.
- la formation végétale initiale est une suberaie claire (chêne liège) mélangée de Chêne blanc, Chêne vert, Pin maritime. Le sous-bois dense, constitué de bruyère arborescente et de calycotome caractéristiques du maquis, a été broyé, les arbres en place petits et grands étant préservés.

Dans les trouées, des plantations complémentaires ont été réalisées; les essences plantées sont :

- en janvier 1982 (zones A et I) : Chêne rouge d'Amérique - Erable sycomore - Orme de Sibérie - Frêne à fleurs - Merisier - Eucalyptus,
- en janvier 1983 (zone B, C, D et II) : Ailantes - Aulnes de Corse - Chênes-lièges - Micocouliers - Pins pignons - Platanes d'Orient (Iran) - Robiniers - Saules - Sophoras.

Des regarnis ont été réalisés avec : *Eucalyptus gunii*, *Eucalyptus macarthurii*, *Eucalyptus dalrympleana*, Peuplier blanc, platane d'Orient et Cyprès vert.

Les équipements d'irrigation (figure 1)

● A la station d'épuration

Les effluents sont prélevés à la sortie du décanteur secondaire de la station d'épuration. Ils arrivent dans une bêche de stockage et sont aspirés au moyen d'un **filtre flottant autonettoyant** placé en aspiration (vide de maille du tamis : 180 μ) et d'un filtre de sécurité placé en aval du groupe de pompage (vide de maille du tamis : 120 μ).

Un **programmeur horaire** permet d'irriguer indépendamment quatre zones différentes par l'intermédiaire de quatre vannes électriques (micro-irrigation).

La conduite de refoulement, en PVC, a une longueur de 2 700 m, et relie le poste de relèvement et la zone forestière.

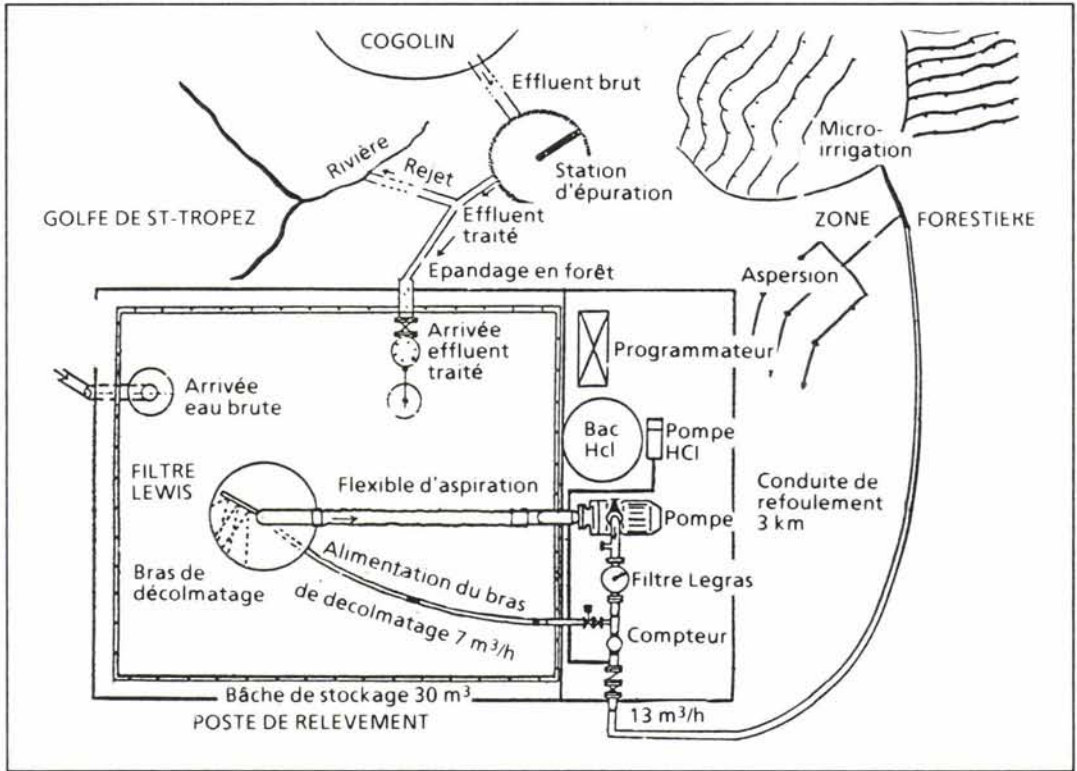


Figure 1 - Schéma général des installations

● Sur le terrain

Deux zones I et II de 0,26 ha chacune sont irriguées par aspersion. La distribution est effectuée par trois rampes fixes portant chacune quatre asperseurs.

Quatre secteurs A, B, C, et D sont irrigués en micro-irrigation (surface totale : 1,66 ha). La distribution de l'eau est assurée par un réseau de tuyaux en polyéthylène équipés d'ajutages calibrés en laiton de 1,2 à 2,1 mm de diamètre et prolongés par un tube conducteur jusqu'au plant à arroser.

L'eau d'irrigation

Les doses ont été calculées par rapport à une estimation de l'Evapo-Transpiration-Potentielle (ETP) (1) de Penman, donnée, chaque décade, par la station météorologique de Fréjus.

Elle sont de 1 ETP en aspersion. En micro-irrigation, elles varient de 0,5 à 1 ETP selon les parcelles. La dose 2 ETP a été supprimée à cause des percolations qu'elle provoquait.

Qualité de l'effluent : MES (matière en suspension) 20 mg/l après filtration (assez faible) - PH proche de la neutralité (plutôt basique) - minéralisation assez faible : 700 µs/cm à 20°C - DCO (demande chimique en oxygène) : entre 5 et 86 mg/l, moyenne 46 mg-l - azote ammoniacal prédo-minant (30 mg/l en NH₄ +) - présence d'azote nitrique (6,5 mg/l en NO₃) et azote nitreux (1,2 mg/l en NO₂) non négligeable - concentration bactériologique classiques : 10⁶ à 10⁷ coliformes totaux dans 100 ml, 10⁵ coliformes fécaux dans 100 ml, 10⁴ à 10⁵ streptocoques fécaux dans 100 ml.

L'effluent utilisé constitue une eau d'irrigation ne devant pas entraîner de problèmes majeurs pour les espèces végétales arrosées.

Fonctionnement des équipements, risques sanitaires et impact sur la végétation

Fonctionnement de l'équipement hydraulique et d'irrigation

Les campagnes d'irrigation débutent en mai à partir du moment où les précipitations ne couvrent plus l'ETP et elles se terminent en septembre-octobre avec l'arrivée des pluies d'automne. Le fonctionnement dure 5 à 6 mois, il est donc discontinu et comporte une période d'hivernage qui induit certaines contraintes en plus de la maintenance normale.

● *A la station (poste de relèvement)*

Pendant la saison d'irrigation l'ensemble de l'équipement hydraulique doit faire l'objet d'un entretien assez fréquent mais peu important. L'hivernage, consistant à une vidange des conduites, vannes, filtres doit être réalisé avant les premières gelées.

● *Sur le terrain*

La fiabilité de l'installation d'irrigation par **aspersion** en couverture intégrale n'est plus à démontrer, même en eau usée : le bouchage des buses d'asperseur de 4 mm de diamètre n'est pas à craindre avec une eau filtrée à 120 microns et les tubes d'alliage aluminium résistent bien à la corrosion par les sels dissous dans l'eau.

Par contre en **micro-irrigation**, même avec une filtration préalable de l'eau, il y a risque de bouchage des ajutages, les eaux usées contenant des matières en suspension de nature minérale et organique susceptibles de provoquer des obstructions d'ordre physique ou biologique, ainsi que des sels dissous pouvant entraîner des obstructions d'ordre chimique.

La fréquence de ces bouchages peut être déjà réduite en procédant, lors de l'arrêt des arrosages avant hivernage, à une purge efficace de l'ensemble de l'installation précédée d'une chloration massive (plus de 100 ppm pendant 3 à 4 heures d'irrigation).

(1) Un ETP correspond à une lame de 5 ou 6 mm d'eau au mois de juillet.

Cette pratique s'est révélée assez efficace mais elle n'exclut pas, loin s'en faut, une inspection systématique du réseau d'irrigation et de tous les ajutages en début de campagne, suivi de quelques contrôles complémentaires en cours de saison.

Les risques sanitaires et l'évolution du milieu récepteur

● **Qualité des eaux de percolation et de ruissellement**

En fonction des principaux épisodes pluvieux, différents types d'eau ont été prélevés à proximité immédiate du terrain d'expérimentation et analysés :

- pour les eaux de percolation (puits et galeries de mine), les analyses avant irrigation et en cours d'irrigation ne montrent pas de différence,
- les eaux de ruissellement (thalweg drainant tout le dispositif) présentent une qualité très variable dans le temps.

Des différences d'une unité de PH peuvent être rencontrées. Les conductivités mesurées varient d'un facteur 2 à 3. Les teneurs en nitrate passent de 1 mg/l et souvent moins à plus de 100 mg/l et les germes indicateurs de contamination fécale voient leur numération varier des limites de la détection analytique à 104/100 ml.

Les variations les plus importantes, proches pour certains paramètres d'un effluent peu épuré, sont obtenues en été après les premiers orages souvent très violents (supérieur à 100 mm) et polluent notablement les eaux de ruissellement. Leur impact est cependant fortement diminué par l'augmentation simultanée du débit des rivières.

Une zone tampon non irriguée entre l'axe du thalweg et les parcelles irriguées, permettrait de limiter les entraînements directs.

● **Evolution physico-chimique des sols**

L'irrigation apporte une amélioration très sensible des caractéristiques physico-chimiques de ces sols acides. Dans le contexte climatique méditerranéen, cette évolution devrait tendre à un équilibre entre le sol et l'effluent; le sol présenterait un PH neutre, son complexe absorbant serait saturé.



Photo 1 - Détail de la micro-irrigation sur un plan d'Ailanthé de un an (C. Ripert)

● *Problèmes bactériologiques*

L'étude de l'évolution bactériologique des sols a donné les résultats suivants :

- aucun germe pathogène n'a pu être mis en évidence, même en période d'irrigation intense. Cela témoigne de la faible survie de ces bactéries hors de leur habitat fécal d'origine (tout au moins dans nos conditions),
- les concentrations bactériennes (non pathogènes) subissent une augmentation significative en période d'irrigation.

Cette charge bactérienne est à son maximum en été (température élevée et irrigation). En hiver, elle est à son minimum quelquefois à la limite de la détection analytique. Aucun phénomène d'accumulation de la charge polluante, d'une saison d'irrigation à l'autre, ne se produit.

Effet du traitement sur la forêt (photo 2)

● *Sur les espèces introduites*

En région méditerranéenne, l'essentiel de la croissance des végétaux se produit au printemps et ceci jusqu'à épuisement des réserves en eau du sol. Dès que le stress hydrique apparaît, la croissance s'arrête définitivement jusqu'au printemps suivant.

L'intérêt fondamental de l'irrigation en période sèche est présenté sur la figure 2 qui montre l'évolution de la croissance des plants forestiers irrigués durant l'année 1984 par rapport à des sujets témoins.

En micro-irrigation (localisée), la vitesse de croissance reste sensiblement constante tout au long de la saison d'irrigation, les arbres ne semblent souffrir d'aucun stress hydrique, quelle que soit la dose d'eau apportée.

En aspersion (zone II) la croissance est fortement ralentie pendant la saison chaude. Elle redémarre toutefois après les orages du mois d'août.

L'aspersion, dont l'installation est plus simple et moins coûteuse, ne procure pas une augmentation des croissances suffisantes, du moins avec la dose de 1 ETP. Celle-ci est répartie sur toute la surface et profite beaucoup plus à la végétation adventice et notamment aux herbacées qu'aux arbres, jeunes ou adultes.



Photo 2 - Plantation à 5 ans (1987) en micro-irrigation, récemment débroussaillée (C. Ripert)

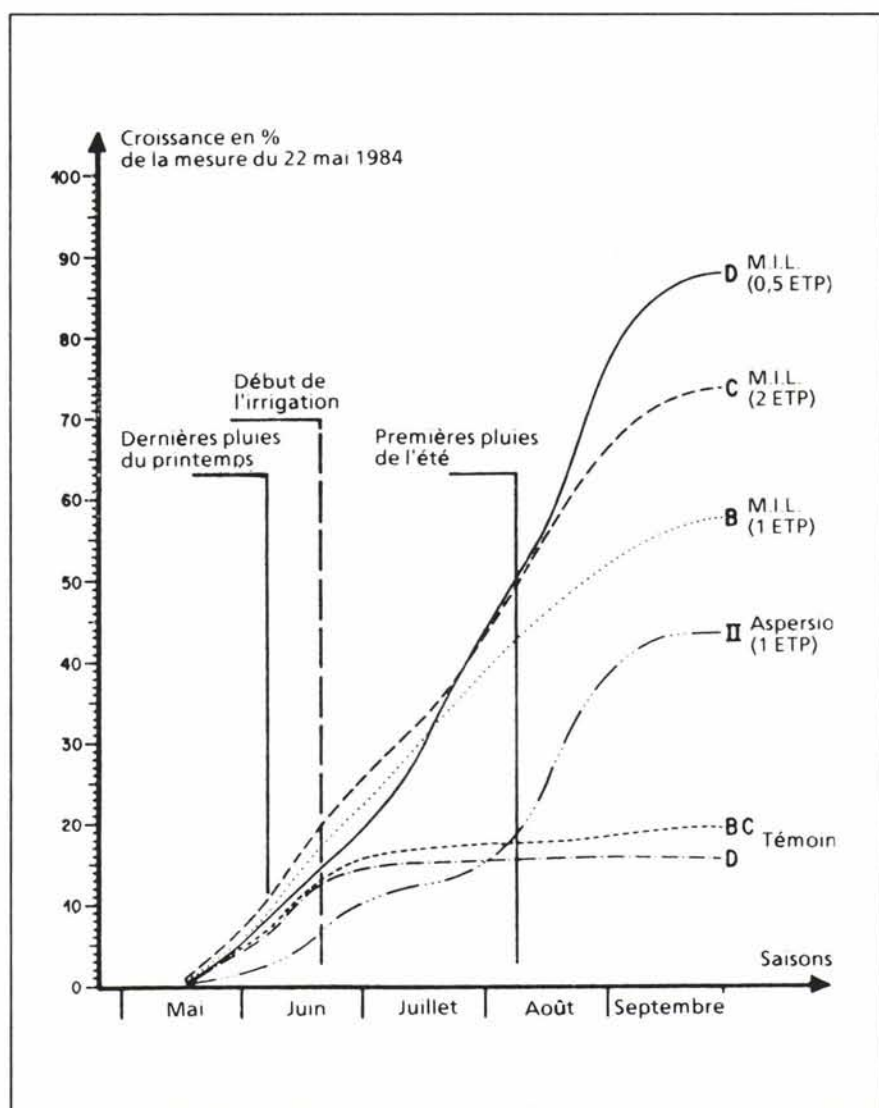


Figure 2 - Evolution de la croissance des arbres au cours de la saison d'expérimentation 1984 (toutes essences confondues)

Avec la micro-irrigation localisée en revanche, la dose calculée à l'unité de surface est en fait apportée sur environ 15 % de celle-ci, au pied des arbres. Elle est donc ponctuellement beaucoup plus importante et peut alors pénétrer en profondeur et bénéficier aux arbres. Les arbustes en bénéficient également, car nombre d'espèces du maquis ont un enracinement profond, mais il y a moins d'herbacées.

□ Croissance des arbres : résultats de septembre 1988

La mesure de la croissance a été réalisée par places réparties au hasard sur les parcelles B, C, D et II.

Elle montre et confirme les excellentes croissances réalisées par des arbres irrigués.

Les courbes (figure 3) montrent, la régularité de la croissance depuis le début de l'expérience, et ceci malgré les aléas de fonctionnement des installations hydrauliques de ces trois dernières années, entraînant des irrégularités dans l'irrigation. Des interruptions de l'irrigation de 10 ou 15 jours quelquefois plus, ont été relativement fréquentes. Elles ont fait craindre des accidents de croissance sur les jeunes plantations. Celles-ci ont quelquefois montré des signes de défaillances, puis se sont remises. Dans quelques cas particuliers néanmoins, le stress hydrique induit par ces interruptions a été fatal à la survie des plants. Mais il s'agissait d'arbres situés sur les sols les plus superficiels sans réserve hydrique.

Ces graphiques montrent que le comportement des arbres dépend de l'irrigation, mais qu'au delà d'un certain seuil leur croissance est davantage fonction de la réserve en eau du sol (profondeur, texture) que de la dose. En effet, contrairement au goutte-à-goutte classique, l'eau est apportée par dizaine de litres (30 à 60 l) au cours de chaque cycle d'irrigation (1 à 2 fois par jour). Donc l'eau a le temps de pénétrer dans le sol et maintenir un bulbe d'humidité en profondeur où se développent les racines. Les sols profonds ont ainsi l'avantage de diminuer la dépendance des arbres à l'irrigation sans toutefois la réduire totalement.

C'est ce qui explique aussi, le très large éventail des croissances enregistrées qui est dû au comportement des espèces au sein d'une même parcelle mais aussi, d'une parcelle à l'autre, à la qualité de la station, dont les critères les plus déterminants sont ici la profondeur du sol et secondairement l'exposition. Sur le graphique, les mesures relatives aux parcelles B et C ont été regroupées, afin de disposer d'une représentation statistique suffisante; en effet, les arbres y bénéficient de conditions très proches et les mesures ont des valeurs très voisines, bien que les doses soient différentes dans les deux parcelles.

Ceci laisse supposer qu'il n'y a pas d'effet dose. C'est ce que nous avons déjà démontré les mensurations des années précédentes (1984 et 1985).

La comparaison avec la parcelle D, où le sol est superficiel, nous montre qu'il y a un effet dû aux conditions de station quelle que soit la dose d'eau apportée pourvu que celle-ci soit suffisante. Les mensurations obtenues en aspersion qui sont, de loin, les moins performantes nous le confirme bien, puisque les conditions de station sont semblables à celles de D, alors que la dose d'eau, ramenée au plant (et non à l'unité de surface), est beaucoup plus faible.

Dans la zone témoin, les quelques survivants ne poussent plus ou rejettent sans cesse du pied; les mensurations ne sont plus faisables.

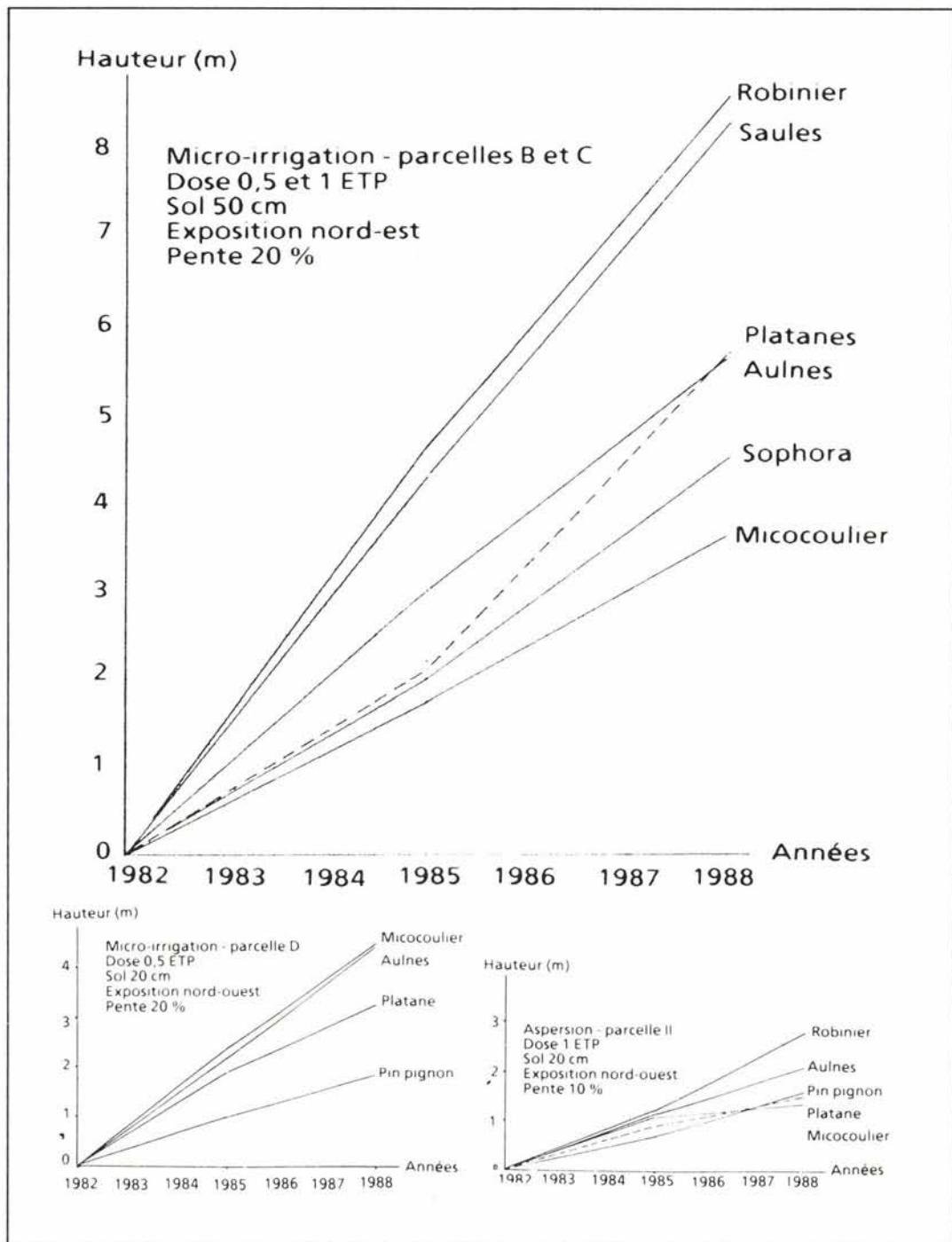


Figure 3 - Mensurations 1988

● *Effet du traitement sur la forêt autochtone*

□ *Sur les arbres*

Sur une trentaine de chênes liège et chênes blancs coupés, choisis en pleine croissance et répartis sur les zones en micro-irrigation et dans les témoins, des rondelles ont été prélevées.

L'examen des dix derniers cernes de chacune d'elles montrent (figure 4) :

- qu'avant 1983, la croissance des arbres irrigués et celle des témoins se confondent sans se distinguer et suivent l'évolution des précipitations annuelles,
- à partir de 1983, dès que l'irrigation démarre, les deux courbes divergent nettement. La courbe témoin conserve une tendance identique aux années précédentes, alors que celle des arbres irrigués s'élève nettement.

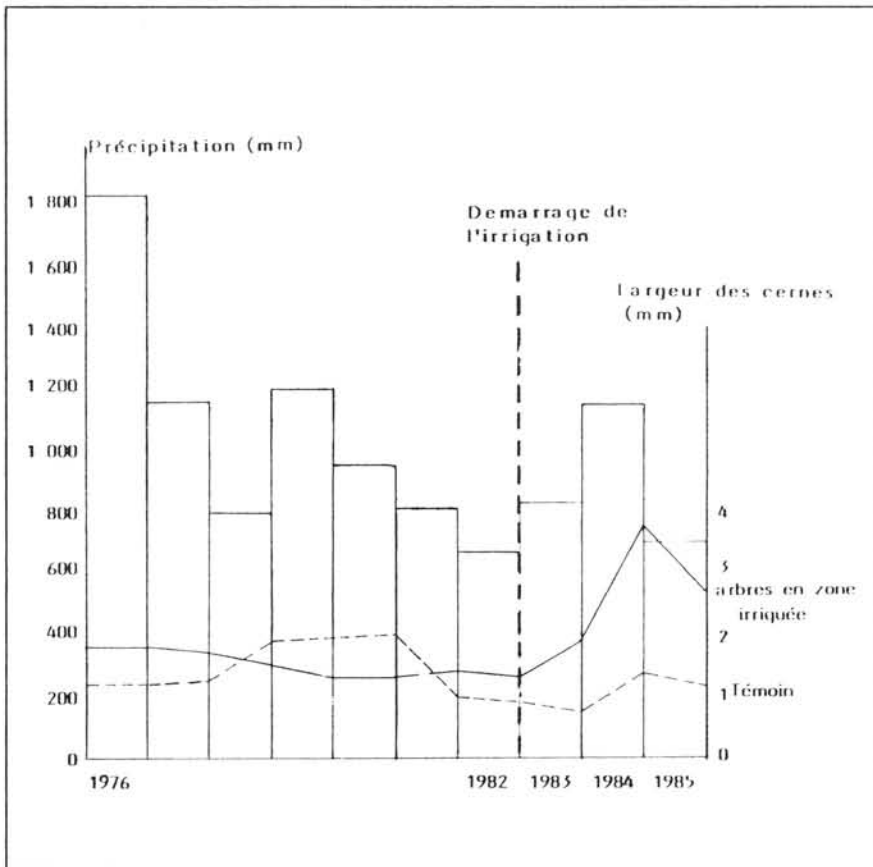


Figure 4 - Mesure sur les dix derniers cernes des chênes liège et chênes blancs naturels

Des observations plus qualitatives sont révélatrices d'une augmentation de l'activité végétative du peuplement naturel, à savoir :

- production massive de glands, de très belle taille,
- formation sur les chênes adultes de tout âge, de pousses nouvelles sur tout le pourtour du houppier. Ce qui a eu pour conséquence de fermer rapidement le couvert dans les bouquets à densité suffisante, et de commencer à restreindre la broussaille.

□ *Le développement de la broussaille*

La formation arbustive qui avait été coupée au départ a, elle aussi, réagi spectaculairement à l'apport d'eau, mais de façons différentes selon le mode d'irrigation.

La micro-irrigation a favorisé plutôt la strate arbustive ligneuse qui a rapidement retrouvé sa hauteur et sa densité initiale. Elle s'est, de plus, enrichie d'espèces nouvelles et notamment de ronces qui ont pris un grand développement.

La biomasse produite est beaucoup plus importante que dans le cas de l'aspersion. Dans cette zone, la végétation adventice s'est complètement transformée et recomposée au profit d'une strate herbacée variée et importante.

● *Problèmes liés à l'explosion de la végétation adventice*

Cette spectaculaire explosion de la végétation adventice a soulevé de nombreux problèmes et, par suite, provoqué une sérieuse réflexion sur le bien-fondé d'une telle installation.

Le problème fondamental concerne le risque d'incendie. Nous sommes en région méditerranéenne, dans la frange littorale qualifiée de zone rouge pour ce fléau. Or, on pensait, au départ de l'expérience, que l'intérêt de l'arrosage pour la forêt permettrait la fermeture rapide du couvert, ce qui aurait eu pour effet de réduire l'embroussaillage, et donc la sensibilité au feu.

Les faits nous ont montré que ce scénario ne se réalise pas aussi simplement, ni aussi rapidement.

Sous les vieux arbres, lorsque le bouquet est suffisamment grand et que les houppiers se sont rejoints, on constate une nette diminution de la végétation, ce qui est donc tout à fait prometteur. Localement pourtant, une végétation de substitution aimant l'eau et l'ombre s'est implantée ou développée. Dans le cas présent, il s'agit de la fougère aigle qui produit moins de biomasse mais peut brûler facilement quand, en plein été, ses frondes meurent et sèchent sur pied.

Les essences nouvelles introduites dans les trouées, elles, poussent plus vite en effet, mais n'assurent pas encore un couvert dense fermé et régulier. La végétation adventice y est donc très abondante et constitue une formation végétale à risque.

Le débroussaillage est donc une corollaire obligatoire de l'irrigation en zone forestière méditerranéenne tant pour la prévention des incendies que pour la maintenance du réseau.

Par ailleurs, le développement de la broussaille nuit à la pénétrabilité de la parcelle et l'accessibilité au réseau installé sur le sol. La maintenance de celui-ci est donc difficile, voire impossible à réaliser si la broussaille est trop importante.

Quand, en 1985, après 3 ans de repousse, il a fallu débroussailler, l'opération devint délicate à réaliser. Le débroussaillage mécanique était exclu en raison :

- de la topographie inadaptée,
- du peuplement naturel hétérogène,
- de l'implantation du réseau d'irrigation en courbe de niveau dont il est impossible de déceler le cheminement exact, ce qui rendit même le débroussaillage manuel assez difficile.

L'enseignement est clair :

- l'embroussaillage doit être contrôlé dès le départ, et suivi fréquemment et régulièrement,
- les projets doivent être conçus de façon à favoriser la facilité des entretiens et le contrôle du réseau.

Dans le cas présent, le problème toutefois reste difficile à résoudre !

L'utilisation de phytocide est certainement le moyen le mieux adapté. Cette solution a reçu un début d'application en juin 1988. L'opération s'est révélée assez facile et rapide, et l'efficacité des produits a été complète.

Pour autant, cette solution n'élimine pas définitivement le problème du débroussaillage. L'opération doit être poursuivie et répétée afin de maintenir la parcelle bien propre jusqu'à l'obtention d'un couvert forestier suffisant.

Perspectives et recommandations

L'ensemble des problèmes rencontrés permettent de faire quelques recommandations pour d'éventuelles et futures réalisations.

Sur le plan technologique, la micro-irrigation est certes bien adaptée aux terrains accidentés, l'implantation du réseau est cependant à revoir et le matériel à améliorer.

Mais c'est le choix d'un site mieux adapté qui est le plus fondamental.

Ainsi, des parcelles au relief plus uniforme à topographie plus régulière, de pente < 15% éventuellement plus proche de la station permettraient de concevoir des installations beaucoup plus rationnelles et faciliteraient la gestion du système (surveillance du fonctionnement, contrôle du réseau, maintenance des infra-structures, débroussaillage, etc.).

De même, des sols plus profonds de texture et de perméabilité adéquate permettraient : d'une part, de diminuer les problèmes de dépendance des arbres vis-à-vis de l'irrigation et d'accroître encore la production ligneuse; d'autre part, d'augmenter et de moduler les doses d'eau apportées et de diminuer les risques d'entraînement au moment des fortes pluies. La délimitation de zone tampon reste toutefois nécessaire.

Le recyclage d'eau usée tel qu'il est conçu à Cogolin (refoulement direct à partir de la station) constitue un maillon supplémentaire de la station d'épuration et doit être, de ce fait, intégré à son fonctionnement. Ce qui représente une charge de travail supplémentaire d'environ 10 % pour le gérant de la station pendant 6 mois de l'année.

A cette charge s'ajoute le débroussaillage des parcelles, un peu difficile à Cogolin, et coûteux s'il n'est pas régulier (environ 25.000 F. TTC/ha).

Ce prix peut être déjà réduit avec des interventions annuelles. Il peut l'être dans un rapport de 1 à 5 s'il est pris en compte dans la conception d'un projet plus rationnel utilisant de phytocides et avec la possibilité de mécanisation.

Les investissements de départ (1982-83) (hors honoraires du maître d'œuvre et tenant compte de l'aspect expérimental de la réalisation) sont les suivants (F/TTC) :

équipement de base

- poste de relèvement et conduite de refoulement : 520.000 F.
- aménagement des projets effluents bruts (1) : 120.000 F.

aménagement et équipement du terrain (2,5 ha) : 400.000 F.

Il est possible à partir de l'équipement de base d'étendre les surfaces irriguées (environ 3 fois plus).

(1) *Projet effluent brut* : il s'agit d'utiliser directement les effluents bruts pour irriguer. Pour cela on court-circuite presque totalement le cheminement habituel de traitement des effluents. On pourrait ainsi palier les fluctuations de volume d'eau à traiter, tout en évitant un surdimensionnement des équipements ou la création de nouvelles installations. Un aménagement a été étudié en 1986 et mis en place en 1987. Il n'a pas été pour le moment poursuivi dans son application.

L'utilisation des eaux usées en forêt : un moyen pour désengorger les stations d'épuration

Sur le plan technique, cette étude nous a montré que le fonctionnement et la fiabilité des installations hydrauliques et d'irrigation sont bons. Les aléas de fonctionnement sont dus à des problèmes de maintenance, qui doivent être pris en compte avec ceux, de la station d'épuration et par ceux qui en ont la charge.

L'utilisation d'eau usée en forêt est un problème d'épuration et d'environnement. Ce n'est pas un problème de forestier. La forêt n'est que le cadre de ce recyclage qui doit se faire sous certaines conditions.

L'expérimentation montre, à ce propos, que l'épuration effectuée par le sol forestier est bonne. Suffisante en tout cas pour préserver la qualité du milieu naturel récepteur.

Les eaux de percolation n'entraînent pas de pollution de la nappe phréatique. Seules, les eaux de ruissellement après de fortes pluies posent un problème, relatif toutefois. Le sol forestier absorbe et dégrade la charge bactérienne sans accumulation d'une année sur l'autre.

Concernant la réaction de la forêt, les gains de croissance enregistrés par les plantations et par la forêt autochtone montrent que l'impact est bénéfique et qu'une production forestière valable n'est pas utopique.

L'amélioration des facteurs de croissance peut également favoriser la régénération d'une forêt naturelle en phase de régression écologique.

C'est, néanmoins, des forestiers que proviennent les restrictions les plus importantes. Les contraintes d'entretien sont lourdes et problématiques dans les conditions topographiques, trop accidentées, que nous offrent le plus souvent les espaces forestiers de la région méditerranéenne.

Il faut trouver des sites mieux adaptés. Il peuvent se trouver en forêt, mais les surfaces provenant de la déprise agricole, par exemple, présentent toute les qualités requises et de plus elles ont perdu toute vocation particulière.

Le développement d'installations analogues, venant suppléer les capacités d'une station d'épuration à certaines périodes de l'année, est techniquement possible.

Il faut, pour cela, que la volonté politique qui en ferait le choix soit consciente non seulement de l'intérêt écologique du projet, mais aussi et surtout des contraintes qu'il suppose.

L'environnement dans la Communauté Economique Européenne

A la veille du marché intérieur de 1992, les leçons du passé

Jean de Montgolfier

L'Europe a pris la décision de créer un grand marché intérieur en supprimant toutes les barrières douanières qui cloisonnaient ce marché. Elle s'interroge sur les impacts qu'aura cette décision sur un certain nombre de domaines, notamment celui de l'environnement, et sur les politiques d'accompagnement propres à pallier les conséquences dommageables de ces impacts. Pour éclairer ces questions, il n'est pas inutile d'examiner les situations analogues qui ont pu survenir dans le passé. Les situations pouvant servir de comparaisons sont nombreuses.

Dans cet article, nous analyserons les conséquences de la création d'un marché national unique en France sur l'environnement dans les zones rurales de ce pays, et nous envisagerons les nouveaux enjeux relatifs à la gestion de l'environnement pour l'Europe.

A la Révolution : une unification du marché intérieur français

Au XVIII^e siècle, avant l'ère industrielle, le royaume de France était formé d'unités géographiques de petite taille qui fonctionnaient en autarcie pour l'alimentation et pour les biens et services de consommation courante. L'essentiel des échanges se faisait localement entre le bourg-centre et sa périphérie rurale. Cette symbiose étroite n'empêchait pas le commerce à longue distance, vecteur dès l'antiquité et le moyen âge de vins, de métaux, de soies et d'épices, de bois et de fourrures, etc.

Au XVIII^e siècle, le développement de l'Etat et des villes et l'augmentation des échanges entre provinces et entre nations n'avaient pas fondamentalement réduit le rôle des productions locales et ce, dans toute leur diversité. La précarité des transports, les barrières administratives, la réglementation des marchés faisaient obstacle à un vaste marché intérieur dont l'unification trouvera son aboutissement à la Révolution française.

La Révolution a institué un libéralisme qui a décloisonné la société. Elle a supprimé les particularismes, les barrières entre les provinces et aboli les privilèges corporatifs. Elle a établi un système unique de poids et de mesures, et reconstruit une réglementation plus simple et homogène pour toute la nation. Il faut remarquer que cette unification de l'espace économique s'est faite avant que n'existent des réseaux de transport efficaces, ce qui a permis d'en tirer le meilleur profit.

Cependant, les guerres de la Révolution et de l'Empire ont retardé le décollage économique qui a commencé sous la Monarchie de Juillet, puis s'est poursuivi sous le Second Empire.

Les conséquences du marché national unique pour le monde rural

L'unification du marché permit à partir de 1850 à certaines régions de développer les productions pour lesquelles elles étaient les mieux placées : céréales du Bassin Parisien, vigne du Bas Languedoc. Dans le même temps, des régions moins favorisées devaient pour survivre opter pour une spécialisation "régressive", telles que les Alpes du Sud où l'élevage ovin a remplacé la production locale de blé qui s'effondrait. Dans les Cévennes, et encore plus dans la Castagniccia Corse, le système agraire se décomposa, sans être remplacé. Dans les Monts d'Auvergne, la concurrence engendrée par l'ouverture des marchés entraîna un intense exode rural et une spécialisation des paysans riches qui possédaient un capital de départ suffisant pour la production de viande et de produits laitiers.

En effet, c'est la mise en concurrence d'économies agricoles dont les niveaux de productivité différaient qui a permis à certains exploitants, dans certaines régions, d'accumuler suffisamment de capital pour se développer, tandis que dans d'autres régions, les exploitants ne parvenaient même pas à rentabiliser leur travail et devaient donc, eux ou leurs enfants, abandonner la terre.

Dans le même temps, la concurrence des productions industrielles éliminaient peu à peu les artisans ruraux jadis très nombreux.

Les conséquences pour l'environnement

Une des principales conséquences de l'ouverture nationale du marché pour l'environnement fut la disparition des modes de gestion "autarcique unitaire", selon l'expression d'Henri Ollagnon*, qui avaient largement dominés jusque là. Les communautés rurales pré-industrielles tiraient de leur terroir local l'essentiel de leurs

*Ollagnon, H, thèse en préparation

ressources, en mettant en œuvre des pratiques souvent très complexes et élaborées, fruit d'une expérience multiséculaire soucieuse de la pérennité à long terme des milieux. Dans les régions soumises à la pression de risques naturels importants, des règles très strictes limitaient l'usage des terrains communaux, ainsi que privés. La gestion de l'environnement était intégrée dans tout le processus d'exploitation des ressources locales.

L'unification des marchés et la spécialisation des productions qu'elle provoqua, entraînent des bouleversements de ces modes de gestion "autarcique-unitaire", qui aboutirent à leur quasi-disparition, et à leur remplacement généralisé par des modes de gestion par filières, ou modes "ouverts-parcellisés".

Deux aspects de ce processus de désorganisation des anciens modes de gestion sont à considérer particulièrement : ceux liés à la déréglementation et ceux liés à la spécialisation.

La plupart des anciens droits et coutumes locaux furent abolis. La déclaration des droits de l'homme instaura la prééminence du principe de propriété privée qui comporte le droit d'user et d'abuser. Des problèmes d'environnement très graves apparurent dans les régions où la gestion privée ne permet pas d'éviter la dégradation des éléments transappropriatifs (relevant de plusieurs propriétaires à la fois) de l'environnement. En montagne par exemple, un surpâturage des parcours entraîna une accélération de l'érosion accompagnée de crues torrentielles.

L'Etat créa le service de Restauration des Terrains en Montagne (RTM). Sa mise en place s'accompagna dans certains secteurs de conflits avec la population, qui n'acceptait pas de voir l'Etat reboiser des espaces jusque là en pâturage.

Au XX^e siècle, c'est davantage la spécialisation des productions qui a entraîné des conséquences malheureuses pour l'environnement. Les gains de productivité ont accéléré l'intensification de productions agricoles spécialisées, et créé deux catégories de problèmes : des pollutions d'origine agricole dans les régions surintensifiées, et le développement des friches dû à la déprise agricole dans les régions les moins productives.

Les agriculteurs qui concentrent toute leur activité sur un petit nombre de productions n'ont plus de temps à consacrer aux multiples tâches d'entretien de l'espace. Ces tâches, les paysans les effectuaient jadis, soit durant leurs travaux quotidiens, soit à la morte-saison quand une main-d'œuvre abondante était disponible. Il s'en est suivi un abandon de la gestion fine de l'espace rural, qui peut passer partiellement aux collectivités et associations (colloque d'Angers, janvier 1990).

Pour l'entretien de l'espace, on a trop souvent recours à des moyens techniques lourds et spécialisés, qui travaillent efficacement, mais souvent sans prendre en compte les effets sur l'environnement micro-local.

Dans les zones plus difficiles, la déprise agricole aboutit à l'installation de friches qui évoluent vers la forêt spontanée. Erosion et crues ont perdu de leur importance, mais de nouveaux problèmes sont apparus : incendies dans les zones très sèches ou glissements de terrain par solifluxion de sols dont le drainage traditionnel n'a pas été entretenu.

Les principales contraintes restent liées à la dépopulation de ces régions : disparition de villages, vieillissement de la population, disparition des services. Les projets, qu'ils soient grands ou petits ont de plus en plus de mal à se mettre en place.

Ainsi en milieu rural, dans les régions à fortes déprises ou dans les régions très intensifiées, l'approche par filière génère souvent des problèmes sur l'environnement.

Un défi pour 1993 : une gestion intégrée et patrimoniale de l'environnement

La gestion par filière des éléments de l'environnement peut aboutir à des effets dommageables dus :

- au manque de cohérence entre certaines activités humaines et les interdépendances des facteurs naturels et humains de l'environnement,
- au désintérêt pour les valeurs non marchandes et à la disparition des usages correspondants,
- à la dégradation de la qualité de l'environnement, et à la disparition d'usages potentiels immédiats ou à long terme.

Il n'est pas question de revenir en arrière, mais plutôt, pour l'Europe d'après 1992, d'inventer de nouveaux modes de gestion qui redonnent à l'environnement une cohérence à court terme, et son intégrité à long terme. On peut parler de gestion intégrée et patrimoniale.

L'ouverture du marché unifié intérieur à l'Europe des douze va accélérer les transformations des modes de gestion de l'environnement qui s'étaient déjà opérées lors de la création des marchés unifiés dans les états.

On peut aujourd'hui décrire les principaux traits de la gestion intégrée et patrimoniale.

Il s'agit tout d'abord d'assurer le fonctionnement des milieux naturels et de reconstituer le stock de ressources renouvelables utilisées par l'économie. On rejoint ici le concept de "sustainable development" ou développement durable présenté dans le rapport Bruntland (1983)*.

* Rapport Bruntland «Notre avenir à tous»/Commission mondiale pour l'environnement et le développement; préfacier Clifford Lincoln; présentation Luc Gagnion, Harvey L. Mead.-Montréal : ed. du fleuve : publications du Québec, 1988 - 454 p., 23 x 15 cm - traduit de l'anglais 150 p.

Les inconvénients de la gestion par filière

L'approche par filière ne tient pas compte de la cohérence spatiale entre les projets, qui concernent un territoire donné, et leur environnement naturel et humain, qui est souvent complexe. Chaque projet (développement d'une production, mise en place d'infrastructures ou implantation d'activités industrielles) respecte une cohérence au sein de la filière concernée. Des problèmes peuvent apparaître au niveau de l'environnement. Leur solution supposerait, plutôt que de créer une nouvelle filière spécialisée, de repenser l'intégration du projet. Un bon exemple est celui des transferts de pollution d'un milieu à un autre, quand les méthodes de traitement des déchets ne sont pas intégrées.

La gestion par filière entraîne la réduction des usages multiples liés au milieu naturel. Une même ressource était auparavant exploitée pour différents usages. C'est le cas, par exemple, de la forêt qui était à la fois source d'énergie, productrice de matériaux de construction, d'aliments, de nourriture pour le bétail, de fertilisants et support d'activités sociales et culturelles. Elle joue aussi un rôle dans la protection du sol, dans la régularisation du cycle de l'eau et la constitution de biotopes pour la flore et de la faune. Si les forestiers se sont toujours attachés à maintenir un équilibre entre les fonctions de production, de protection et récréatives, la spécialisation de certaines forêts (essences à croissance rapide ou forêts aménagées pour le public) remet en question le maintien de cet équilibre.

Les usages qui ne présentent pas de valeur marchande donc monétaire ont tendance à disparaître, au profit des usages marchands. Cette mutation est souvent source de conflits entre les usagers, qui se traduit par des désaccords sur des opérations telles les enrésinements, les assèchements ou les remembrements avec disparition des haies.

Cette gestion doit assurer à long terme la conservation des milieux et la reproductibilité des ressources, en tenant compte des interdépendances et des cohérences internes de ces milieux. A l'instar du trou de la couche d'ozone ou de l'effet de serre, il faudra porter une attention particulière aux phénomènes qui, si lents soient-ils, peuvent engendrer des effets irréversibles : pollution des nappes phréatiques, érosion des sols, disparition d'espèces...

Il est important aussi de garantir les capacités des milieux et des ressources à maintenir des usages multiples. En effet, nous ignorons aujourd'hui lesquels des multiples usages potentiels seront, dans l'avenir, les plus valorisés par les futures générations.

Enfin, la gestion intégrée et patrimoniale suppose d'associer tous les partenaires y ayant une responsabilité : propriétaires ou usagers. L'élaboration de procédures de négociation sociale entre les différents acteurs de la gestion des milieux et des ressources naturelles est une voie prometteuse pour assurer la cohérence et l'intégrité des milieux et la reproductibilité des ressources naturelles.

Si l'approche par filière renforce la centralisation, une décentralisation permettant d'être le plus "près du terrain" que possible, est nécessaire pour assurer la cohérence des actions sur l'environnement.

Les principes de la gestion intégrée patrimoniale s'articulent avec ceux de la libre concurrence de manière différente selon qu'il s'agit de gestion patrimoniale des biens privés, collectifs ou communs.

Dans le cas de la gestion de biens privés, le principe de la libre concurrence peut s'appliquer moyennant des correctifs du type du principe pollueur-payeur.

La gestion des biens publics suppose que la collectivité délègue à une institution spécialisée la mission de gestion, cette gestion est efficace pour traiter des problèmes bien circonscrits, mais on risque de retomber dans les limites de la gestion actuelle par filière si cette gestion implique des éléments de l'environnement.

La gestion en bien commun correspond au champ d'application de la gestion intégrée patrimoniale à un problème d'environnement complexe. Des procédures de négociation implicites ou explicites doivent assurer la cohérence des actes de gestion concrets des acteurs concernés.

Ce qui était fréquent dans les sociétés pré-industrielles devient pour l'Europe un nouvel enjeu : réinventer une gestion en bien commun, réaliste à l'époque actuelle, qui assure la qualité de l'environnement d'aujourd'hui et de celui qui sera transmis aux générations futures.

Quelle mission pour les institutions européennes ?

Deux niveaux sont à distinguer : national et international.

Au niveau des Etats, les institutions communautaires peuvent créer des conditions pour favoriser cette gestion intégrée patrimoniale.

L'Europe, en affirmant une volonté politique commune, peut contribuer à fixer des orientations connues et prioritaires sur lesquelles les décideurs locaux pourront s'appuyer. Elle peut aussi soutenir des actions de formation et d'information pour que l'environnement de qualité devienne dans l'esprit des européens un patrimoine commun. Cela peut permettre à tous les acteurs (agriculteurs, employés municipaux, industriels, consommateurs, etc.) qui ont un impact quotidien sur l'environnement de mieux le prendre en compte. Les institutions européennes peuvent aussi soutenir des actions de recherche et de développement, des projets pilotes à valeur démonstrative pour les différents pays de la Communauté.

Au niveau européen, la Communauté peut impulser des actions de gestion de l'environnement associant ses Etats-membres et éventuellement d'autres Etats. Ces interventions peuvent être :

- la création d'instruments économiques (taxes sur les rejets, droits d'usage des ressources naturelles ...),
- l'imposition d'une réglementation européenne pour la conservation des milieux, l'exploitation des ressources communes (mer, grands systèmes hydrologiques, espèces menacées), la maîtrise des pollutions transfrontières, la fixation de normes de qualité, etc.,

– la création d'institutions européennes dotées des moyens juridiques et financiers pour gérer certains éléments du patrimoine commun (atmosphère, systèmes fluviaux ou marins, habitats de certaines espèces...).

Une gestion de l'environnement à réinventer

L'examen du passé nous révèle que le développement des marchés élargis s'est accompagné de la spécialisation des productions. Cette spécialisation a provoqué la destruction à peu près complète des modes de gestion intégrée de l'environnement qui prévalaient dans l'ère pré-industrielle. Les modes de gestion par filières techniques spécialisées qui les ont remplacées ont généré beaucoup des problèmes d'environnement qui se posent à nous aujourd'hui. La gestion intégrée patrimoniale qui doit être réinventée doit assurer la cohérence entre les facteurs naturels et humains de l'environnement, pour conserver les potentialités d'usages multiples des ressources naturelles à long terme. C'est bien là un des principaux défis que doit relever l'Europe de 1992.

Utilisation agricole et forestière des eaux usées domestiques

Expériences hongroises et françaises

C. Ripert, J.R. Tiercelin, C. Navrot

E. Klimo, G. Gajarszki

M. Cadillon, L.Tremea, L.Vermes

L'utilisation des eaux résiduaires domestiques pour la production agricole et forestière constitue a priori une démarche séduisante à plusieurs titres :

- elle permet de valoriser l'eau et les matières fertilisantes qu'elle contient au lieu de les rejeter,
- elle permet, dans certains cas, d'éviter la création d'une station de traitement,
- elle contribue à sauvegarder la ressource en eau, lorsque celle-ci est limitée.

Cette opération peut également entraîner certains risques :

- des dangers pour la santé humaine,
- la percolation de nitrates vers les eaux souterraines et l'entraînement de charges polluantes par ruissellement,
- des risques de phytotoxicité de certains rejets.

Plusieurs équipes du centre de recherche des ressources hydrauliques de Vituki (Budapest - Hongrie), et le CEMAGREF, en collaboration avec d'autres organismes, tels que la Société du Canal de Provence, mènent des études dans ce domaine depuis plusieurs années. Des expérimentations ont été entreprises sur des stations-pilotes situées à Kecskemet (Hongrie) [8], Gyula (Hongrie) [8], Cogolin (France) [10] et Landiras (France) [11].



Figure 1- Localisation des essais de valorisation des eaux usées domestiques menés en Hongrie et en France

D'autres essais ont été menés par Vituki pour compléter les résultats obtenus sur les stations-pilotes hongroises. Enfin, bien que des expérimentations aient été conduites en Hongrie et en France sur la valorisation des eaux résiduaires d'origine agro-alimentaire, nous ne traitons ici que des eaux domestiques.

Nous allons montrer que la première question qui se pose, au moment de monter une expérimentation dans ce domaine, est de savoir si on recherche avant tout un mode de traitement peu coûteux ou une valorisation optimale des effluents.

Ensuite, les résultats expérimentaux obtenus seront successivement abordés sur les plans sanitaire, agronomique, technologique.

Les stations-pilotes

Les deux cartes permettent de situer les quatre stations-pilotes où ont eu lieu l'essentiel des expérimentations (figure 1).

Tableau 1 - Caractéristiques de base des stations-pilotes

Stations-pilotes	Volume journalier d'eau traitée	Traitement de l'eau préalablement à l'épandage	Dispositif de distribution	Mode de valorisation
Kecskemet	12.000 m ³	<ul style="list-style-type: none"> ● Dégrillage, dégraissage, dessablage ● Décantation ● Décantation complémentaire et oxydation partielle en bassin 	<ul style="list-style-type: none"> ● Aspersion par enrouleurs ● Irrigation par fossés 	<ul style="list-style-type: none"> ● Arrosage fertilisant de cultures (blé, maïs, luzerne, herbage) ● Production de bois de peuplier
Gyula	7 000 m ³	<ul style="list-style-type: none"> ● Dégrillage, dégraissage, dessablage ● Décantation ● Décantation complémentaire et oxydation partielle en bassin 	<ul style="list-style-type: none"> ● Irrigation par fossés ● Aspersion par enrouleurs 	<ul style="list-style-type: none"> ● Production de bois de peuplier
Cogolin	70 à 80 m ³ *	<ul style="list-style-type: none"> ● Dégrillage, dessablage, dégraissage ● Traitement secondaire par boues activées ● Filtration 	<ul style="list-style-type: none"> ● Aspersion par couverture intégrale ● Micro-irrigation 	<ul style="list-style-type: none"> ● Accélération de croissance et amélioration de la résistance aux incendies de la forêt méditerranéenne de protection
Landiras	60 m ³	<ul style="list-style-type: none"> ● Dégrillage, dessablage, dégraissage ● Filtration 	<ul style="list-style-type: none"> ● Aspersion par rampe à déplacement frontal 	<ul style="list-style-type: none"> ● Arrosage fertilisant de prairie exploitée par ensilage et élevage ovin

* Il s'agit du volume utilisé pour l'arrosage. La station de Cogolin traite au total 700 à 800 m³/jour.

Afin de faire ressortir la diversité des situations et leur complémentarité, nous résumons dans le tableau 1 les caractéristiques des quatre stations. Chacune d'entre elles fait par ailleurs l'objet d'un schéma technique et d'un organigramme fonctionnel. Ils sont présentés dans les figures 2 à 6.

Plusieurs éléments de choix des équipements

Les dispositifs étudiés ont deux finalités : l'épuration de l'eau résiduaire et sa valorisation par des productions végétales. Les concepteurs de dispositifs de ce type peuvent avoir des stratégies différentes selon l'objectif privilégié [9].

Schématiquement, on distingue deux types de stratégies.

La première privilégie *une épuration des eaux au moindre coût*. Pour cela, on déverse des quantités les plus grandes possibles d'eaux usées sur des surfaces aussi réduites que possible. La limite de l'épandage est fixée par les risques de pollution. L'épandage s'effectue dans ce cas sur des couverts végétaux vivant en milieu humide (hygrophiles) ou, tout au moins tolérant les excès d'eau. Cette technique a été adoptée à Gyula et Landiras en Hongrie, où les épandages s'effectuent respectivement sous peuplier et sur fétuque.

La deuxième stratégie consiste à rechercher *la valorisation optimale de l'eau résiduaire domestique*. On cherche alors à déverser les doses ajustées pour couvrir les besoins du couvert végétal. Cela conduit à prévoir une superficie d'épandage importante, et un dispositif alternatif de traitement qui recevra les eaux excédentaires. La station de Kecskemet en Hongrie applique ce principe. Les cultures y reçoivent les quantités d'eau nécessaires à leur croissance. Les eaux excédentaires sont rejetées dans deux autres dispositifs de traitement. Le premier est constitué par une culture de peuplier, et le second par une surface d'épandage dont on élimine régulièrement la végétation spontanée.

De même, à Cogolin (France), on apporte aux plantations des quantités d'eau correspondant à l'évapotranspiration supposée du couvert végétal. L'opération Cogolin diffère néanmoins de celle de Kecskemet, car c'est une station touristique estivale qui rejette donc des quantités d'eau usées domestiques variables au cours de l'année. L'objectif est donc de déterminer expérimentalement les meilleures conditions de traitement des eaux résiduaires des stations qui reçoivent un gros afflux de population au moment où les végétaux ont le plus fort besoin en eau.

Dans une situation de ce type, le schéma optimal d'équipement serait le suivant : une petite station de traitement classique permet de traiter, durant toute l'année, les eaux résiduaires produites par la population permanente, tandis que les eaux excédentaires d'été sont épandues sur la surface forestière. Malheureusement, dans le cas de Cogolin, une station de traitement dimensionnée pour le débit d'été a été créée au cours de la mise en place des expérimentations.

Dans ce genre de situation particulière (mais non exceptionnelle), on cherche donc à atteindre simultanément les objectifs de minimisation du coût de traitement des eaux et de maximisation de la valorisation de ces eaux.

Epuraton et aspects sanitaires

Traitement préalable des eaux épandues

En fonction des objectifs recherchés par l'expérimentation, les eaux domestiques sont soumises à différentes phases de traitement :

1/ un dégrossissage :

dégrillage +
dégraissage +
dessablage,

2/ une décantation primaire,

3/ une décantation complémentaire et une oxygénation en bassin de stockage,

4/ une épuration biologique aérobie,

5/ une filtration.

La phase 1 de dégrossissage est obligatoire dans tous les cas : aucune eau résiduaire ne serait pratiquement utilisable sans un tel traitement.

Les phases 2 et 3 de décantation fournissent des eaux pratiquement dépourvues de matières en suspension, ce qui élimine la majeure partie des risques de colmatage dans les dispositifs d'épandage ; le traitement s'arrête à ce stade à Kecskemet et Gyula.

La phase 5 de filtration est mise en œuvre directement après le dégrossissage 1 sur le site de Landiras. Le but recherché est d'obtenir ici également une eau peu chargée en matières en suspension, dans des conditions supposées moins coûteuses que la mise en œuvre d'une décantation poussée (du moins dans le cas de cette très petite installation qui ne traite que 60 m³/jour).

Enfin, les phases 1, 2, 4 et 5, mises en œuvre successivement dans les stations classiques, caractérisent la situation de Cogolin, le but recherché à l'avenir dans des situations de ce type étant de passer directement du dégrossissage 1 à la filtration 5 sur les eaux excédentaires provenant de la population saisonnière et destinées à l'épandage.

Epuraton par le sol et pollution des eaux souterraines

Les protocoles expérimentaux et les critères analytiques utilisés pour les quatre stations sont d'une très grande diversité ; de ce fait, il n'est pas possible d'effectuer une présentation comparative des résultats obtenus sur l'épuraton par le sol et le risque de pollution des eaux souterraines.

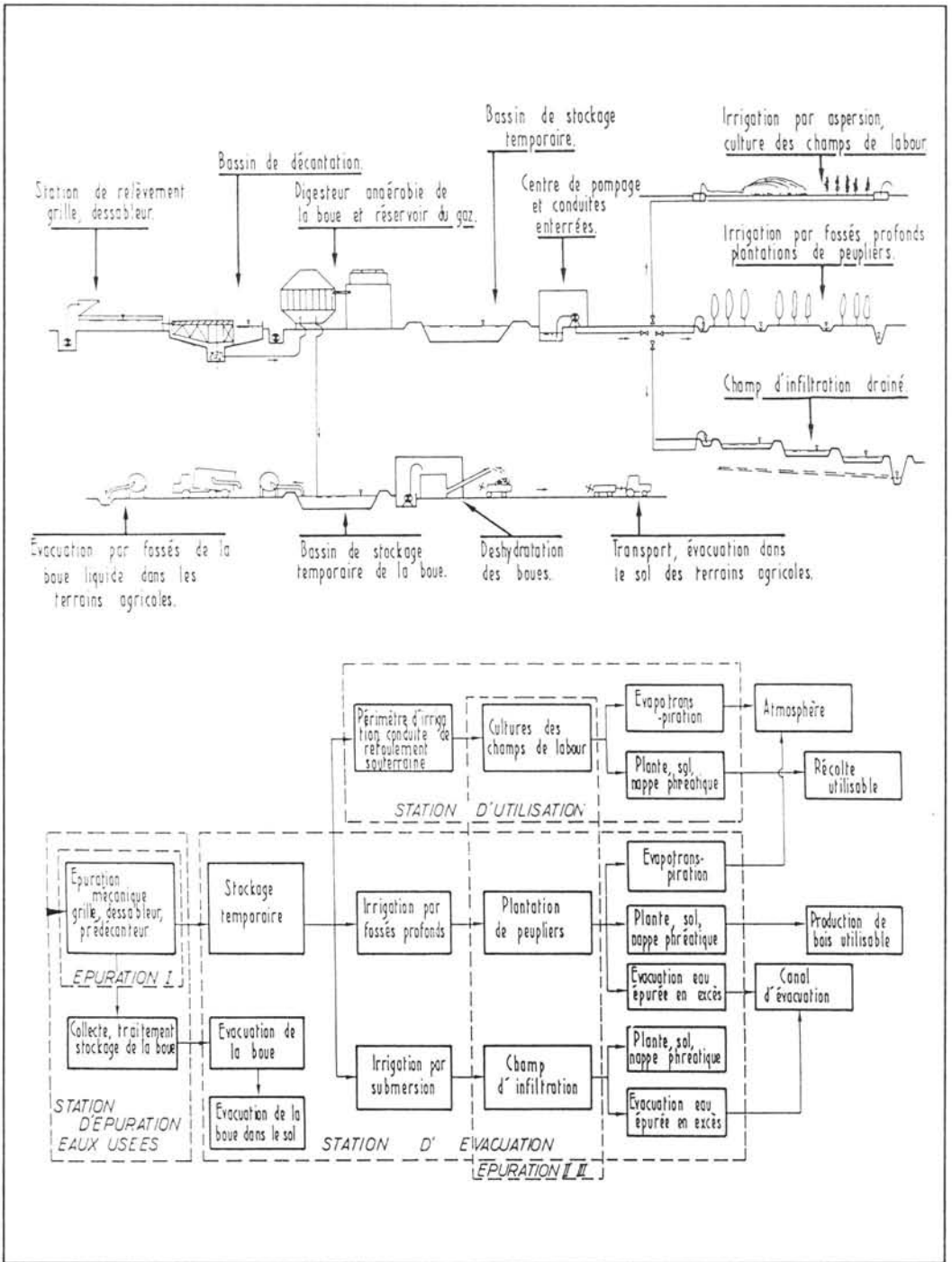


Figure 2 - Schéma et organigramme des installations à Kecskemet (Hongrie)

Nous présentons donc simplement ici chaque essai séparément. Nous rappellerons les conditions expérimentales et les résultats qui paraissent les plus importants sur le plan pratique.

Essai de Kecskemet (station-pilote)

Des lames d'eau annuelles de l'ordre de 300 à 400 mm/an sont apportées par aspersion sur les cultures. L'excès d'eau hivernal est épandu par l'intermédiaire de fossé sous les peupliers, à raison de 2.000 à 3.000 mm de lame d'eau par an. La texture des sols varie de limono-sableuse à sableuse.

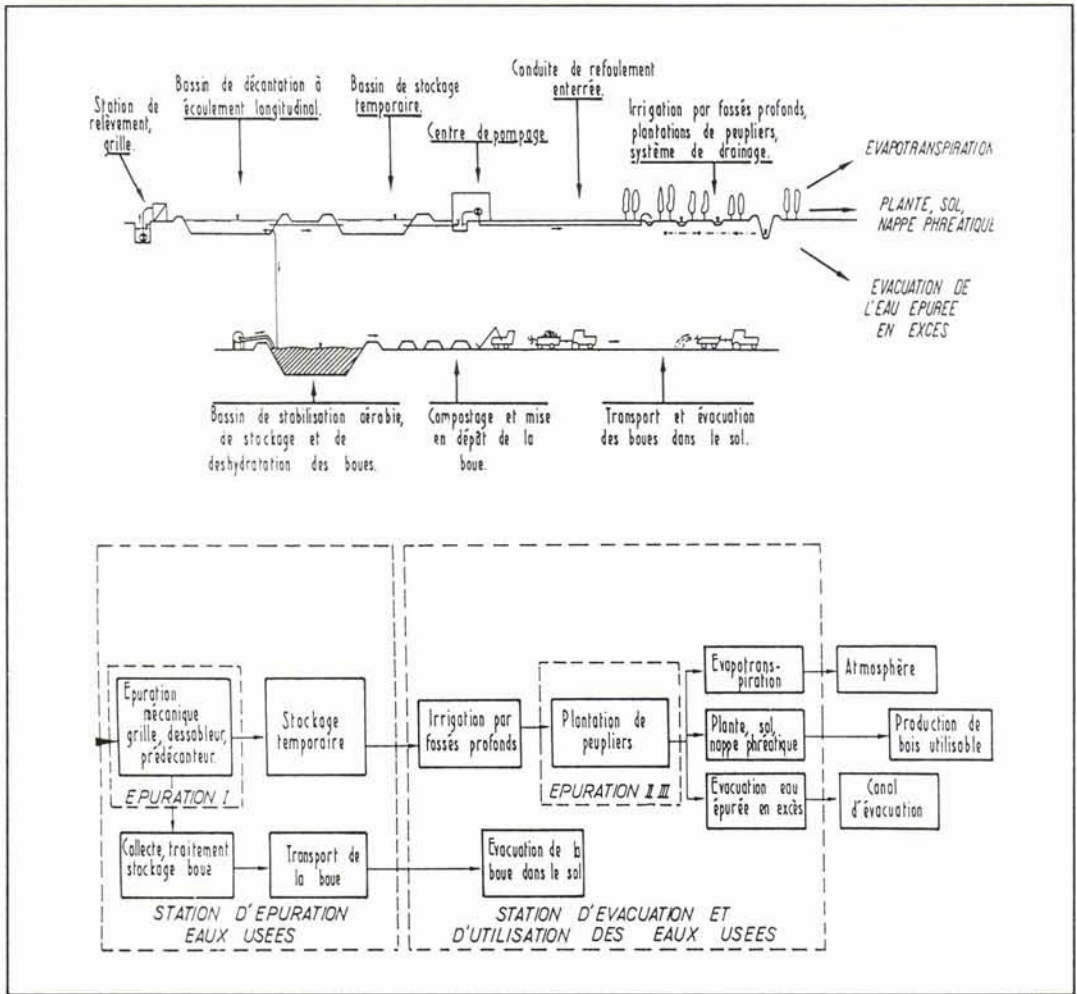


Figure 3 - Schéma et organigramme à Gyula (Hongrie)

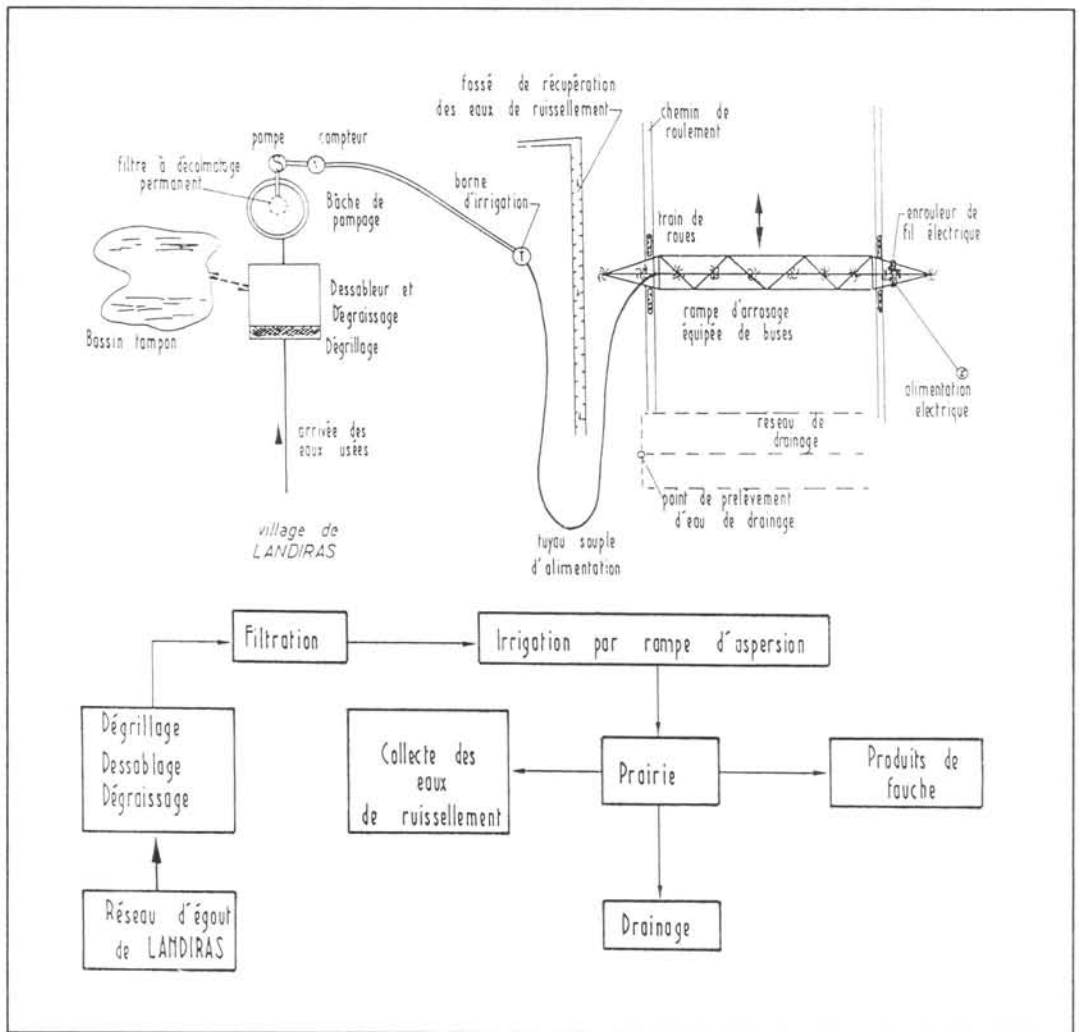


Figure 4 - Schéma et organigramme à Landiras (France)

L'analyse des eaux percolées et de l'eau de la nappe fait apparaître des caractéristiques chimiques correspondant aux critères de qualité prescrits pour une eau usée ayant subi un traitement de troisième degré (moyen selon la norme hongroise).

Kecskemet (cases lysimétriques)

En complément des observations faites sur la station-pilote, des essais ont été conduits sur des cases lysimétriques, semées d'herbe, contenant des sols typiques de la région et alimentées avec les eaux résiduaires de Kecskemet.

Les prélèvements de contrôle de la qualité de l'eau dans ces cases ont été effectués à des profondeurs de 1 m et 2 m. La lame d'eau apportée a été de 360 mm par an. Les essais ont été conduits avec répétitions et traitements statistiques.

On observe que la qualité de traitement des eaux obtenues a une valeur bonne à moyenne (2 à 3 sur une échelle allant de 1 à 6).

En ce qui concerne la qualité bactériologique des eaux de percolation, des essais comparatifs effectués avec l'eau résiduaire et avec l'eau potable de la ville ne font pas apparaître de différences significatives. Elle correspond dans les deux cas à la classe 1 (la plus sévère).

La conclusion est que l'épuration obtenue avec une épaisseur de sol de 1 m est satisfaisante dans les conditions de sol et de qualité d'effluent de l'expérimentation, sur les plans chimique et bactériologique.

Essai de Gyula

Des doses d'environ 2.000 mm par an sont épandues par l'intermédiaire de fossés creusés sur un sol de texture argilo-limoneuse qui porte la plantation de peupliers.

Les résultats d'épuration obtenus dans les conditions de l'expérimentation sont équivalents ou supérieurs à ceux attendus d'une station de traitement.

Essai de Cogolin

L'eau d'irrigation est apportée par des dispositifs d'aspersion et d'irrigation localisée. Le sol de texture sablo-limoneuse a une faible épaisseur. Il repose sur un horizon rocheux imperméable, dont l'altération donne un matériau limono-argilo-sableux à argilo-sableux qui se situe entre ces horizons [12]. Il porte divers couverts forestiers, naturels ou artificiels.

Les quantités d'eau apportées annuellement pendant la saison d'irrigation sont comprises entre 0,5 ETP et 2 ETP (ETP = évapotranspiration potentielle selon Penman).

L'impact de l'irrigation avec des eaux usées a été étudié tout autour du terrain d'épandage, en particulier en surveillant la qualité des eaux des puits voisins.

Aucune différence n'est apparue dans la qualité de ces eaux, avant et après les expérimentations d'épandage. Par ailleurs, on n'a pas retrouvé dans le sol les bactéries pathogènes présentes dans l'effluent (salmonelle et staphylocoque). L'épuration par le sol a donc fonctionné de façon correcte, dans les conditions de l'expérimentation [12].

Essai de Landiras

Sur des sols de texture variable portant une prairie, on apporte par aspersion des doses d'eau journalières atteignant 7,2 mm en toute saison.

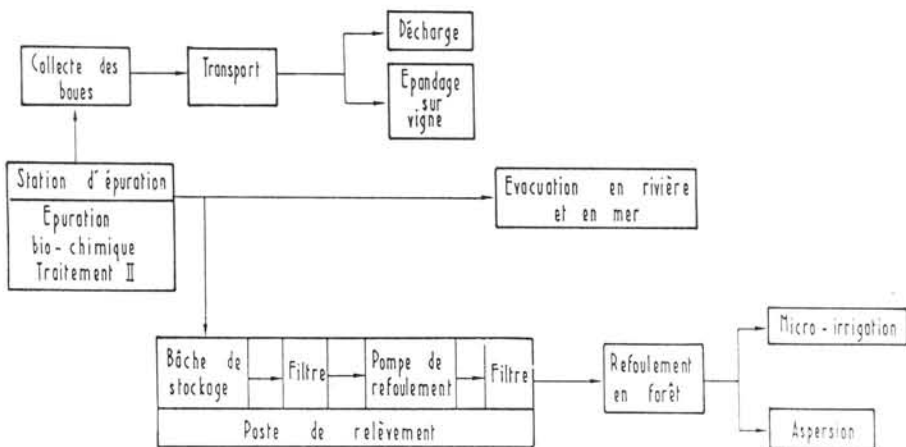
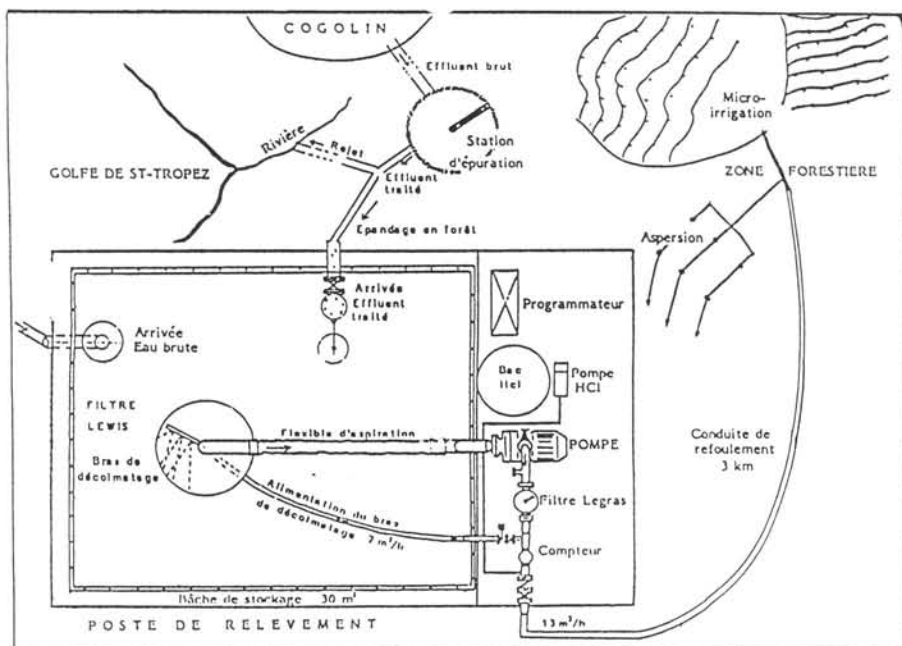


Figure 5 - Schéma et organigramme à Cogolin (France)

On observe, après une année de fonctionnement, que dans les eaux captées dans des drains situés à 80 cm de profondeur, les concentrations de coliformes totaux et fécaux sont divisées par 10^4 à 10^5 , (concentrations initiales respectivement de $1,3 \cdot 10^8$ et $1,3 \cdot 10^7$ germes pour 100 ml) et les concentrations de streptocoques fécaux sont divisées par 10^3 à 10^5 (concentration initiale de $4,3 \cdot 10^6$ germes pour 100 ml).

En outre, on constate une forte diminution des formes de l'azote (de plus de 100 mg/l à moins de 35) et du phosphore (de plus de 30 mg/l à moins de 6).

Conclusion provisoire sur l'épuration par le sol

Dans les différentes expérimentations conduites le sol a toujours eu un pouvoir épurateur suffisant.

Ruissellement et pollution des eaux superficielles

Les sites de Landiras et de Cogolin ont des pentes qui provoquent un ruissellement.

Ce phénomène, peu intense à Landiras, a pu être réglé en plaçant, au bas de la prairie, un canal qui ramène les eaux de ruissellement vers le circuit d'alimentation de l'aspersion.

Les fortes pentes et les pluies intenses de Cogolin entraînent des pollutions épisodiques dans le cours d'eau longeant la zone irriguée. L'intensité de ce phénomène se trouve heureusement réduite par dilution dans le cours d'eau dont le débit augmente en cas de forte pluie. Le mode de protection prescrit consiste à créer une zone tampon non irriguée à l'aval du terrain d'épandage et susceptible de retenir cette contamination épisodique.

Dégradation de la qualité des sols

On a testé sur plusieurs sites l'influence de l'épandage sur la dégradation de la qualité physique des sols, et par là-même sur leur pouvoir épurateur et leur aptitude agronomique. Les observations menées sur les cases lysimétriques de Kecskemet n'ont montré, au bout de six ans d'arrosage avec les eaux usées, aucune dégradation des sols. A Cogolin, les sols initialement acides tendent vers la neutralité et s'enrichissent en phosphore, ce qui améliore leur fertilité.

Contamination atmosphérique

L'aspersion avec des eaux usées crée un risque de formation d'aérosols qui contiennent des germes pathogènes et qui peuvent présenter un danger pour les personnes travaillant sur les sites d'épandage.

Les observations menées à Cogolin n'ont pas mis en évidence de contamination bactérienne importante de l'air à proximité des parcelles arrosées.

A Landiras, des contaminations ont été notées à proximité immédiate de la machine d'arrosage. Elles décroissent rapidement lorsqu'on s'éloigne de la machine, et sont de toute façon inférieures à la contamination générée par le bassin d'aération d'une station d'épuration classique. Ce dernier type d'observation, s'il était confirmé sur plusieurs stations, devrait supprimer les réticences actuelles des organisations sanitaires nationales et internationales vis-à-vis de l'aspersion avec des eaux résiduaires.

Valorisation agricole et forestière

Cultures et production fourragère

Les rendements de blé, maïs, luzerne et herbages arrosés avec les eaux usées à Kecskemet sont identiques à ceux obtenus avec une irrigation avec de l'eau de qualité normale. En ce qui concerne les cultures fourragères (herbe), les analyses chimiques de fourrage effectuées à Kecskemet et à Landiras révèlent une qualité convenable.

A Landiras, où l'épandage s'effectue sans traitement secondaire préalable, les risques sanitaires ont conduit à donner le fourrage (*Festuca arundinacea*, variété Manade) à des ovins, sous forme d'ensilage. En effet, avec les bovins, il y aurait un risque de transmission de *Taenia saginata* à partir des effluents d'origine domestique. Mais les animaux refusent de consommer ce fourrage, sans doute à cause de son odeur. La seule valorisation qui semble désormais possible pour un fourrage arrosé avec des eaux usées n'ayant pas subi un traitement secondaire, est la transformation en compost.

Sur le site de Kecskemet, qui utilise des effluents dont le traitement des eaux est beaucoup plus poussé qu'à Landiras, l'utilisation zootechnique des fourrages est satisfaisante. Un troupeau de 180 à 250 vaches, installé sur les prairies depuis le début du printemps jusqu'à la fin de l'automne, et soumis à un contrôle vétérinaire strict, n'a manifesté aucun symptôme pathologique pouvant être relié à l'épandage d'eaux usées. La mise au pâturage des animaux dans des prairies arrosées avec des eaux résiduaires se révèle positive. La précaution essentielle consiste à respecter un délai suffisant entre l'arrosage et la consommation du fourrage par les animaux.

Vigne

Des essais menés sur vigne en Hongrie ont montré qu'une lame d'eau annuelle de 300 mm avait des effets favorables à tous points de vue, et qu'une lame d'eau de 600 mm était admissible sans détérioration de la qualité du vin.

Peupliers

Les peupliers de Kecskemet (*Populus nigra*, variété italienne I214, densité 520 pieds à l'hectare), arrosés avec des quantités d'eau de l'ordre de 2.000 mm à 3.000 mm par an, ont une croissance plus rapide que les témoins non arrosés, le cycle entre les coupes étant réduit de 20 à 25 %.

A Gyula, la production de peupliers est complétée par la production de champignons sur les souches.

Plantations forestières

Plusieurs espèces forestières ont été testées à Cogolin. L'augmentation de la croissance par rapport aux témoins non irrigués, variable selon le caractère plus ou moins hygrophile des différentes espèces, est globalement très spectaculaire.

Par ailleurs, les arbres irrigués sont moins inflammables que les arbres non arrosés. Cet avantage est plus que compensé par le fait que l'irrigation favorise la croissance de la broussaille, qui constitue un facteur essentiel de propagation des incendies. Il est donc nécessaire d'effectuer un débroussaillage régulier, du moins tant que le couvert forestier n'est pas suffisant pour contrôler la croissance des broussailles.

Problèmes technologiques

Problèmes liés à la technique d'arrosage

Si la technique d'épandage par fossés ne soulève aucun problème, par contre l'usage des matériels d'irrigation entraîne des risques de bouchage.

Ces risques étant liés au diamètre des orifices d'éjection de l'eau, on observe dans les stations d'expérimentation les faits suivants :

- l'arrosage par canons pratiqué à Kecskemet fonctionne sans incident,
- l'arrosage pratiqué avec des petits asperseurs ou des buses, à Cogolin et Landiras, fonctionne correctement grâce à la filtration préalable de l'eau,
- la micro-irrigation provoque des difficultés au point que cette technique est jugée inutilisable à Kecskemet, bien qu'elle fonctionne correctement dans les conditions d'expérimentation de Cogolin, où on traite l'eau avec une filtration poussée et une désinfection par chloration du réseau d'irrigation à intervalles réguliers.

Problèmes annexes

Certaines installations ont connu de nombreuses difficultés de mise au point; la fiabilité des équipements d'irrigation doit être recherchée avec beaucoup d'exigence au moment de la création des installations, car les pannes peuvent avoir des conséquences plus graves qu'avec les irrigations habituelles : risques de pollution et de dégradation des cultures.

L'équipement de Landiras qui met en œuvre l'aspersion pendant la période hivernale, s'est avéré sensible au gel. Pour les épandages d'hiver, seule l'amenée d'eau par fossés apporte toute tranquillité vis-à-vis des risques de gel, ce qui constitue, entre autres, un argument favorable au développement de la populiculture.

Conclusions et perspectives

Les expérimentations menées par Vituki et par le CEMAGREF, sur le traitement accompagné de la valorisation agricole et forestière des eaux résiduaires, ont démontré la faisabilité technique de ce genre de procédé, dans des conditions très diverses sur les plans de la qualité de l'eau utilisée, des modes d'épandage et des productions végétales utilisées pour la valorisation. Les expérimentations – dont le caractère pluridisciplinaire est particulièrement remarquable – méritent d'être poursuivies, afin de compléter les résultats techniques et économiques nécessaires pour le développement de l'application des procédés mis au point expérimentalement. Les premières données économiques sont en cours d'acquisition dans les essais hongrois.

En France, l'essai de Landiras est terminé et l'installation a été remise à la ville qui l'utilise pour épurer ses eaux domestiques. A Cogolin, la poursuite des observations doit porter essentiellement sur la croissance des différentes espèces d'arbres et l'évolution des couverts végétaux, pendant un assez grand nombre d'années pour donner des résultats concluants.

En Hongrie, diverses expérimentations seront poursuivies, visant en particulier à tester des lames d'eau d'épandage allant de 3.000 à 6.000 mm par an. La faisabilité de cette opération permettrait de réduire les surfaces consacrées à l'épandage et, par conséquent, de réduire encore le coût du mètre cube d'eau traitée.

Dans tous les cas, un effort de diffusion des connaissances mérite d'être fait pour que le traitement des eaux usées, couplé avec leur valorisation par des productions végétales, connaisse le développement que cette technique mérite.

Bibliographie concernant les travaux effectués par Vituki et par le CEMAGREF

Vituki – Documents en langue hongroise

- [1] Csanady L., Szekely A., Nagy I., Pallay R., Vermes L., 1983. L'étude du pouvoir épurant bactériologique des sols sableux dans la station lysimétrique de Kecskemet. Rapport présenté à la conférence traitant les problèmes de la neutralisation des déchets organiques des communes et, plus particulièrement, de l'utilisation agricole de ces déchets, ISWA-MHT-ETE, Budapest, 1983.
- [2] Vermes L., 1980. L'évacuation de la valorisation agricole des eaux usées et des boues des eaux résiduaires. VMGT, Budapest.
- [3] Vermes L., Pallay R., Orban V., 1983. Etude de l'épuration des eaux d'égoût dans le sol à l'aide des expérimentations par cases lysimétriques de Kecskemet. Rapport présenté à la conférence traitant les problèmes de la neutralisation des déchets organiques des communes et, plus particulièrement, de l'utilisation agricole de ces déchets, ISWA-MHT-ETE, Budapest, 1983.
- [4] Vermes L., 1988. Etude lysimétrique du pouvoir épurant sur les eaux usées des sols sableux de la région située entre le Danube et la Tisza. *Revue hydrotechnique*, Budapest.
- [5] Vermes L., Klimo E., Fekete B., 1989. Etude des processus de transport dans l'épandage des eaux usées. Rapport présenté à la conférence de la ville de Harkov, 1989.
- [6] Vituki, 1987. Les expérimentations lysimétriques sur l'épandage des eaux d'égoût de la ville de Kecskemet (1978 à 1984). Rapport final n° 7611/4/1-3. Non publié. Disponible auprès de Elisabeth Klimo, *Institut de Développement Technique*, Vituki.

Vituki – Documents en langue française

- [7] Klimo E., Pekete B., 1988. Les effets de l'épandage des eaux usées sur le sol, la végétation et l'eau de nappe. Rapport présenté à la conférence de l'ICID, Dubrovnik, 1988.
- [8] Vituki, 1989. Informations résumées sur les expérimentations hongroises en matière de traitement et de valorisation des eaux résiduaires. Non publié. Disponible auprès du Département Hydraulique Agricole, CEMAGREF Antony.

CEMAGREF

- [9] CEMAGREF, 1984. La valorisation agricole et forestière des eaux résiduaires. Informations Techniques, Cahier 56, n° 4, décembre 1984. CEMAGREF, groupements de Bordeaux et d'Aix-en-Provence, 5 p.
- [10] Cadillon M., Malaval A., Ripert C., Tremea L., 1986. Valorisation des eaux usées par l'irrigation en forêt méditerranéenne. L'expérimentation de Cogolin (Var). *Forêt Méditerranéenne*, Tome VIII, n° 2, décembre 1986, 12 p.
- [11] CEMAGREF, 1988. Expérimentation d'épandage d'eaux usées à des fins agricoles sur le site de Landiras. Rapport d'activité de la campagne 1987. CEMAGREF, groupement de Bordeaux, 56 p.

Société du Canal de Provence

- [12] Cadillon M., Tremea L., 1985. Utilisation des eaux usées par l'irrigation en forêt méditerranéenne. Incidence sur les sols et les eaux souterraines et superficielles. Rapport SCP. Commune de Cogolin, 91 p. + 90 p. annexes.

La lutte contre les mauvaises herbes en forêt

Contexte technico-économique de l'emploi des herbicides

C. Barthod, M. Buffet, N. Sarrauste de Menthière

L'objectif de cette étude est de préciser les raisons technico-économiques de l'emploi des herbicides en forêt, d'estimer l'importance réelle de leur utilisation en sylviculture et de contribuer à clarifier le débat que cela peut susciter.

Le contexte technico-économique de l'emploi des herbicides en forêt

L'emploi massif et répété de produits chimiques herbicides en agriculture est aujourd'hui banalisé et globalement admis, même si des voix s'élèvent pour s'émouvoir des conséquences de cette pratique sur l'environnement, ou pour prôner un retour à une agriculture biologique.

Par contre, la seule évocation de l'emploi d'herbicides en forêt suscite généralement des interrogations, des inquiétudes quand ce n'est pas une réprobation. Ce que l'opinion concède à l'agriculteur producteur des denrées alimentaires, elle semble le refuser au sylviculteur gestionnaire de la forêt et producteur de bois.

Avant d'entrer dans ce débat sur l'emploi des herbicides en forêt tel qu'il est vécu par les forestiers eux-mêmes, il convient d'analyser ce qui peut inciter le sylviculteur à recourir aux herbicides, la typologie technique de leur emploi en sylviculture et l'importance actuelle de leur utilisation réelle en forêt.

Le recours aux herbicides : contexte technico-économique

Une part importante de l'activité des forestiers consiste à lutter contre la concurrence de la végétation naturelle herbacée ou ligneuse. Cette lutte est menée aux différentes étapes de la production, dès la pépinière. La lutte contre les adventices en forêt facilite l'installation des jeunes plants et hâte leur croissance ainsi que celle des plants issus de la régénération naturelle. Elle permet aussi d'entretenir au sein des massifs forestiers un réseau d'axes débroussaillés ou pare-feu destinés à prévenir les incendies ou à limiter leur extension. Dans ce dernier cas, la lutte du forestier est permanente et le maintien de l'état débroussaillé des pare-feu nécessite des entretiens fréquents.

Mais le plus souvent, les interventions du forestier se limitent à quelques dégagements dans les premières années de la vie des peuplements.

L'analyse des dossiers des reboisements, bénéficiant d'une aide du Fonds Forestier National (FFN) sous forme de prêts en travaux, fait apparaître qu'il a fallu en réalité entre quatre et sept dégagements au lieu des trois généralement prévus. Ceci est d'ailleurs parfaitement cohérent avec les normes sylvicoles de l'Office National des Forêts (ONF) qui prévoient au moins cinq et jusqu'à huit dégagements pour mener à bien un reboisement. Ces dégagements sont des opérations très coûteuses et il faut bien admettre que l'ensemble des entretiens avant les éclaircies représente la moitié de la dépense à consentir pour un reboisement réussi.

C'est d'ailleurs l'une des conclusions du rapport établi en 1985 par le Conseil Général du Génie Rural des Eaux et des Forêts sur l'évaluation des causes de l'augmentation du coût des travaux de reboisement. En effet, les dégagements des plantations et des régénérations naturelles sont des opérations délicates, grosses consommatrices de main-d'œuvre. Or, de 1971 à 1984, le coût de la main-d'œuvre a fortement augmenté. Ainsi, le salaire minimum interprofessionnel de croissance (SMIC) a été multiplié par 7,2, tandis que dans la même période le coût de la vie, selon l'indice INSEE, n'était multiplié que par 4,2.

Remplacer le dégagement manuel par le traitement chimique

Le propriétaire forestier est soucieux de la rentabilité de son investissement mais impuissant sur les mécanismes complexes de fixation des prix des bois sur le marché international. Il doit chercher à réduire ses coûts de production en diminuant le nombre des interventions en forêt et la part de la main-d'œuvre. Pour cela, il peut augmenter la mécanisation des travaux et avoir recours systématiquement aux techniques qui permettent directement ou indirectement d'économiser des travaux manuels. L'emploi des herbicides est l'une de ces techniques nouvelles, moins onéreuses que les techniques manuelles ou mécaniques traditionnelles; elles sont également suffisamment efficaces pour permettre d'espérer une réduction du nombre des dégagements nécessaires (tableau 1).

Ainsi, de 1984 à 1988, une mécanisation accrue et l'utilisation de moyens chimiques pour la maîtrise de la végétation ont permis une réduction des coûts unitaires (exprimés en francs constants) des dégagements en régénération de 23,1 % pour les feuillus et 5,3 % pour les résineux (Office National des Forêts).

L'outil herbicide s'avère d'autant plus précieux que le sylviculteur s'oriente vers une sylviculture dynamique qui utilise des plants améliorés, à plus faible densité, sur des terrains travaillés, voire amendés. Ces terrains peuvent être d'anciennes terres agricoles ou d'anciennes prairies. Les conditions doivent permettre à ces plants d'exprimer toute leur potentialité de croissance.

Tableau 1 - Coût des différentes techniques de désherbage en forêt

Dégagement	F HT/ha
mécanique	1.300 à 2.650
manuel sur la ligne	2.150 à 2.620
Chimique* : pulvérisation	400 à 500
atomisation	300 à 350
épandage aérien	150 à 350

Sources : bordereaux des prix régionaux

* Il convient d'ajouter le prix de l'herbicide soit 500 à 3.200 F HT/ha

En conclusion, le domaine d'utilisation des herbicides en forêt est directement lié à :

- l'importance et l'évolution de la régénération ou de la création des peuplements et des dégagements qu'elle nécessite,
- la production de plants en pépinière,
- la nécessité des débroussaillments, indispensables à l'entretien des pare-feu.

Reboisement et régénération

Les reboisements

Depuis 1947, le Fonds Forestier National a permis de mettre en boisement ou d'enrichir 2 millions d'hectares. Le rythme annuel de ces reboisements qui était de 55 à 60.000 ha/an à la fin des années 60 s'est progressivement ralenti pour atteindre 20.000 ha en 1985. Cette évolution s'explique parfaitement par la conjonction de la forte hausse du coût des reboisements depuis le milieu des années 70 et de la chute des cours des bois au début des années 80, qui ont dissuadé les propriétaires d'investir en forêt.

Depuis, la reprise du marché du bois a entraîné une nouvelle croissance des surfaces boisées ou reboisées annuellement avec l'aide du Fonds Forestier National. Elles atteignaient 29.000 ha en 1988 et probablement plus de 32.000 ha en 1989. A ce chiffre, il convient d'ajouter les 12 à 15.000 ha reboisés chaque année avec l'aide du ministère de l'Agriculture et de la Forêt, sur son budget propre, ce qui fixe à environ 45.000 ha la surface reboisée en 1989 bénéficiant d'une aide de l'Etat.

Il est plus difficile d'apprécier les surfaces reboisées chaque année sans aide de l'Etat. Cependant, connaissant les densités usuelles de plantation, on peut, à partir des statistiques sur la consommation intérieure en plants forestiers, penser qu'elles représenteraient de l'ordre de 22.000 ha en 1989.

Les statistiques du Fonds Forestier National fournissent les seuls chiffres disponibles par essence. Elles font apparaître la place croissante prise par les feuillus dans les reboisements : de 1969 à 1989, leur part est passée de 9 % à plus de 30 %. Cette évolution résulte en partie de l'ouverture depuis 1974 du bénéfice des aides du FFN pour un plus grand nombre d'essences feuillues, elle traduit également la volonté de diversifier les essences utilisées. Cette diversification permet une adaptation à l'hétérogénéité des stations forestières, ainsi que la recherche d'une meilleure intégration paysagère et le déplacement des zones de reboisement traditionnelles lié à l'évolution des modes de mise en valeur des terres.

La régénération naturelle

L'importance des surfaces mises chaque année en régénération naturelle est plus difficile à évaluer. La possibilité d'utiliser les herbicides n'est pas étrangère à une certaine relance de cette technique de renouvellement des peuplements. Dans sa programmation pour les quatre prochaines années, l'Office National des Forêts prévoit pour les forêts domaniales un rythme de mise en régénération naturelle de 5.870 ha/an. Sur cette base, compte tenu de la part plus forte des taillis sous futaies en forêt des collectivités locales, du degré moindre d'aménagement de ces forêts, et du faible recours à la régénération naturelle en forêt privée, on peut estimer la surface mise chaque année en France en régénération naturelle à environ 15.000 ha.

En forêt soumise, les dégagements en régénération représentent de l'ordre de 35.000 à 40.000 ha/an pour les feuillus, et 15 à 17.000 ha/an pour les résineux. Pour la forêt privée, il semble que l'offre en travaux de dégagement soit extrêmement fluctuante. Ces variations, qui peuvent aller de 1 à 5, ne sont pas sans poser des problèmes considérables aux entreprises qui réalisent ces travaux.

Les pépinières forestières

Le secteur des pépinières forestières comptait en 1987, 565 entreprises exploitant 1.167 ha, dont 384 entreprises agréées par le FFN (1.084 ha). Le nombre des entreprises agréées diminue actuellement en moyenne de 2,5 % par an, ce qui traduit le fort mouvement de restructuration en cours dans ce secteur professionnel encore composé de très nombreuses petites entreprises locales bien que 9 entreprises assurent plus de 56 % de la production. La surface productive diminue également en moyenne de 1 à 3 % par an, mais il est difficile d'apprécier le poids du développement des productions hors sol sur cette tendance.

Les pépiniéristes ont suivi l'évolution de la demande. Ainsi, les plants feuillus qui constituaient encore 20 % de leur production en 1984 représentaient déjà 31,5 % des 98,9 millions de plants produits en 1987. Proches de l'activité agricole, les pépinières forestières ont aujourd'hui couramment recours aux herbicides pour nettoyer leurs planches sans que cela ne suscite d'inquiétudes particulières, compte tenu du caractère limité et très localisé de cette utilisation.

Débroussaillage et pare-feu

La protection des forêts contre les incendies est améliorée par le quadrillage des massifs, par un réseau de chemins carrossables bordés de part et d'autre d'une zone débroussaillée constituant un pare-feu et jalonnée de points d'eau. La surface de ces pare-feu et débroussaillages représentait, en juillet 1989, 32.400 ha pour les quinze départements du sud-est regroupés au sein de l'Entente interdépartementale pour la protection de la forêt contre l'incendie. Dans le massif des Landes de Gascogne, les 1.300 km de pare-feu représentent encore environ 35.000 ha, la surface totale des pare-feu peut être estimée à 75.000 ha.

Or, ces pare-feu doivent faire l'objet d'un entretien tous les 3 ans à la charge des propriétaires ou des collectivités locales. Il existe au moins cinq méthodes principales d'entretien.

Le brûlage contrôlé l'hiver est réalisable dans les hauts taillis de chênes pubescents ou dans les futaies régulières résineuses ne comportant pas de jeunes arbres, ce qui représente guère plus de 10 à 15% des surfaces concernées.

Le pâturage, difficilement compatible avec la sylviculture, n'est admissible que sur les coupures pastorales établies en guise de pare-feu, soit, là encore, guère plus de 10 à 15 % des superficies.

Le débroussaillage mécanique trouve ces limites dans le Sud-Est à cause des pentes fréquentes.

Le débroussaillage à l'aide d'outil à main est et restera trop cher.

L'emploi de produits chimiques est, par contre, utilisable partout, y compris sur les fortes pentes, et économiquement très compétitif, comme le montre les prix moyens relevés par l'Entente pour les différentes méthodes de débroussaillage :

- manuel : 15.000 à 20.000 F/ha
- mécanique : 6.000 à 8.000 F/ha
- chimique : 1.000 à 4.000 F/ha
- brûlage : 1.000 F/ha

Les différents types d'emploi des phytocides en forêt

Si l'on exclut l'entretien des pépinières et celui des équipements (voirie, pare-feu, bas de clôture), les interventions faisant appel aux herbicides et aux débroussaillants se situent essentiellement au moment du renouvellement (ou de la création) des peuplements.

La compétition avec les adventices fixe l'objectif

De nombreux végétaux herbacés ou ligneux, annuels, bisannuels ou pérennes envahissent le sol forestier dès qu'il est mis à la lumière. Les jeunes arbres, dont la

croissance initiale est lente, sont ainsi concurrencés pour la lumière, pour l'eau et pour les éléments minéraux. En outre, ils subissent assez souvent des déformations de leur tige, par écrasement, étranglement (lianes) ou frottement et, parfois, des intoxications. Mais certains, parmi ces végétaux, sont susceptibles de jouer un rôle très positif dans la régulation du micro-climat dans lequel baignent les plants (réduction de la transpiration, des gelées, etc.) et dans la formation des jeunes tiges par l'élagage naturel.

En conséquence, l'effet recherché par le forestier variera selon les espèces, de l'éradication d'indésirables comme les graminées au simple contrôle de la croissance des semi-ligneux et ligneux.

La méthode traditionnelle

L'outil universel du forestier pour cultiver la forêt, c'est la coupe. Sur la végétation concurrente, il peut intervenir par voie curative, mais il peut aussi prévoir et prévenir les problèmes.

Des interventions sylvicoles préventives adéquates permettent la constitution d'un peuplement ligneux bas qui, lors de la récolte du peuplement principal, maintient le sol couvert et empêche le développement de la végétation concurrente. Ce «sous-étage» exerce aussi une concurrence, mais elle est plus limitée et plus aisément contrôlable que celle d'un tapis de graminées, par exemple.



Photo 1 - Traitement de préparation au Glyphosate 1800 g/ha + surfactant (CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)



Photo 2 - Matériel pour préparation chimique en régénération (CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson)

La voie curative correspond à la coupe des adventices, renouvelée autant que nécessaire. Réalisée à la main, cette méthode est parfaitement sélective et tout terrain. Ses effets sont instantanés, mais très souvent fugaces et nécessitent une main-d'œuvre abondante. Sur ce point, la mécanisation apporte une solution intéressante pour le contrôle des ligneux, mais au détriment de la sélectivité et suppose un terrain accessible aux tracteurs (relief, obstacles, portance).

L'avènement des phytocides

Lorsque les phytocides sont venus relayer les dégagements manuels ou mécanisés, on a, dans un premier temps, commencé par calquer les interventions chimiques sur les traitements traditionnels. On s'est progressivement rendu compte que le nouvel outil impliquait une stratégie spécifique. L'effet de l'outil chimique étant différé et souvent plus durable que celui de la coupe, on est conduit à intervenir plus précocement dans les chantiers et cela a deux avantages importants :

- on bloque la concurrence avant qu'elle ait commencé de s'exercer,
- on évite les problèmes de sélectivité vis-à-vis des essences installées.

Les types d'interventions phytocides en forêt

On peut donc distinguer trois grandes familles d'interventions, selon le moment de l'intervention.

● En préparation (photos 1 et 2)

L'absence des espèces à favoriser donne une grande liberté d'action (mais on se méfiera des produits trop persistants). Ce qui importe, c'est la nature de la végétation à contrôler et le niveau auquel on veut la contenir. L'expérience a montré qu'on a intérêt à contrôler dès ce stade les espèces appartenant aux catégories suivantes :

- monocotylédones : surtout graminées, mais aussi joncs et carex,
- dicotylédones herbacées,
- semi-ligneux : fougère, ronce, genêt, éricacées (et ligneux bas),
- ligneux : essences forestières non souhaitées.

● En dégagement

La contrainte principale est ici la sélectivité du traitement vis-à-vis des essences à favoriser. Cette sélectivité s'obtient :

- en dirigeant le traitement sur les adventices, pour les matières actives non sélectives,
- en jouant sur les stades phénologiques (repos des espèces à protéger) ou la position dans le sol,
- en respectant scrupuleusement les doses (seuil de sélectivité) et en assurant une répartition régulière des produits (photos 3 et 4).

Le choix du traitement résulte du croisement des catégories d'adventices précédemment évoquées avec les essences à favoriser en prenant en compte les stades phénologiques des unes et des autres, ainsi que le niveau de développement de l'essence : pré ou post-levée, âge, hauteur, enracinement.



Photo 3 - Dégagement de châtaigniers au Fydulan (40 kg/ha) (CEMAGREF Nogent)

● Au cours de la vie du peuplement, des phytocides permettent également :

- la dévitalisation de souches,
- les éclaircies ou dépressages chimiques (pour des bois non commercialisables),
- la lutte contre un phytoparasite comme le gui,
- le contrôle des gourmands à l'ouverture des peuplements.

Contrôle intégré de la végétation

L'emploi des phytocides en forêt va devoir s'intégrer de plus en plus dans une stratégie plus globale, faisant appel, à l'amont, à des pratiques sylvicoles préventives et être associé aussi souvent que possible à d'autres techniques telles que :

- le travail du sol,
- le contrôle manuel,
- les interventions mécaniques (exemple : arrachage de la ronce au cultivateur à dents),
- la protection individuelle des plants (manchons, paillage),
- éventuellement, le pâturage et les feux contrôlés.

Tout cela suppose, bien entendu, une excellente organisation des chantiers.

La situation actuelle

Décrire la pratique de l'emploi des herbicides en forêt n'est pas simple, faute de bien connaître ce qui se passe sur le terrain. Néanmoins, on s'accorde à lui reconnaître un certain nombre de spécificités .

Le rôle des leaders d'opinion

Il s'agit généralement de forestiers militant pour la rénovation de certaines pratiques sylvicoles, dans le cadre d'une approche marquée par une préoccupation



Photo 4 - Dégagement de pins Lancio au Velpar (7,5 l/ha) (CEMAGREF Nogent)

micro-économique. Petit à petit se crée localement un réseau de références et de vulgarisation, fondé sur un petit nombre d'individus ou d'organismes (coopératives, par exemple). C'est ainsi qu'on identifie trois grandes régions de marché : le grand Sud-Ouest où la ligniculture et les grands projets de reboisement dans des régions sans tradition forestière ont joué un rôle moteur, le Nord-Est où l'importance des surfaces forestières compense, en terme de marché, un taux de pénétration inégal, et le Nord-Ouest où s'est créée une «culture technique» originale. Mais aux frontières de ces grandes régions, rien ne semble définitivement acquis : le départ d'un leader d'opinion peut entraîner une désaffection progressive vis-à-vis des herbicides en même temps que se développe un petit marché local dans son nouveau lieu d'affectation.

Des connaissances techniques inégales

Malgré un effort certain de publications techniques par l'Institut pour le Développement Forestier (IDF), le CEMAGREF et l'INRA, la diffusion des connaissances techniques reste trop limitée. Les pôles de compétence locaux sont souvent attachés à des individus (cf. Supra). Le contexte d'emploi des herbicides n'est pas toujours appréhendé globalement. Des connaissances théoriques ou expérimentales très pertinentes peuvent coexister avec certaines lacunes ou naïvetés qui expliquent des échecs locaux. Les prescriptions sont parfois inadéquates, l'impact de certains produits dans certains contextes peut être mal compris : inefficacité, substitution de flore non maîtrisée, dégâts sur les plantes, problèmes d'environnement local... Oubliant que l'herbicide est un outil parmi d'autres, qui doit s'intégrer dans une stratégie sylvicole cohérente faisant appel à la gamme complète des outils possibles, certains en viennent à préconiser, voire à pratiquer, la répétition abusive des traitements. Les informations sur les contre-exemples ne circulent pas, et bien peu nombreux sont les forestiers capables d'analyser avec précision les causes d'un échec : la faute en est rejetée sur le produit, la météorologie, l'entreprise d'application...

Tout ceci est caractéristique des débuts d'une période de vulgarisation; le constater encore trente ans après les essais pose question.

Le besoin d'une chaîne cohérente d'intervenants

Recourir aux phytocides suppose une certaine technicité, mais aussi la cohérence de toutes les interventions nécessaires, notamment pour ce qui concerne la prescription, les modalités d'application, la réception des chantiers... Si certaines prescriptions sont inadéquates, la qualification des entreprises locales auxquelles le maître d'œuvre recourt n'est pas toujours bien établie. L'expérience acquise sur des cultures agricoles ne suffit même pas. Un bon prescripteur n'est pas toujours à même de compenser l'inexpérience d'une équipe de chantier : à chacun son métier et ses responsabilités. La surveillance des chantiers par des techniciens insuffisamment formés est souvent purement formelle. Quant aux modalités de réception des chantiers, dans le cadre de cahiers des charges conçus pour des interventions mécaniques ou manuelles, elles posent des problèmes qui sont loin d'avoir été tous

résolus. Un gros effort de formation des personnels est consenti par certains organismes forestiers; il est nécessaire, mais insuffisant si la formation d'une chaîne cohérente d'intervenants n'est pas prise en charge.

Un contexte réglementaire méconnu

La réglementation concernant les herbicides est abondante, complexe et en pleine évolution. Conçue pour le secteur agricole, elle est étendue au secteur forestier qui a les caractéristiques d'un écosystème plus complexe. Cette réglementation est assez largement ignorée des utilisateurs d'herbicides en forêt. Parmi les produits les plus connus et les plus utilisés par les forestiers figurent des spécialités qui ne sont pas homologuées actuellement pour un usage en forêt. Les précautions réglementaires d'emploi ne sont guère mieux respectées sur les chantiers d'épandage. Outre ses inconvénients sur les plans juridique, sanitaire et écologique, cette situation diminue l'intérêt que peut présenter le marché forestier, déjà restreint, pour un industriel phyto-pharmaceutique confronté au coût d'une procédure d'homologation d'un de ses produits pour un usage en forêt.

Une dialectique particulière entre court terme et long terme

Un usage raisonné et responsable des herbicides en forêt durant la phase de régénération du peuplement conduit à y recourir au maximum trois fois, rarement quatre (sauf cas particulier des entretiens de pare-feu), en une révolution (soit 60-140 ans pour les résineux, 80-220 ans pour les feuillus). Bien que ces données nécessitent d'être confirmées expérimentalement, on se rend compte que cela diffère totalement des usages agricoles (plusieurs fois par an tous les ans). Ceci relativise certaines prédictions catastrophiques sur la généralisation de l'emploi des produits chimiques en forêt. Néanmoins, il est vrai que l'écosystème forestier est plus riche et plus complexe (indices d'abondance et de diversité de la flore et de la faune) que les milieux de grande culture. Il serait illusoire de penser que le sylviculteur pourrait éventuellement compenser à coup d'intrants financiers les dysfonctionnements qu'il induirait par des pratiques irresponsables : substitution de flore défavorable, toxicité pour certains insectes ou pour le gibier... Les modalités de fonctionnement de la biocénose forestière sont encore mal connues. Par ailleurs, on ne peut pas généraliser un modèle unique d'intensification de la production, ce serait peu logique, tant sur le plan écologique que micro-économique. Il n'est donc pas étonnant que la conscience d'une responsabilité vis-à-vis du long terme soit forte dans le milieu forestier. L'efficacité immédiate ne peut être le seul critère de jugement. De ce point de vue, tous les produits ne peuvent être considérés de la même manière, et en l'absence d'expérimentations pluriannuelles prenant en compte cette dimension d'écosystème, une certaine méfiance peut se justifier.

Par divers recoupements, il est possible d'estimer l'ordre de grandeur des quantités épandues pour certains produits majeurs et les surfaces concernées (en plein ou sur les lignes de plantation) en forêt (hors pépinières, espaces verts, entretien des bords de route ou de voies ferrées) (tableau 2).

Tableau 2 - Caractéristiques des herbicides employés en forêt

Spécialité commerciale	Quantité de produit	Surfaces concernées	Matière active
Antigraminées spécifiques (1) et (2) suivant spécialités		1.000 ha	Fluazifop* Sethoxydime* etc.
Arcan et Fydulan (1)	inconnu	inconnu	Dalapon et Dichlobenil
Anti-germinatif	50 t	15-17000 ha	Atrazine* (2) Simazine* (2)
Fougerox ex Asulox	30 t*	3.000 ha*	Asulame
Cepral F (1) ex Garlon 4 EF	5 t	2.000 ha	Triclopyr
Hockey (1) ex Roundup (2) Krenite (1)	25-30 t 10 t*	7.000 ha 1.500 ha*	Glyphosate Fosamine ammonium
Velpar L (1)	25-30 t	7-8.000 ha	Hexazinone
Total		40.000 ha	

* = fortes variations interannuelles

(1) Homologué forêt

(2) Usage non homologué en forêt.

On peut d'ores et déjà faire plusieurs constatations :

- l'évolution de la taille du marché a été faible en dix ans, même si certains produits nouveaux se sont bien implantés, aux dépens d'autres,
- la pénétration d'un nouveau produit est d'abord très lente avant qu'il ne s'impose éventuellement,
- les déclarations volontaires de statistiques d'emploi des herbicides en forêt (sources inconnues) au Comité mixte FAO-OIT-UN CEE en 1987 situent la France plutôt dans le peloton de tête des pays forestiers européens recourant aux herbicides.

Le débat

Le forestier qui s'intéresse aux herbicides essentiellement pour des raisons économiques ne peut oublier qu'il agit dans un milieu considéré dans la plupart des cas comme relativement naturel. Rares en effet, sont les situations comparables à celle de la forêt landaise de pin maritime, le plus vaste massif forestier d'origine artificielle en Europe, qui doit son existence à la volonté de l'homme dans un milieu pauvre et difficile. La décision du forestier doit prendre en compte la complexité de l'écosystème

forestier. Si son intérêt réside dans la production rémunératrice de bois, l'analyse préalable doit prendre en considération l'ensemble des facteurs du milieu pour asseoir une décision responsable, envisageant toutes les conséquences.

De ce point de vue, l'expérience du monde agricole, avec ses succès indéniables, mais aussi ses déconvenues et ses échecs, ne sera jamais simplement transposable en forêt à grande échelle. Un commercial qui ne saura parler que de l'efficacité de son produit se heurtera toujours à une méfiance profonde, souvent silencieuse. Cela confortera la plupart des forestiers dans l'idée que l'herbicide est peut-être un mal nécessaire, mais pas un outil performant dont il convient d'analyser avec une bonne technicité le cahier des charges de son emploi. Faute d'assumer publiquement cette démarche écotoxicologique, le marché des herbicides en forêt risque fort de demeurer longtemps un marché étroit et fragile, emmené par quelques apôtres et vulgarisateurs à la merci d'une polémique sur un contre exemple.

Gagner quelques parts de marché n'est pas aisé, élargir le marché est encore plus difficile. Perdre l'acquis, à la faveur d'un échec retentissant ou d'une mise en accusation publique par tous ceux qui font de la forêt un mythique espace naturel, le symbole nostalgique d'une nature perdue qu'agresse la chimie, symbole du poison, est si vite arrivé. C'est l'histoire, depuis trente ans, des vagues successives de vulgarisation de l'emploi des produits chimiques en forêt, véritable travail de Sisyphe. N'oublions pas que la publication de la deuxième note technique sur cette question (la première note remonte à 1965 avec le même titre «Application des traitements par produits chimiques phytocides en reboisement», note technique du CERAFER) sur les herbicides en forêt par le CTGREF a été suivie de peu par le contrecoup de la polémique publique de 1976, à partir d'exemples forestiers limousins et bourguignons, contre l'usage du 2,4,5-T.

Cette situation de défiance publique vis-à-vis de l'emploi de produits chimiques en forêt n'est d'ailleurs pas propre à la France. Beaucoup de pays ouest-européens et nord-américains ont durci, ou sont en train de durcir leur réglementation concernant les usages en forêt, sous la pression de leur opinion publique emmenée par les associations de protection de la nature. Tôt ou tard, le débat se posera également dans ces termes en France. Cela arrivera d'autant plus vite si les forestiers et les firmes phytopharmaceutiques refusent de percevoir ce «risque» et continuent à ne parler qu'en terme d'efficacité à court terme. Le marché forestier ne saurait être un substitut à la stagnation ou à la régression du marché agricole : il a ses spécificités. Refuser de les prendre en considération, ou penser que chaque membre de la chaîne d'intervenants peut jouer une stratégie indépendante et tirer son épingle du jeu, est au mieux illusoire, au pis irresponsable. Trouver sa juste place à l'outil «herbicide» nécessitera un fort investissement collectif de tous les intervenants : les divers organismes forestiers sont pour leur part décidés à le consentir dans un cadre déontologique qu'ils souhaitent négocier avec tous ceux qui adhèrent à cette démarche responsable.

Ce texte a fait l'objet d'une communication lors de la XIVe conférence du COLUMA, à Versailles, le 23 janvier 1990.

Le choix d'un cultivar de peuplier dans les reboisements financés par le Fonds Forestier National

D. Terrasson et G. Deboisse

Les conditions d'attribution des aides du Fonds Forestier National aux plantations de peupliers ont été profondément remaniées par la circulaire du 13 février 1990 (tableau 1).

Les modifications concernent non seulement l'adjonction des cultivars nouveaux autorisés à la commercialisation par l'arrêté du 1^{er} mars 1989, mais aussi des restrictions apportées à l'utilisation régionale de clones plus anciens et notamment de 'Robusta', clone le plus planté en France depuis le déclin de 'I-214' en 1974.

Cette évolution a soulevé quelques émois au plan local, et il convient donc, d'une part d'en expliquer les motivations et, d'autre part, de fournir quelques conseils pour le choix des variétés encore mal connues des reboiseurs.

Les fondements de la liste régionalisée

La liste régionalisée des cultivars de peuplier a été élaborée par un groupe de travail de la Commission Nationale du Peuplier qui s'est appuyé sur quatre principes généraux.

Offrir un choix au sein de chaque groupe systématique

Le catalogue national comprend trois groupes systématiques distincts :

- les peupliers noirs, représentés par les *p.deltoides* ('Lux', 'Carolin') et les hybrides entre *P.nigra* et *P. deltoides* ou peupliers euraméricains ('I-214', 'Robusta',...);
- les peupliers baumiers qui comprennent trois clones de *P.trichocarpa* ('Fritzi Pauley', 'Trichobel', 'Columbia River');
- les hybrides entre ces deux groupes ou peupliers interaméricains ('Unal', 'Beaupré',...).

La volonté d'offrir un choix minimum de clones (deux à trois) au sein de chacun de ces groupes a conduit en particulier à étendre le financement des baumiers et des interaméricains à cinq régions méridionales (Aquitaine, Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, Provence - Alpes de Provence - Côte d'Azur, Corse). Cela ne veut pas dire pour autant qu'ils doivent y être conseillés aveuglément. Leur comportement n'est en effet pas encore suffisamment connu dans cette zone géographique; il conviendra donc de les utiliser avec prudence en s'inspirant des résultats obtenus dans les réseaux expérimentaux existant à l'échelon local.

Maintenir un bon état sanitaire des peupleraies

Les peupliers sont sujets à de nombreuses maladies susceptibles d'affecter le rendement économique des plantations. Parmi celles-ci, une attention toute particulière doit être portée au chancre bactérien (*Xanthomonas populi*) dont l'extension est limitée au quart nord-est de la France et, dans une moindre mesure, à la bordure de la Manche. Cette maladie, qui faisait des dégâts considérables dans les régions concernées, a maintenant complètement disparu des peupleraies cultivées grâce à une politique rigoureuse d'élimination des arbres chancreux, et surtout au développement de clones peu sensibles ('Robusta' essentiellement), qui ne sont pratiquement pas contaminés lorsque la pression d'inoculum est faible.

Ce succès est dû au faible pouvoir de dissémination du pathogène, mais celui-ci n'a pas été éradiqué pour autant, car il subsiste sur les vieux arbres isolés appartenant à des cultivars anciens (photo 1) et sur les trembles disséminés en forêt (les trembles ont, en règle générale, un niveau de sensibilité élevé à ce pathogène).

Il convient donc de rester vigilant, et c'est pourquoi les clones les plus sensibles ('Dorskamp', 'I-45/51', 'Blanc du Poitou') ne sont pas subventionnables dans les régions concernées, même s'ils sont par ailleurs susceptibles d'y avoir une croissance tout à fait satisfaisante.

Le second cas d'élimination d'un clone dans une zone géographique pour des raisons pathologiques est celui du clone 'Unal', qui présente une sensibilité élevée à la race E 2 de la rouille à *Melampsora larici-populina* à laquelle on a pu attribuer quelques cas de défeuillaison sévère et même de mortalité dans des plantations situées en Belgique. Bien qu'aucune



Photo 1 - Vieux peupliers couverts de chancres bactériens photographiés en 1990 dans la Somme (CEMAGREF, Nogent-sur-Vernisson)



Photo 2 - Forte attaque de rouille en pépinière (CEMAGREF, Nogent-sur-Vernisson)

attaque grave n'ait pu être constatée en France, il a semblé préférable de ne pas favoriser la culture d'Unal' dans le quart nord-est de la France, seule région où ce pathogène est rencontré de façon suffisamment régulière et précoce. 'Unal' peut, par contre, être cultivé avec profit dans les autres régions, car il présente une bonne résistance aux espèces ou races de rouilles qui y sont les plus fréquentes (*Melampsora allii-populina*, *Melampsora medusae*, *Melampsora larici-populina* race E 1 ou E 3).

Enfin, pour l'ensemble des autres maladies, l'objectif recherché a été de limiter le caractère monoclonal des populicultures régionales, qui est susceptible de faire courir un risque grave d'épidémie en cas de conditions climatiques favorables au développement d'un pathogène. Il faut garder à l'esprit que, même si des progrès certains ont été accomplis au cours des dernières années sur les caractères de résistance aux maladies, l'immunité parfaite d'un clone vis-à-vis de la gamme complète des pathogènes n'existe pas. De plus, les pathogènes eux-mêmes ont la faculté d'évoluer en fonction des variations de population de l'espèce hôte, et leur propre sélection est facilitée par le caractère monoclonal des plantations, particulièrement pour les maladies à fort pouvoir de dissémination (maladies cryptogamiques foliaires comme le *Marssonina brunnea* ou les rouilles à *Melampsora*), (photo 2).

Les exemples récents du développement de *Marssonina brunnea* sur 'I-214', de l'apparition de la race E 2 du *Melampsora larici-populina* sur 'Unal', ou des attaques de *Discosporium populeum* (= *Dothichiza populea*) sur 'Luisa Avanzo' dans la vallée du Pô, devraient contribuer à rendre les populiculteurs particulièrement prudents sur ce point. L'extension de la liste des hybrides interaméricains à trois nouveaux clones 'Boelare', 'Hunnegem' et 'Donk' répond principalement à ce souci de diversification.

Les cinq clones subventionnables ont en effet des sensibilités variables à des espèces ou races de rouilles différentes, toutes présentes en proportions variables selon les années et la situation climatique sur le territoire national.

Limiter la diffusion des clones les moins productifs

Par rapport à la situation antérieure, les possibilités d'utilisation ont été réduites pour trois clones anciens (donc bien connus) : 'Robusta', 'Tardif de Champagne' et, dans une moindre mesure, 'Blanc du Poitou'. Cette modification n'entraîne pas de perturbations pour les deux derniers qui n'étaient pratiquement plus cultivés dans les régions concernées.

Le cas de 'Robusta' mérite par contre une attention particulière, dans la mesure où il a été jusqu'en 1988 et depuis de nombreuses décennies, le clone le plus fréquemment planté en France, si l'on excepte une courte période comprise entre 1963 et 1974 au cours de laquelle il était supplanté par 'I-214' (photo 3).

Quels sont donc les éléments qui ont fait le succès incontestable de 'Robusta', et quels sont ceux qui conduisent maintenant à en limiter la diffusion ?

Les aspects positifs de ce clone sont :

- une grande plasticité;



Photo 3 - Alignement de 'Robusta' dans le Pas-de-Calais
(CEMAGREF, Nogent-sur-Vernisson)

Tableau 1 - Liste régionalisée des cultivars de peuplier utilisables dans les reboisements financés par le F.F.N

Cultivars de peupliers	Peupliers euraméricains									
	Blanc du Poitou	Cima	Dorskamp	Flevo	Ghoy	I-214	I-45/51	Luisa Avanzo	Robusta	Tardif de Champagne
Nord				X	X	X			X	
Picardie				X	X	X			X	
Région parisienne				X	X	X			X	
Centre	X			X		X	(1)		X	
Haute-Normandie				X	X	X			X	
Basse-Normandie	X			X		X			X	
Bretagne	X			X		X				
Pays de la Loire	X		X			X	X			
Poitou Charentes	X	X	X			X	X	X		
Limousin	X					X	X			
Aquitaine	X	X	X			X	X	X		
Midi-Pyrénées	X	X	X			X	X	X		
Champagne Ardennes				X	X	X			X	X
Lorraine				X	X	X			X	
Alsace				X	X	X			X	
Franche Comté				X	X	X			X	
Bourgogne				X		X			X	
Auvergne	X					X	X			
Rhône-Alpes	X					X	X			
Languedoc Roussillon						X	X			
Provence Alpes de Provence Côte-d'Azur						X	X			
Corse						X	X			

(1) Le I-45/51 est subventionnable dans les départements suivants de la région Centre : Cher, Indre-et-Loire, Loiret, Loir-et-Cher et Indre

Cultivars de peupliers	Peupliers deltoïdes	Peupliers interaméricains					Peupliers trichocarpa		
	Lux	Beauprè	Boelare	Donk	Hunnegem	Unal	Columbia River	Fritzi Pauley	Tri-chobel
Nord		X	X	X				X	X
Picardie		X	X	X				X	X
Région parisienne		X	X	X				X	X
Centre	X	X	X	X	X	X		X	X
Haute-Normandie		X	X	X	X	X		X	X
Basse-Normandie		X	X	X	X	X		X	X
Bretagne		X	X	X	X	X		X	X
Pays de la Loire	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Portou Charentes	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Limousin		X	X	X	X	X	X	X	X
Aquitaine	X	X	X	X	X	X	X		X
Midi-Pyrénées	X	X	X	X	X	X	X		X
Champagne Ardennes		X	X	X				X	X
Lorraine		X	X	X				X	X
Alsace		X	X	X				X	X
Franche Comté		X	X	X	X	X		X	X
Bourgogne		X	X	X	X	X		X	X
Auvergne		X	X	X	X	X		X	X
Rhône-Alpes	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Languedoc Roussillon	X	X	X	X	X	X	X		X
Provence Alpes de Provence Côte-d'Azur	X	X	X	X	X	X			X
Corse	X	X	X	X	X	X			X

N.B. La présence d'une croix (x) indique que le cultivar considéré est subventionnable dans la région de programme concernée.

- un fût très droit avec une dominance apicale bien marquée limitant les travaux de défouchage;
- une densité de bois élevée, autorisant l'utilisation du bois de ce clone dans des emplois "travaillant" (structure);
- une sensibilité modérée à l'agent du chancre bactérien.

Quant aux aspects négatifs, ils sont constitués par :

- une productivité très inférieure à celle de l'ensemble des clones du catalogue national ('Tardif de Champagne' excepté);
- une sensibilité excessive à l'ensemble des rouilles à *Melampsora*, au *Marssonina brunnea* et au *Discosporium populeum*.

En fait, 'Robusta', qui a représenté un progrès considérable pour la populiculture des six premières décennies de ce siècle, est maintenant une variété dépassée.

Les seules raisons qui perpétuent son utilisation sont à rechercher dans les habitudes des reboiseurs, la tendance des pépiniéristes à la simplification de leur production, et les difficultés du choix clone/station qui amènent de nombreux conseillers du monde forestier à se cantonner dans une solution de facilité comportant peu de risques de surprise.

'Robusta' n'a cependant pas été supprimé de la liste pour les régions du quart nord-est de la France, faute d'une production immédiatement disponible pour des clones plus performants. Il y serait cependant très avantageusement remplacé par 'Flevo' ou 'Ghoy' pour les peupliers euraméricains, et par les peupliers interaméricains dans leurs créneaux respectifs.

Respecter l'amplitude géographique de chaque clone

Sans qu'il soit nécessaire de s'étendre longuement sur cet aspect, il apparaît que l'intérêt de certains clones est limité à une zone géographique précise. Parmi ceux-ci, il faut en particulier mentionner des variétés dont l'intérêt est exclusivement :

- méridional : 'Luisa Avanzo', 'Cima', 'Columbia River', 'Lux' et, dans une moindre mesure, 'Hunnegem';
- nordique : 'Ghoy', 'Tardif de Champagne', 'Robusta', et dans une moindre mesure 'Flévo'.

Quels conseils donnés sur l'utilisation des clones nouveaux

Nous nous contenterons de passer en revue les aptitudes des clones les plus récents. Pour les peupliers euraméricains, on se référera au tableau 2 et à des monographies plus détaillées.

Tableau 2 - Condition d'utilisation des peupliers euraméricains

Clone	Amplitude géographique	Amplitude édaphique	Stations optimales	Principales qualités	Principaux défauts	Situation à proscrire
Blanc du Portou	Sud du Bassin Parisien	Limitée	Plan d'eau superficiel au sud de la Loire	– suffisamment résistant au <i>Marssonina brunnea</i> et aux rouilles – qualité du bois (déroulage) – longévif	– sensible au chancre bactérien – créneau potentiel étroit	– quart nord-est de la France
Cima Luisa-Avanzo	Méridional	Très exigeant	Populiculture intensive sur station riche et bien alimentée en eau, en zone méridionale	– productivité – résistance aux maladies foliaires	– sensibilité au <i>Dothichiza popunea</i>	– station à rupture d'alimentation en eau
Dorskamp	Large	Très plastique	Stations alluviales sèches au sud du Bassin Parisien	– résistant aux maladies foliaires – grande plasticité – forte productivité	– sensibilité au chancre bactérien – sensibilité au vent – flexuosité excessive, si mauvais élevage en pépinière	– quart nord-est – stations exposées aux vents
Flévo	Large	Très plastique	Stations alluviales sèches au nord du Bassin Parisien	– résistant au chancre bactérien et à la plupart des maladies foliaires – grande plasticité	– sensibilité au vent	– stations exposées aux vents
Ghoy	Très nordique	Limitée	Stations humides au nord du Bassin Parisien	– résistant au chancre bactérien et rouilles	– productivité moyenne – créneau potentiel étroit	– sud du Bassin Parisien
I-214	Sud du Bassin Parisien	Stations alluviales	Populiculture intensive, stations riches	– productivité – qualité du bois	– sensibilité au <i>Marssonina</i> – tendance à la fourchaison	– populiculture extensive,
I-45/51	Sud du Bassin Parisien	Plastique	Sols lourds Stations sèches	– rectitude – rusticité	– sensibilité aux rouilles – sensibilité au chancre bactérien	– quart nord-est
Robusta	Large	Plastique	Intérêt très limité	– rectitude – plasticité	– faible production – sensibilité aux maladies foliaires	
Tardif de Champagne	Nordique	Limitée	Intérêt très limité	– qualité du bois – longévité	– faible production – sensibilité au <i>Marssonina brunnea</i>	

Il convient, dans tous les cas, de souligner l'importance d'une bonne appréciation des caractéristiques de la station, et l'on consultera pour cela les nombreuses publications générales sur ce sujet (notamment G. Soulères - R. F. F. n° 2/1987) ou les études spécifiques de typologie des stations qui existent dans plusieurs régions.

Flévo

Clone euraméricain issu du même croisement que 'Dorskamp', il en a les mêmes qualités, mais à une productivité légèrement inférieure. Contrairement à 'Dorskamp', il a une résistance satisfaisante au chancre bactérien et il trouve donc tout son intérêt dans le quart nord-est de la France.

Pratiquement résistant à l'ensemble des maladies foliaires, c'est un clone très plastique, toujours supérieur à 'Robusta', qu'il pourrait remplacer avantageusement. Il s'adapte notamment assez bien aux stations alluviales sèches et filtrantes ou aux stations alluviales les plus humides.

Il faudra par contre éviter les situations exposées à de forts vents dominants (inclinaison prononcée du tronc génératrice de bois de tension).

Lux

Peuplier *deltoïdes*, il remplace le clone 'Carolin' qui n'est pratiquement plus cultivé en raison de ses difficultés de reprise.

'Lux' est un clone très productif et résistant à l'ensemble des maladies foliaires cryptogamiques et virales. Il supporte bien les sols lourds et les ruptures estivales d'alimentation en eau, lorsqu'il est bien installé, ce qui peut lui donner de l'intérêt dans les régions méridionales.

'Lux' est, par contre, très sensible au vent (bris de cime perturbant la production).

Les peupliers interaméricains

Les peupliers interaméricains inscrits au catalogue constituent un groupe très homogène, au sein duquel les différences essentielles concernent les résistances à des espèces ou races de rouille. Les vitesses de croissance juvénile ont pu faire croire à des écarts de productivité significatifs, mais ceux-ci se résorbent progressivement. Tous les clones du catalogue national ont donc le même créneau d'utilisation, et doivent être plantés indifféremment afin de maintenir une diversité génétique propre à limiter les risques pathologiques graves.

Seul le clone 'Hunnegem' se distingue par un tempérament thermophile plus marqué et une plus grande sensibilité aux gélivures qui doivent le faire réserver au sud du Bassin Parisien.

A noter également que 'Raspalje', bien qu'inscrit au catalogue national, ne peut pas bénéficier des subventions du Fonds Forestier National. L'intérêt de ce clone est en effet limité aux seuls taillis à courte rotation.

Les interaméricains affirment surtout leur qualité dans la moitié nord de la France. Ils sont cependant à déconseiller dans les stations humides (notamment lorsqu'il y a des risques de sub-mersion en période de végétation) et dans les stations sèches et filtrantes. Ils peuvent être utilisés sur des sols sans nappe à condition que la capacité de rétention en eau soit élevée et que la profondeur prospectable par les racines soit importante.

Dans la moitié sud de la France, ils semblent pouvoir donner les meilleurs résultats dans les vallées des contreforts montagneux bien arrosés. Ils supportent bien les sols lourds sous réserve d'une alimentation hydrique estivale régulière.

Par contre, ils ne paraissent pas en mesure de concurrencer les peupliers euraméricains méridionaux ('I-214', 'Luisa Avanzo',...) dans le cadre d'une populiculture intensive et ils supportent très mal la sécheresse (sol filtrant avec rupture d'alimentation en eau).

Les peupliers baumiers

L'intérêt des peupliers baumiers se situe essentiellement au niveau de la populiculture forestière (meilleure résistance à la concurrence), ou au reboisement de certains sols à pH bas (Bretagne en particulier).

'Trichobel' a des performances très proches de celles de 'Fritzi Pauley' avec une tendance un peu moins marquée à la formation de gourmands, et aux bris de cime. 'Columbia River' a, par contre, un tempérament beaucoup plus thermophile qui limite son intérêt aux régions méridionales (photo 5).

Le créneau des peupliers baumiers reste cependant étroit et on leur préférera généralement les peupliers interaméricains si les conditions le permettent.

Comme les interaméricains, les baumiers sont à proscrire dans les stations soumises à sub-mersion pendant la période de végétation, et sur les stations sèches (notamment sols filtrants à faible richesse chimique).



Photo 4 - 'Flevo' : un tronc moins flexueux que 'Dorskamp' en arrière plan (CEMAGREF, Nogent-sur-Vernisson)

Conclusion

Les travaux d'amélioration génétique du peuplier ont été extrêmement nombreux et leurs résultats accélérés par la rapidité des rotations comparée à la majorité des essences forestières, et par la grande aptitude de cette espèce à la multiplication végétative.

Le travail du populiculteur ou de son conseiller technique, s'en trouve singulièrement compliqué, car il est confronté maintenant à trois groupes systématiques au lieu des seuls peupliers noirs traditionnels et, dans chacun de ces groupes, à des variétés de plus en plus performantes, mais aussi de plus en plus spécifiques, dont il ne connaît pas toujours parfaitement le comportement.

Troublés par cet afflux de nouveauté et le souvenir des échecs enregistrés par l'utilisation incontrôlée de 'I-214', beaucoup d'entre eux se sont réfugiés dans une valeur sûre, 'Robusta'.

Cette situation n'est cependant pas souhaitable, car elle prive la populiculture française des gains de productivité actuellement disponibles, tout en maintenant une situation sanitaire insuffisante.

Dès lors, quelles démarches adopter pour choisir un clone de peuplier ?

Par ordre de priorité, nous prendrons en compte quatre considérations.

Eviter les grosses erreurs d'adaptation

Pour cela, il faut d'abord se convaincre qu'il n'existe aucun clone polyvalent. Dans un second temps, procéder par élimination : amplitude géographique, amplitude édaphique, état sanitaire local (photo 6).

Nous avons essayé de donner ici les principaux éléments permettant de répondre à cette première question.

Prendre en compte les conditions de production

La populiculture ne peut pas s'envisager sans un minimum d'entretien des plantations. Néanmoins, certaines variétés peuvent exiger des soins plus soutenus ('I-214' par exemple), ou réagir plus favorablement à l'intensification ('Luisa Avanzo', 'Cima', 'I-214').



Photo 5 - 'Trichobel' un clone à promouvoir en remplacement de 'Fritzi Pauley' (CEMAGREF, Nogent-sur-Vernisson)

La rentabilité de ces interventions est fortement conditionnée par les conditions de production (travaux en régie ou à l'entreprise, éloignement du siège d'exploitation...).

Raisonnement des risques

Chaque clone se caractérise sur une station donnée par une productivité possible en quantité, mais aussi en qualité, et par des risques envisageables (casse au vent, gélivures, pathologie...). La recherche de la productivité maximum n'est pas la seule stratégie possible ; celle-ci reste de la seule appréciation du propriétaire, d'autant que ces éléments sont difficiles à cerner notamment en ce qui concerne l'évolution des marchés.

Diversifier la populiculture

Nous avons vu qu'un des objectifs de la nouvelle liste de clones utilisables dans les reboisements financés par le Fonds Forestier National, était de limiter les situations de monoculture. La nécessité de diversification doit être prise en compte au niveau de chaque massif, tout en respectant des dimensions parcellaires minimum permettant de constituer des lots suffisants pour la vente. Il faudra notamment profiter des possibilités offertes par les variétés très voisines comme 'Luisa Avanzo' - 'Cima', l'ensemble des peupliers interaméricains, ou 'Fritzi Pauley' - 'Trichobel'.

Le lecteur pourra regretter d'avoir trouvé ici plus de questions que de réponses, mais un des mérites de la nouvelle liste des cultivars de peupliers n'est-il pas d'imposer une remise en cause des habitudes ?



Photo 6 - Un mauvais choix de clone peut conduire à l'échec (CEMAGREF, Nogent-sur-Vernisson)

Bibliographie

Etudes de stations

Gombault C. Levêque A., 1983 – Contribution à l'étude des peupleraies du Val de Seine. *DEA Univ. Orsay*, 39 p.

Levy F., 1989 - Les stations à peupliers du bassin de la Charente. Mémoire *ENITEF*, 31 p.

Levy F., 1990 – Les vallées de la Marne, de l'Aube, de la Seine; le Perthois. Rapport *CEMAGREF*, 67 p.

Revillon P., 1984 – Les stations à peupliers sur plateaux dans l'est du Bassin Parisien. Mémoire *ENITEF*, 148 p.

Soulères G., 1987 – La populiculture sur les stations alluviales de la moitié nord de la France. *R.F.F* 39, n° 2, p 113-124.

Thivolle-Cazat A., 1982 – Les stations à peupliers du Val de Loire. Mémoire *ENITEF*, 45 p.

Données techniques sur les cultivars

Soulères G., 1981 – Rapport technique sur les obtentions belges (ancien clone 'Unal'). Rapport *CEMAGREF*, 29 p.

Soulères G., 1988 – Le point sur 'Dorskamp' - *Forêt entreprise* n° 54/ sept. 88, p. 15, 31.

Soulères G., 1990 – Peupliers interaméricains sur les milieux hors vallée - *Forêt entreprise* n° 66/mars 90, p. 28-36.

Terrasson D., 1988 – Populiculture : conditions d'utilisation de deux cultivars euraméricains 'Luisa Avanzo' et 'Cima', *Info. Tech. CEMAGREF* n° 69, 6 p.

Terrasson D., 1989 – Le peuplier 'Lux' : Possibilités d'utilisation en France, *Info. Tech. CEMAGREF* n° 73, 8 p.

Terrasson D., Deboisse G., 1990 – Le populetum de noyon : une référence pour la culture des interaméricains en Picardie - *Annales 1989 du CEMAGREF à paraître*.

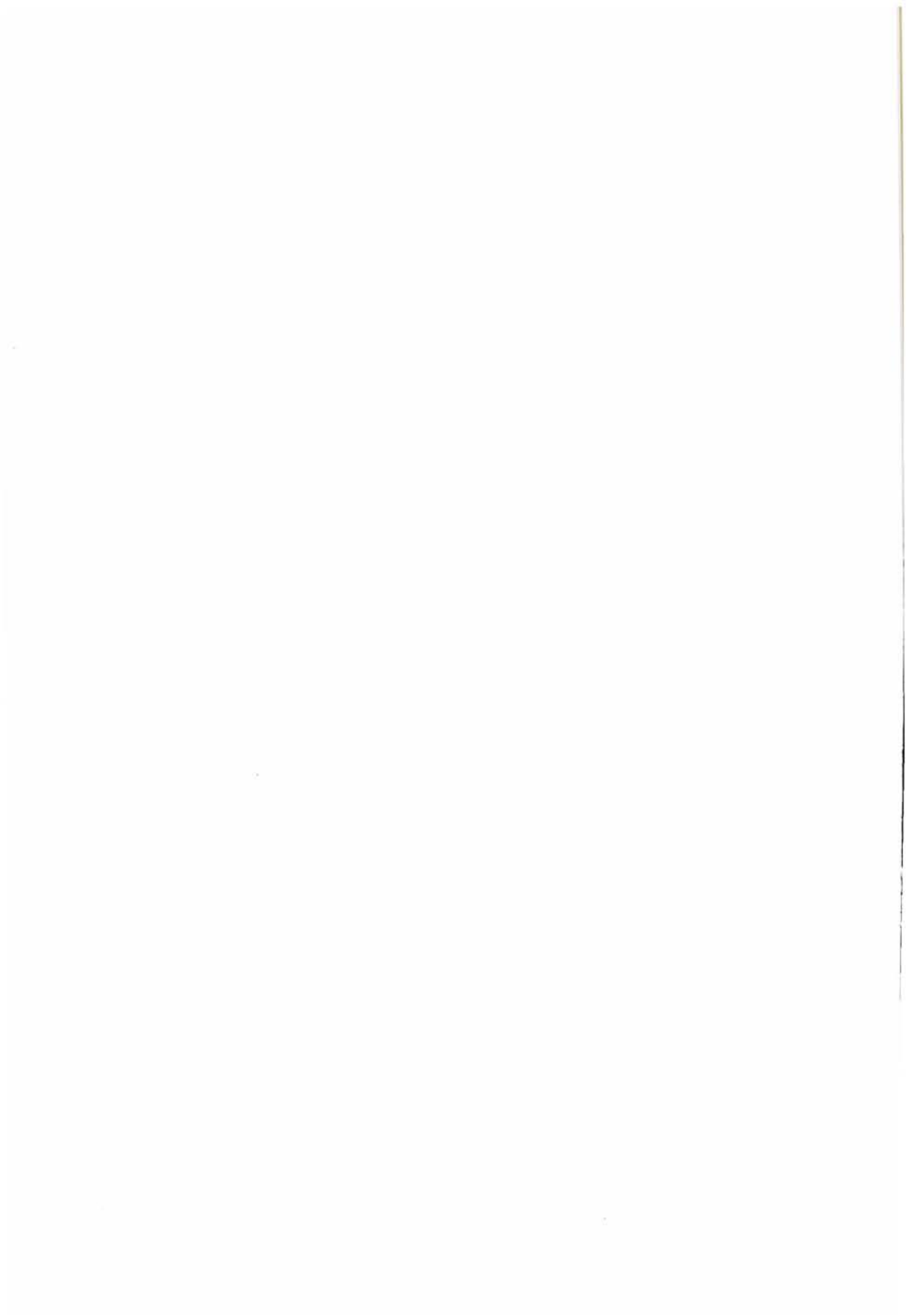
Ouvrage généraux sur la populiculture

Manuel de la populiculture, 1982. Ouvrage collectif réalisé par l'*AFOCEL*.

Le peuplier aujourd'hui et demain, 1982 – *Publication I.I.D.F.*

4. Notes et Analyses





TYPOLOGIE DES STATIONS FORESTIERES : APPORTS DE LA PEDOLOGIE ET DE L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE FORESTIERE

ANNE HUBERT

Division Production et Economie Agricoles
Bordeaux

L'objectif d'une typologie des stations forestières est de mettre à disposition du forestier un outil **pratique** lui permettant d'individualiser **facilement** des surfaces homogènes sur le plan écologique et donc sur le plan des potentialités forestières.

Pour atteindre son objectif, la typologie passe donc par la définition et la description des caractéristiques écologiques des différents milieux : climat, végétation, sol.

Parmi ces caractéristiques, les principales sont celles qui concernent le climat et le sol, car ces derniers conditionnent les bilans thermiques, hydriques et nutritifs des stations.

Les données climatiques prenant en compte les effets altitudinaux et topographiques permettent une assez bonne appréciation du bilan thermique et participent au bilan hydrique.

Dans la plupart des cas, la végétation naturelle traduit bien le bilan nutritif, contrôlé par le sol et présente en outre le précieux avantage, par rapport au sol, d'être observable directement et par surfaces entières. Sa prise en compte dans les études permet de faciliter, dans diverses situations, l'utilisation d'un catalogue des types de station.

En revanche, la valeur indicatrice de la végétation est souvent insuffisante pour l'appréhension correcte du bilan hydrique. Il est alors indispensable d'avoir recours à l'étude des sols. Par ailleurs, la végétation est souvent profondément remodelée par l'homme ; elle est en perpétuelle évolution. Afin de l'interpréter correctement, il est alors nécessaire de l'analyser en tenant compte de sa dynamique régionale.

NECESSITE D'UNE ETUDE PEDOLOGIQUE APPROFONDIE UTILITE DE FOSSES "PEDOGÉOMORPHOLOGIQUES"

L'intérêt d'une étude pédologique dans la typologie des stations forestières est reconnu depuis plusieurs années. Mais la nécessité d'une analyse conjointe des caractéristiques du sol et du substrat sous-jacent, au moins jusqu'à la limite d'enracinement des arbres, n'est pas suffisamment prise en compte.

L'exemple très révélateur des coteaux de la bordure méridionale du bassin aquitain, étudiés lors de la typologie des plateaux de Lannemezan, de Ger et des plaines du Moyen Adour, illustre bien cette nécessité, car ils ont été soumis, lors du Quaternaire, aux épanchements en terrasses de matériaux d'origine fluvio-glaciaire.

Cette région, lorsqu'elle était sous l'emprise d'importantes alternances climatiques, a été le siège de processus pédologiques complexes ayant donné naissance à des sols maintenant fossiles. Ces paléosols ont servi de matériau parental et ont fortement influencé la pédogenèse "récente" qui a généré les sols actuels.

Or les études géomorphologiques locales des nappes quaternaires, bien que cruciales pour la compréhension de la répartition et du fonctionnement de ces systèmes pédologiques, sont souvent restées insuffisamment détaillées quant aux propriétés des sols développés, à leur répartition précise dans l'espace et à leurs caractéristiques locales.

Par exemple, sur les pentes, l'existence de phénomènes secondaires, mais non moins importants, de reprise de matériaux (solifluxion, colluvionnement...) complique les systèmes pédologiques.

Afin d'interpréter au mieux cette complexité, est apparu l'intérêt, lors de la réalisation des fosses pédologiques, de la prospection non seulement des sols, superficiels et à pédogenèse actuelle, mais également de la partie supérieure (au moins) du paléosol ou du matériau parental du sol. Pour ce faire le creusement des fosses pédologiques, classiquement arrêté aux environs de 1 à 1,20 m, doit être approfondi en fosses "**pédogéomorphologiques**" (selon les cas, au minimum jusqu'à 2,50 m à 3 m ...).

Sur les pentes des coteaux du piémont pyrénéen, des successions ont pu être mises en évidence lors du travail de typologie du catalogue sur les Plateaux du Lannemezan, de Ger et les plaines du Moyen Adour. La technique utilisée est celle de relevés phyto-écologiques réalisés sur un échantillonnage croisé entre les types de milieu et la physionomie des peuplements rencontrés.

Elles montrent une dynamique de succession des feuillus selon les schémas suivants :

sur matériaux calcaires :

Chêne pubescent → Chêne pédonculé → Chêne sessile
(+ Hêtre)

sur matériaux siliceux :

Chêne tauzin → Chêne pédonculé → Chêne sessile
(+ Bouleau) (+ Hêtre)

Sur les pentes des coteaux du piémont pyrénéen occidental, le Chêne pédonculé n'est donc qu'une essence transitoire de la dynamique, l'essence climacique étant le Chêne sessile (accompagné ou non du Hêtre). Le Chêne pédonculé n'est en situation climacique que dans les vallons ou les vallées, éventuellement accompagné par le Frêne.

Or la représentation en forêt du Chêne pédonculé est très supérieure à ce qu'elle devrait être climaciquement parlant. Compte tenu de sa fragilité face à certaines crises climatiques, son remplacement par le Chêne sessile (lorsque le forestier souhaite poursuivre une production de Chênes indigènes) s'impose alors dans de très nombreux cas.

Les conclusions de l'étude du dépérissement des Chênes sur le piémont des Pyrénées atlantiques illustrent bien l'intérêt de la connaissance de cette dynamique : le dépérissement constaté sur les pentes concernait presque exclusivement les Chênes pédonculés, les Chênes sessiles, bien à leur place sur le plan écologique, étant généralement restés indemnes ou peu touchés.

Dans ces régions piémontaises, le Hêtre a été quasiment éliminé parallèlement à la forte régression du Chêne sessile. Actuellement il n'est plus présent que dans quelques massifs reliques. Pourtant, il a sa place dans les successions végétales locales.

Les analyses simultanées des horizons pédologiques et du matériau parental permettent d'établir des liaisons entre pédogenèse et géomorphologie, et ainsi de comprendre le fonctionnement du système pédologique. Elles facilitent également, à l'aide de l'étude typologique, la prévision de la localisation des phénomènes au sein des paysages. Or, si la compréhension des fonctionnements n'est pas indispensable au forestier, la possibilité de détermination de la localisation des différents types de sol lui est, par contre, fondamentale.

En outre, les caractéristiques mêmes des bilans hydriques et nutritifs des sols peuvent être modifiées en fonction de phénomènes pourtant profonds (présence d'horizons indurés représentant de véritables obstacles à la pénétration et au développement des racines, présence de nappes profondes, circulantes et très riches...). Il semblerait bien que certains de ces phénomènes, quoique profonds, n'influent pas seulement sur la plus ou moins grande stabilité des peuplements (enracinement plus ou moins profond) mais également sur leur productivité... De même, la prospection en profondeur d'un sol par les racines et radicules des arbres peut compenser la pauvreté relative du milieu.

APPORTS DE LA VEGETATION ET CONCEPT DE DYNAMIQUE

*** Apports de la végétation**

Les intérêts principaux de l'utilisation de la végétation dans les catalogues des types de stations forestières ont déjà été évoqués: observabilité directe et continuité des observations et donc **facilitation** de l'utilisation de l'outil typologique.

Cette facilitation est cependant d'autant plus criante que le milieu décrit correspond à des caractéristiques "moyennes", où les différences s'expriment principalement au travers de gradients fins du bilan nutritionnel.

Les exemples sont nombreux où les différences colorimétriques et morphologiques (texture, structure, compacité, porosité structurale, charge en cailloux...) des types de sols rencontrés sont indécélables à l'oeil nu ou au toucher - ou paraissent non significatives - alors que les analyses chimiques révèlent des différences trophiques nettes. Or ces différences morpho-colorimétriques sont les seules observations d'ordre pédologique (hormis les types d'humus) accessibles directement sur le terrain, sans analyse en laboratoire, et qui pourraient, de ce fait, être utilisées dans les clés de détermination.

Force est alors de constater que dans ces situations la végétation, qui traduit avec fidélité les différences de niveaux trophiques des sols, reste le seul élément accessible visuellement. Les types d'humus, intégrant pourtant bien des paramètres, restent malheureusement peu sélectifs : les critères actuels de reconnaissance macroscopique sont insuffisants, et ils ne sont utiles, pour l'instant, qu'à titre d'information supplémentaire.

Toutefois, dans certains cas où le massif forestier est encore très récent et la végétation en pleine évolution dynamique (suite aux variations du couvert, alors que les sols sont déjà anciens), il existe une nette disjonction entre la végétation, très jeune, et les sols, évolués. Ainsi, dans les Landes, par exemple, la végétation reflète mal le bilan nutritif alors qu'elle exprime assez bien le bilan hydrique.

* Intérêts du concept de dynamique

En Europe occidentale, l'intensité généralisée de la gestion forestière est telle que la végétation a subi de fortes modifications. Elle n'a plus rien de naturel. Dans le Sud-Ouest de la France des pratiques agro-sylvicoles multiples (pâturage, panage, soutrage, écobuage...), dont certaines se perpétuent encore de nos jours, se sont ajoutées à l'action du forestier et ont orienté de façon déterminante le paysage végétal actuel.

L'utilisation, dans la typologie, de la végétation doit donc absolument tenir compte de l'effet d'anthropisation pour ne pas être seulement l'écho des états actuels (dans l'ensemble instables et maintenus plus ou moins artificiellement) mais également des états potentiels.

Cette prise en compte passe par l'étude des **successions** végétales et forestières et relève d'un concept de **dynamique**. En effet, la présence et la dominance d'une essence dans un milieu est la résultante à la fois des facteurs écologiques, d'ordre spatial, des facteurs dynamiques, d'ordre temporel et de l'action humaine.

Pour le gestionnaire, il est important de connaître ces données dynamiques et historiques afin de pouvoir s'interroger sur le bien fondé de la présence ou de l'absence de certaines essences.

De plus le forestier a souvent oublié que, dans l'ensemble du piémont gascon, béarnais et basque, le Hêtre fait partie de la panoplie d'essences qu'il peut choisir de favoriser lorsque les stations lui sont adaptées (sur les plateaux et les pentes).

L'étude de la dynamique forestière permet ainsi d'aider la détermination de l'**autécologie** des essences, connaissance directement utilisée dans la gestion. Elle indique également au forestier que les essences indigènes, pour lesquelles une production correcte devrait pouvoir être acquise à moindre frais sur certains types de station, correspondent aux essences climaciques qu'elle a mis en évidence sur ce type, et éventuellement à certaines essences pionnières, à courte révolution, pouvant s'inscrire dans la même dynamique à l'occasion de trouées (cas notamment des feuillus précieux).

Toute gestion forestière qui oeuvrerait vers une déviation de la dynamique évolutive s'orientant vers des essences indigènes étrangères à la succession naturelle risquerait de conduire à une augmentation parfois sensible des coûts d'investissement et d'entretien.

Evidemment, les résultats des seules études de la dynamique ne peuvent en aucun cas préjuger des performances des essences non indigènes ou exotiques.

CONCLUSIONS

Ainsi, le travail de typologie des stations forestières des plateaux de Lannemezan, de Ger et des plaines du Moyen Adour a mis en évidence deux directions pour approfondir la connaissance du milieu, et améliorer et faciliter sa prise en compte de façon plus juste dans la gestion forestière.

D'une part, l'étude, non seulement des sols, mais aussi du substrat sous-jacent, permet de replacer les stations dans un contexte spatial et temporel : elle souligne l'utilité des modèles de paysage pour comprendre la répartition des stations, et met en évidence l'importance pour les peuplements actuels de processus anciens, liés à des paléosols parfois enfouis en profondeur.

D'autre part, l'étude de la dynamique est importante pour le forestier tant pour son apport sur la connaissance de l'autécologie des essences locales que sur les indications qui en découlent pour le choix des orientations forestières.

BIBLIOGRAPHIE

HUBERT A.

Préétude pour une typologie forestière. Aperçu dynamique et phytoécologique de la végétation des plateaux de Lannemezan et de Ger et de la plaine du Moyen-Adour.

CEMAGREF Bordeaux, 1987. - 138 p.

HUBERT A.

Catalogue des types de stations forestières du Moyen-Adour et des plateaux de Lannemezan et de Ger.

CEMAGREF Bordeaux, à paraître.

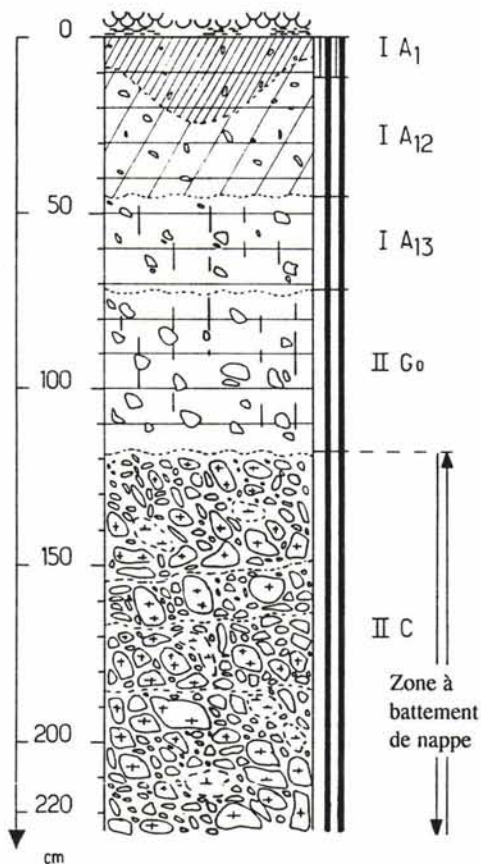
RAMEAU J.C.

Comportement dynamique du Chêne pédonculé et du Chêne sessile dans les successions forestières.

Revue forestière française, vol. XLII, n°2, 1990, pp. 155-164.

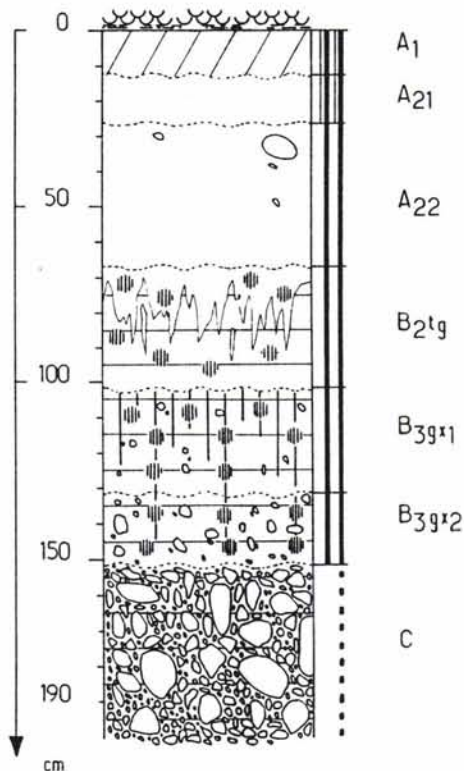
Exemple de profils "pédogéomorphologiques" montrant des phénomènes profonds modifiant les bilans hydriques et nutritionnels des sols

1. nappe circulante riche 2 à 4. obstacles à la pénétration de racines



**1. Sol brun mésotrophe
sur alluvions en profondeur
à grand battement de nappe**

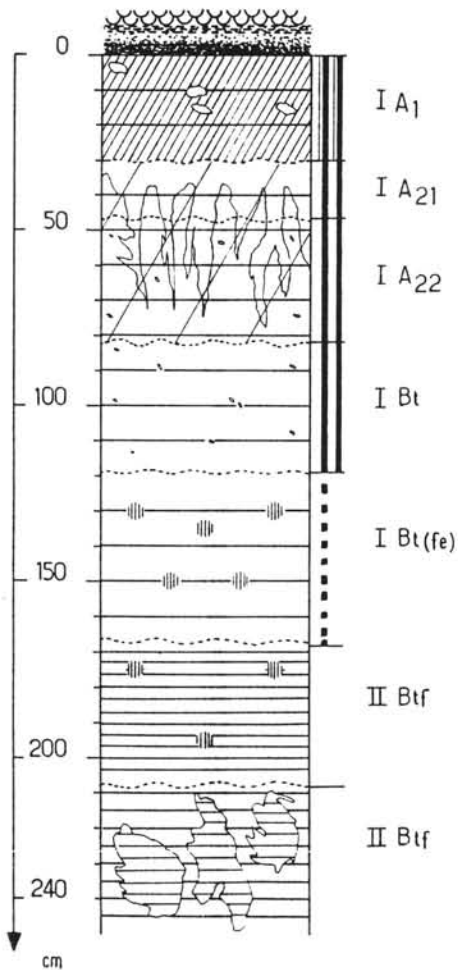
Les racines et radicelles prospectent profondément le sol y compris dans la zone de battement de nappe. La richesse de cette nappe se ressent sur le développement du peuplement alors que la végétation et l'humus indiquent un milieu mésotrophe.



**2. Sol lessivé glossique eutrophe
à hydromorphie de profondeur
sur formations caillouteuses du Würm**

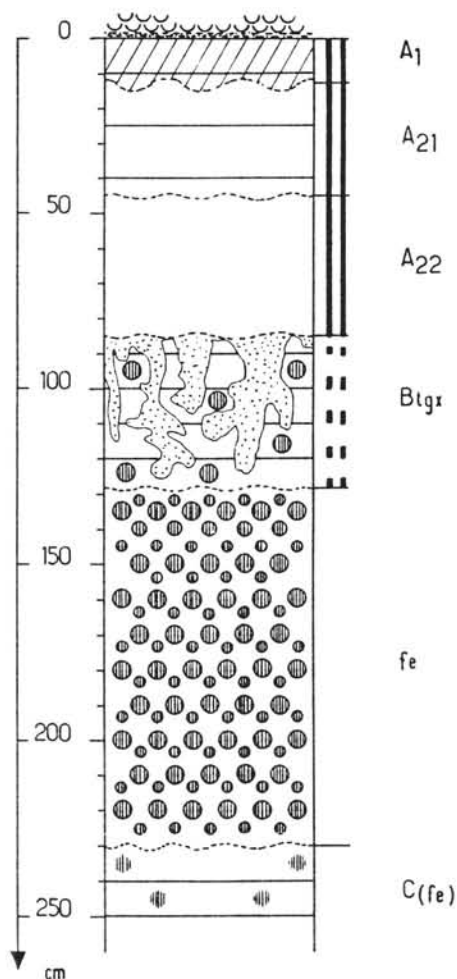
À 1,50m, les formations du Würm, très caillouteuses et hydromorphes constituent un obstacle à la pénétration des racines.

(Voir légende page suivante)



**3. Sol brun acide à moder
faiblement lessivé
à tendance glossique
sur ancien sol argileux du Donau**

En profondeur, des phénomènes d'hydromorphie et de changement textural (présence d'un horizon riche en argile) constituent un obstacle à la pénétration des racines.



**4. Sol lessivé glossique
à grepp profond**

La présence d'un grepp (horizon induré, concrétionné et plus ou moins consolidé où graviers et galets sont pris en masse et soudés par un ciment ferrugineux) empêche toute prospection racinaire à plus de 1,30m.

Légende:

Prospection racinaire:

Très nombreuses racines ————
radicelles ————

racines ————

radicelles ————

rare présence ————



UN PIEGE POUR SURVEILLER LES POPULATIONS D'HYLOBES (HYLOBIUS ABIETIS L.) (COLEOP.; CURC.)?

F.X. SAINTONGE, C.B. MALPHETTES
Division Protection Phytosanitaire de la Forêt
Nogent sur Vernisson

INTRODUCTION

L'hylobe (*Hylobius abietis* L.) est en France le principal ravageur des régénérations artificielles de résineux installées après coupe rase de pins ou d'épicéas. Economiquement, c'est un ravageur de première grandeur puisque, une parcelle installée à grands frais peut être détruite jusqu'à 100 %. Si dans de nombreux cas, ce pourcentage élevé n'est pas atteint, le forestier est quand même souvent obligé de faire un regarni qui s'avère particulièrement coûteux et gênant pour la gestion.

Des méthodes de protection existent. Elles sont plus ou moins bien appliquées car il ne suffit pas de traiter une plantation; encore faut-il le faire avec une formulation homologuée, à la dose prescrite et au bon moment.

De plus, la biologie de l'hylobe sans être compliquée, diffère de celle de nombreux ravageurs en ce sens que de l'oeuf à l'oeuf il se passe en général deux saisons de végétation et que c'est l'adulte qui commet les dégâts à deux périodes de sa vie (au moment où il sort des racines et s'alimente avant d'hiverner et au moment où il sort d'hivernage pour pondre) (Abgrall et Soutrenon, 1991). A ce cas qui est le cas général en France, s'ajoutent des variations locales qui peuvent conduire à un raccourcissement du cycle. Par exemple sur la même parcelle forestière de la forêt d'Orléans, la ponte de printemps 1989 a conduit à des adultes qui sont sortis soit en septembre 1989, soit en juillet-août 1990.

Toutes ces complications aboutissent à deux comportements : le premier consiste à considérer le risque "hylobe" comme une fatalité et à tenter de s'en accommoder, le deuxième consiste à entreprendre des traitements systématiques sur l'ensemble des parcelles reboisées au cours des deux dernières années.

Ces deux comportements ont obligatoirement une traduction en termes financiers.

Traditionnellement, la présence du charançon est détectée par l'utilisation de rondins-pièges (Malphettes, 1966). Cette méthode consiste à placer sur la coupe des rondins, le plus souvent de pin ou d'épicéa, provenant d'arbres fraîchement abattus et à surveiller l'apparition des insectes sur ces rondins : on traite à ce moment-là. Cette méthode venue d'Europe centrale et septentrionale est coûteuse : il faut abattre les arbres pour récolter des rondins, les façonner et les installer sur la parcelle. Ensuite, il faut passer très fréquemment pour surveiller les pièges, au moins tous les deux jours. Dans les conditions françaises, elle peut aussi conduire à des déboires car les rondins peuvent se dessécher plus ou moins vite et perdre de leur attractivité à un moment crucial : on peut ne pas avoir trouvé de charançons sur les rondins-pièges alors que l'on constate pourtant des dégâts.

Depuis de très nombreuses années en Suède, le Professeur H.H. EIDMANN s'intéresse avec son équipe aux insectes causant des dégâts aux jeunes régénération et en particulier à l'hylobe. C'est ainsi que G. NORLANDER (1987) a proposé un piège totalement artificiel permettant d'attirer les charançons et de les capturer. C'est pourquoi, nous avons tenté de vérifier si des pièges de ce type pouvaient se substituer avantageusement aux rondins-pièges.

MATERIEL ET METHODE

Description du piège

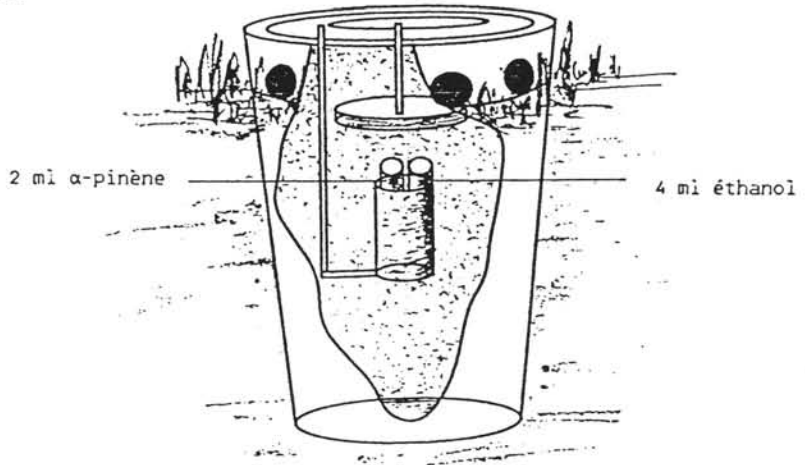


Figure 1 : le piège

C'est un pot de 20 cm de haut environ percé de 8 trous de 1 cm de diamètre environ dans lequel sont installés 2 tubes de verre de 11 mm de diamètre et 7,5 cm de long.

Ces tubes contiennent pour l'un 2 ml de (1S)-(-)-a-pinène (Fluka pureté > 97 %) et pour l'autre 4 ml d'éthanol 70 %. Ces deux substances en s'évaporant agissent comme kairomones vis-à-vis de l'hylobe. -Une kairomone est une substance odorante émanant d'un organisme et déclenchant un comportement chez un organisme appartenant à une autre espèce-.

Le climat plus chaud de nos latitudes nous a obligé à doubler les quantités de produits dans les tubes par rapport à ce que préconisait Nordlander. Une mèche de papier filtre de 7 cm de long et 1 cm de large permet une évaporation constante des 2 produits. Ces 2 tubes sont maintenus verticaux par le couvercle du pot. La paroi du pot est enduite de Fluon-GP1 (Whitford France), produit anti-adhérent empêchant les insectes de ressortir du piège.

Trois modèles de pièges ont été utilisés en 1990 :

- le type "PVC" : c'est le modèle décrit par Nordlander dans sa publication. Le PVC est gris et opaque et mesure 3 mm d'épaisseur. Son couvercle, fabriqué également en PVC est peint en blanc.

- le type "boîte à épices" : confectionné à partir d'un pot à épices, ce piège possède un pot de 2 mm d'épaisseur en polystyrène transparent. Son couvercle est blanc d'origine.

- le type "altuglass" : le pot est en altuglass transparent de 3 mm d'épaisseur. Son couvercle est en PVC gris peint en blanc et dépasse de 2 cm le pot de chaque côté.

Pourquoi trois types de pièges ?

Au départ, nous avons confectionné des pièges PVC; leur fabrication demandant énormément de temps, nous avons pensé qu'un aménagement des pots à épices pouvait être suffisant. Il s'est avéré à l'utilisation que le type "boîte à épices" était plus efficace. Nous avons donc cherché à savoir pourquoi et avons confectionné le type altuglass dont le pot est à la fois épais et transparent. Les performances des différents types de pièges seront analysées plus avant.

LES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

Deux dispositifs expérimentaux ont été installés en 1990 en forêt Domaniale d'Orléans sur deux parcelles distantes de 9 km :

- Parcelle 325 : Cette parcelle a été exploitée en totalité au cours de l'hiver 1988-1989 (fin de l'exploitation au cours du mois de février 1989). Elle était composée de pins sylvestres en futaie régulière pure âgés de 120 ans environ et de belle venue. A l'endroit même du dispositif de piégeage, 10 rondins de pins (diamètre moyen 11 cm -8 à 14- et longueur moyenne 59 cm - 45 à 78-) simulant des racines ont été enfouis le 15 février 1989 à une profondeur de 20 cm. Le 17 novembre 1989, lors de la visite de ces rondins, nous nous sommes aperçus que ces rondins avaient servis de lieu de ponte et qu'en moyenne 30 hylobes par rondins en étaient sortis : sur cette partie de la parcelle 325, l'hylobe semblait donc avoir effectué son cycle de développement de l'oeuf à l'adulte en moins de 9 mois.

Sur cette parcelle, 24 pièges "boîte à épices" ont donc été installés le 29 mars. Ils ont été retirés le 3 octobre. Les pièges étaient disposés au sommet d'un carré de 5, 10 et 20 m. Chaque groupe de 4 pièges était distant de 40 m du suivant.

- sur la parcelle 481 : Cette parcelle de même aspect forestier que la parcelle 325, a été exploitée durant l'hiver 1989-1990. 48 pièges y ont été installés selon le schéma précédent. Du 6 avril 1990, date d'installation du dispositif, au 25 juin, chaque ensemble de 4 pièges était composé de 2 pièges "boîte à épices" et de 2 pièges PVC chacun sur une diagonale. Le 25 juin, les pièges 37 à 48 ont été remplacés par des pièges altuglass dont il est question plus haut.

En plus de ces pièges, 10 rondins de pin fraîchement coupés ont été enterrés le 13 avril 1990 à 10 cm de la surface du sol et 10 autres à 20 cm pour vérifier si la profondeur d'enfouissement influence la vitesse de développement. Ces rondins mesuraient en moyenne 11 cm de diamètre sur écorce -8 à 16- et 64 cm de longueur -59 à 73-.

La figure 2 présente le schéma du dispositif installé sur la parcelle 481. Celui de la 325 en est très proche.

Les relevés ont eu lieu tous les 7 jours (à un jour près). A chaque relevé, les 2 produits étaient vidés au pied du piège et une nouvelle dose de produits frais était installée dans les tubes. Les hylobes étaient également comptés et retirés des pièges. A l'occasion de certains relevés en été, on a déterminé le rapport entre les sexes.

RESULTATS

Les captures totales par semaine sont représentées graphiquement sur la figure 3. Il faut noter tout de suite que le dispositif a été installé trop tard sur les deux parcelles. En effet, dès le premier relevé (le 10 avril), la quantité de charançons capturée est importante; on ne sait donc pas si les sorties ont été massives avant cette date et depuis quand l'hylobe est sorti d'hivernage. La fin de l'hiver ayant été très chaude, il est possible qu'une grande partie des hylobes soit sortie d'hivernage relativement tôt.

En outre, il apparaît que :

- sur la parcelle 325, la quasi totalité des hylobes a été capturée avant le 15 mai. Ces insectes sont très vraisemblablement des adultes de l'année antérieure qui ont hiverné sur place et qui, prêts à pondre, ont été attirés par les kairomones contenues dans les pièges.

- sur la parcelle 481, les captures s'étalent sur tout l'été jusqu'à la fin août. La forme sinusoïdale de la courbe obtenue n'a actuellement pas d'explication. Aucune relation avec la courbe des températures par période de cinq jours n'a pu être mise en évidence. Il est possible que la ponte se fasse selon des cycles successifs et que par conséquent le charançon soit plus sensible aux kairomones à certaines périodes qu'à d'autres. Il est aussi possible que ces cycles successifs s'accompagnent de prises alimentaires pour la régénération des organes sexuels, ce qui oblige les charançons à quitter la parcelle, puisqu'il n'y a rien à manger sur place.

Vieillessement de l' α -pinène

De l' α -pinène qui a séjourné pendant une semaine dans les pièges a été analysé en HPLC par P. ZAGATTI du laboratoire INRA des Médiateurs Chimiques à Brouessy. Les deux courbes obtenues sont représentées sur la figure 4 : il semble bien que l' α -pinène ne se dégrade que très peu en une semaine et on peut considérer que la dégradation est trop faible pour influencer notablement les captures. Le piège appâté avec ces 2 produits apparaît donc attractif

de manière constante entre 2 relevés si ceux-ci sont effectués régulièrement toutes les semaines.

Distance entre les pièges

La figure 5 illustre les captures des pièges distants de 5, 10 et 20 m sur la parcelle 481. Ce résultat montre que des pièges distants de 5 m ne se gênent pas, n'attirent pas moins d'insectes et que par conséquent la distance d'attraction est sans doute inférieure à 2,5 m. Thomas H. A. et Hertel G. D., 1979 sur *Hylobius pales* ne recapturent que 30 % environ des insectes lâchés à 3 m des pièges

Nombre de pièges

Le paramètre estimé étant le nombre moyen d'hylobes par pièges, il est possible de faire une estimation très grossière du nombre de pièges nécessaire pour obtenir cette moyenne avec une précision fixée à l'avance.

Bien que les pièges soient disposés selon un échantillonnage systématique, la précision obtenue peut être calculée à l'aide de la formule de l'échantillonnage aléatoire avec remise. En effet, les précisions sont généralement meilleures avec un échantillonnage systématique qu'avec un échantillonnage aléatoire. De plus, vu la faible intensité d'échantillonnage utilisée dans nos dispositifs, le terme de correction entre échantillonnage aléatoire avec ou sans remise peut être considéré comme négligeable.

L'erreur-type de la moyenne est donnée par la formule de l'échantillonnage aléatoire avec remise :

$$E T = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

avec E T : erreur-type de la moyenne
n : nombre de pièges
s : écart type en n-1 calculé sur les captures des 24 (ou 48) pièges par relevé.

Pour les échantillons suffisamment importants (plus de 30 unités en général) ou les échantillons de taille quelconque issus d'une population suivant une distribution normale pour le caractère étudié, les limites de l'intervalle de confiance peuvent être calculées. Au risque de 5 %, la moyenne réelle de la population est comprise dans l'intervalle dont les limites sont

égales à la moyenne estimée plus ou moins deux fois l'erreur-type de la moyenne. La précision relative peut donc être calculée pour chaque relevé de la manière suivante :

$$P R : \frac{2 \cdot E T}{\text{moy}} \quad \text{avec } P R : \text{précision relative}$$

: moyenne calculée sur les captures des 24 (ou 48) pièges par relevé.

Le tableau I donne les précisions relatives, par relevé, calculées pour les 24 (ou 48) pièges dans les deux parcelles. Il apparaît clairement que la précision relative diminue rapidement lorsque les captures diminuent.

Sur ce tableau on constate qu'avec les captures les plus importantes, la précision relative se situe pratiquement toujours en dessous de 30 %.

Cette précision est suffisante pour ce type d'expérience puisque dans notre exemple, le nombre maximum d'hylobes que l'on aurait pu capturer sur la parcelle 325, le 3 mai, n'aurait pas dépassé 325 (250 + 30 %) tandis que le nombre maximum le 20 avril, sur cette même parcelle, aurait été tout au plus de 3 (1 + 200 %). Même une erreur de 400 % est très tolérable quand elle concerne des captures aussi faibles.

Type de piège

Sur la parcelle 481, il est très vite apparu que le type piège avait une influence importante sur les captures (figure 6). Pour tenter d'expliquer les différences d'efficacité observées, nous avons mesuré les températures dans les trois types de pièges durant trois jours et trois nuits à l'aide d'un thermomètre enregistreur à 6 voies : le piège "boîte à épices" semble nettement moins bien isolé que les 2 autres types : l'amplitude des températures y est plus grande. Deux hypothèses peuvent alors expliquer les écarts de captures :

- Hypothèse 1 : Si les captures ont lieu principalement au cours de la journée (ce qui n'a pas été vérifié), la température régnant en période de forte chaleur dans les pièges "boîte à épices" étant supérieure à celle observée dans les autres types de pièges, les produits attractifs s'évaporent plus rapidement. La zone où les insectes perçoivent les odeurs est donc plus vaste et davantage d'insectes sont attirés et capturés dans ces pièges.

DISCUSSION ET CONCLUSION

On aura remarqué que les captures dans ce type de piège s'arrêtent sur la parcelles 325 tôt en saison (vers la mi-mai en 1990). Si le cycle de 2 ans avait été respecté, nous aurions dû retrouver des jeunes adultes au cours de l'été 1990. Or à 200 m de l'endroit où les pièges avaient été installés et sur la même parcelle nous avons pu constater des dégâts dans un dispositif expérimental de lutte chimique contre cet insecte après le 15 juillet. Il y a donc eu des adultes sur la parcelle au cours de l'été 1990. Pourquoi ne les a-t-on pas retrouvés dans les pièges ?

On peut tenter au moins deux hypothèses pour répondre à cette question :

- des rondins enterrés sur cette parcelle en 1989 ont montré que les jeunes adultes en sont sortis en septembre 1989. Ces rondins avaient été enfouis à l'endroit où les pièges ont été disposés. Donc sur cette portion de la parcelle, le passage de l'oeuf au jeune adulte s'est effectué en une saison de végétation comme il a été dit plus haut. Par contre la zone où les dégâts ont été constatés dans le dispositif de lutte se situe à une altitude inférieure de 2 m environ. On ne peut donc pas exclure qu'à cet endroit plus humide et plus frais, le passage de l'oeuf à l'adulte se soit effectué en deux saisons de végétation. Comme la zone d'implantation des pièges est éloignée de 200 m et comme on l'a dit plus haut les insectes sont attirés de près, il est normal que l'on ait pas capturé ces jeunes adultes.

- plus généralement, les substances attractives utilisées dans les pièges sont sensées mimer l'odeur qui s'exhale de souches fraîches que l'hylobe recherche pour pondre. Il est donc normal que l'insecte soit attiré par les pièges quand il est en période de reproduction, c'est-à-dire physiologiquement prêt à pondre. Or, on sait que les jeunes adultes qui apparaissent en été ne sont pas physiologiquement aptes à pondre. Ils doivent auparavant effectuer une alimentation de maturation. En conséquence, il est tout à fait normal que des jeunes adultes à cette étape de leur évolution physiologique, ne soient pas attirés par l'odeur des souches fraîches. L'alimentation de maturation ne s'y fait pas. Ils obéissent donc à d'autres stimulus.

C'est sans doute aussi la raison pour laquelle, sur la parcelle 481, les insectes qui sont sortis des rondins au début de l'automne n'ont pas été attirés par les pièges.

- Hypothèse 2 : la température à l'intérieur des pièges PVC ou altuglass étant significativement différente de la température extérieure, les insectes subissent un "stress thermique" lors de leur tentative de pénétration dans le piège qui annule l'effet attractif des kairomones (P. Zagatti, com. pers.).

La détermination des sexes sur le terrain n'a pas montré de différence significative de captures entre les mâles et les femelles quelque soit le type de piège.

Il faut noter ici les qualités du fluon. Au laboratoire, nous avons enfermé des hylobes dans des pièges enduits de fluon; aucun individu n'a pu traverser la zone enduite. L'hylobe ne réussit pas à s'agripper sur ce revêtement qui persiste à l'intérieur du pot durant toute la saison de piégeage.

Suivi des rondins sur la parcelle 481

Peu d'hylobes se sont développés dans les rondins enterrés à 10 cm de profondeur (1 ou 2 par rondins). Par contre, les rondins enfouis à 20 cm ont été utilisés par de nombreux hylobes pour assurer leur descendance. Le 20 juillet, un rondin a été déterré : 50 larves au stade L4 ou L5 y étaient présentes. Le 14 août, 12 larves étaient comptées sur un rondin. Le 6 septembre, 2 rondins étaient déterrés : sur le premier se trouvaient 2 adultes non mélanisés, 5 nymphes et 2 larves; sur le second, 3 adultes dont 2 non mélanisés, 4 nymphes et 5 larves. Le 3 octobre, sur les 3 rondins déterrés, seuls 2 hylobes adultes se trouvaient encore sous l'écorce, les autres étant sortis. Si les rondins simulent correctement les racines des souches, lieu normal de développement, on peut admettre que l'hylobe est passé de l'état d'oeuf à l'état de jeune adulte au cours de la même saison de végétation, en 1990 sur la parcelle 481. Nous avons déjà constaté ce phénomène en 1989 sur la parcelle 325. Il est permis de penser que ceci constitue quand même une exception étant données les conditions climatiques assez anormales de 1989 et 1990.

Les courbes de captures obtenues à partir de pièges en nombre suffisant et régulièrement appâtés correspondent avec la présence attendue des hylobes sur les parcelles : ce type de piège doit donc permettre de remplacer les rondins dans les saignées et de suivre plus finement les populations d'hylobes dans le temps.

Cependant, ces résultats ne concernent qu'une saison de piégeage. Il est indispensable de poursuivre les investigations pour vérifier si la méthode est fiable, et pour comparer le cycle biologique de l'hylobe dans un même massif forestier au cours d'années soumises à des conditions climatiques différentes.

Par ailleurs, il serait intéressant de pouvoir relier les captures avec des dégâts sur plants pour, à terme être en mesure de fournir aux gestionnaires un outil fiable de prévisions des attaques.

Nous tenons à remercier le Service Départemental de L'OFFICE NATIONAL DES FORETS du Loiret ainsi que la division de Lorrain qui nous a permis d'installer les dispositifs expérimentaux.

Tableau I :
Captures hebdomadaires par parcelle et précision relative (en %) calculée pour 24 (P.325) ou
48 (P.481) pièges. FD Orléans. 1990

Parcel.	325		481	
	Capture totale	Précis. relati.	Capture totale	Précis. relati.
10/04	101	33		
13/04	20	42	36	44
17/04	12	58	17	75
20/04	1	196	2	132
26/04	58	40	99	34
03/05	250	22	101	31
10/05	46	34	139	22
17/05	16	72	125	25
23/05	12	53	58	30
31/05	9	69	59	33
07/06	12	67	76	32
15/06	33	34	114	29
21/06	11	81	64	32
25/06	14	81	49	43
29/06	7	75	81	39
05/07	8	76	110	25
13/07	15	59	98	32
20/07	17	61	56	36
06/08	5	98	18	58
10/08	3	108	16	48
17/08	3	108	23	51
24/08	1	196	19	46
31/08	2	135	7	81
06/09	0		4	96
13/09	0		2	198
24/09	0		2	138
03/10	0		5	85

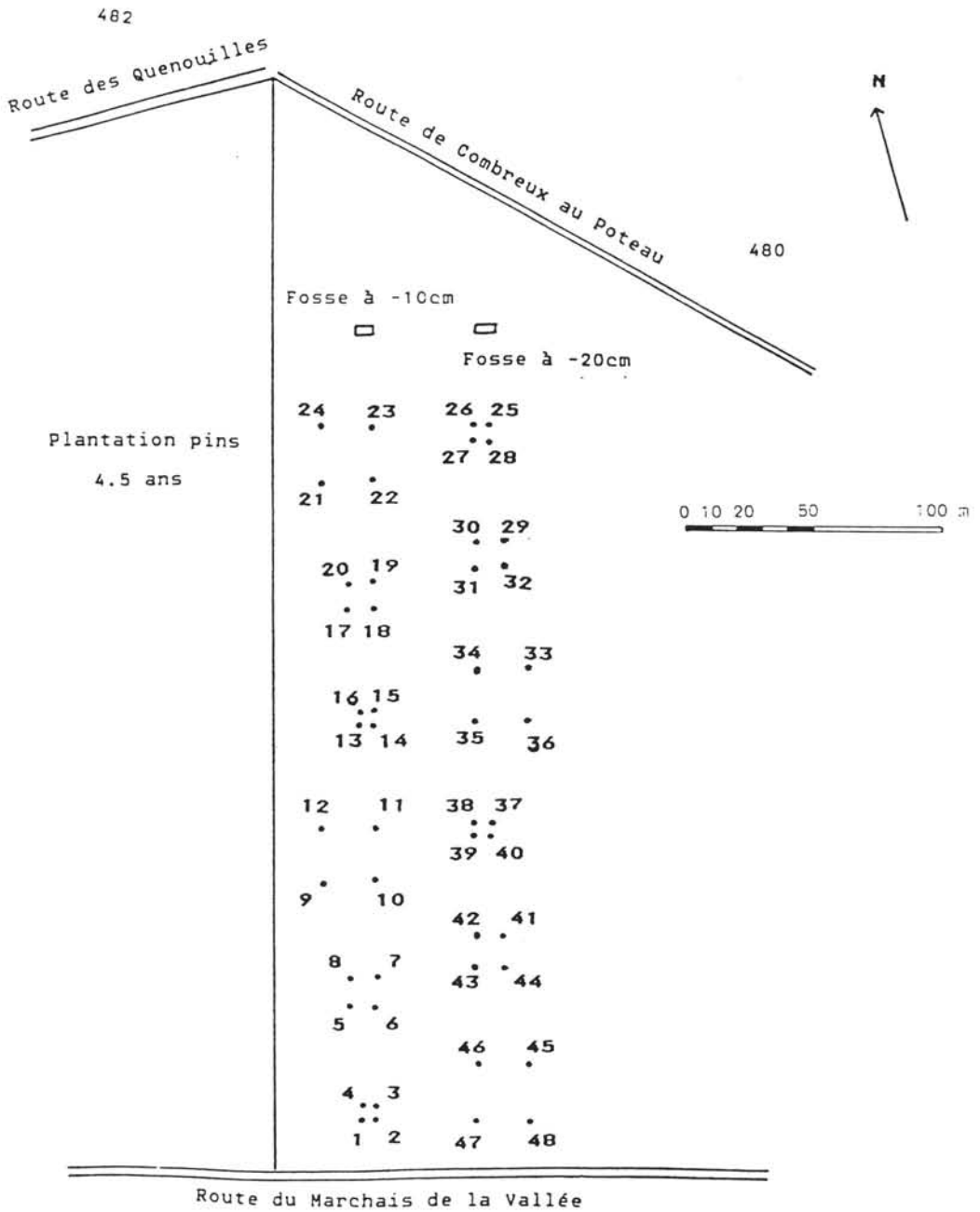


Figure 2 : Plan du dispositif expérimental installé sur la parcelle 481 de la forêt Domaniale d'Orléans en 1990.

—●— P. 325
 —+— P. 481

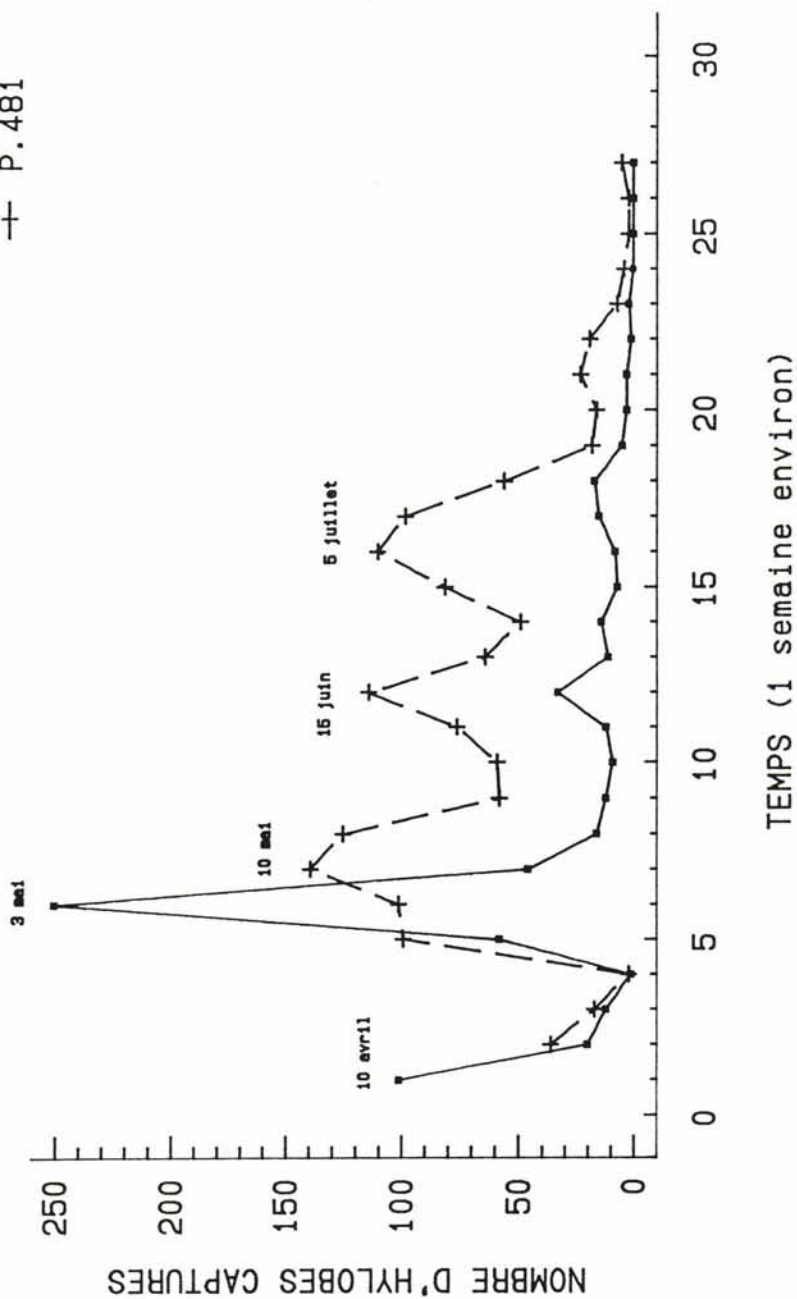


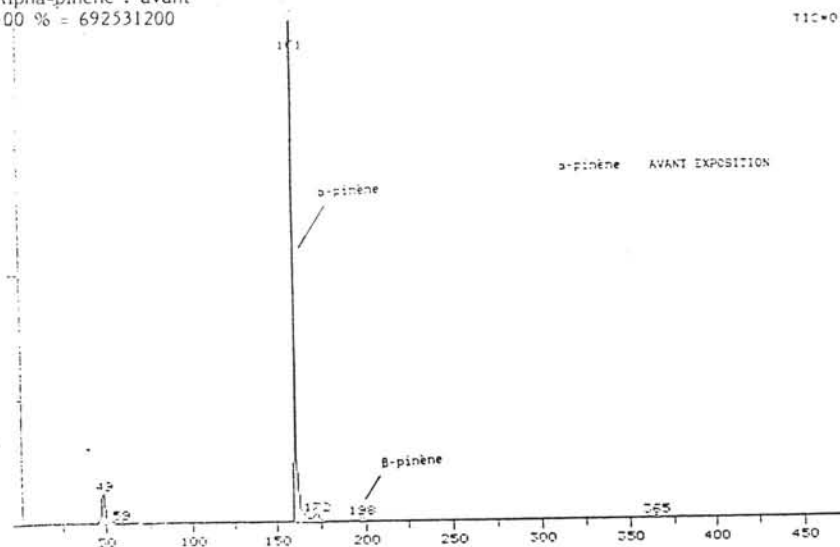
Figure 3 : Captures hebdomadaires d'hylobes dans l'ensemble des pièges sur les parcelles 325 et 481 de la forêt Domaniale d'Orléans en 1990.

Nermag/Sidar V 3.1
File A: ZAGAT06
Alpha-pinène : avant
100 % = 692531200

CPSIL5CB 80°C * 1 64. 83

07-JUN-90 11:45
07-JUN-90 11:09

TIC*0



Nermag/Sidar V 3.1
File a: ZAGAT05
Alpha-pinène : après
100 % = 1464690688

CPSIL5CB 80°C * 1 64. 83

07-JUN-90 11:26
07-JUN-90 11:17

TIC*0

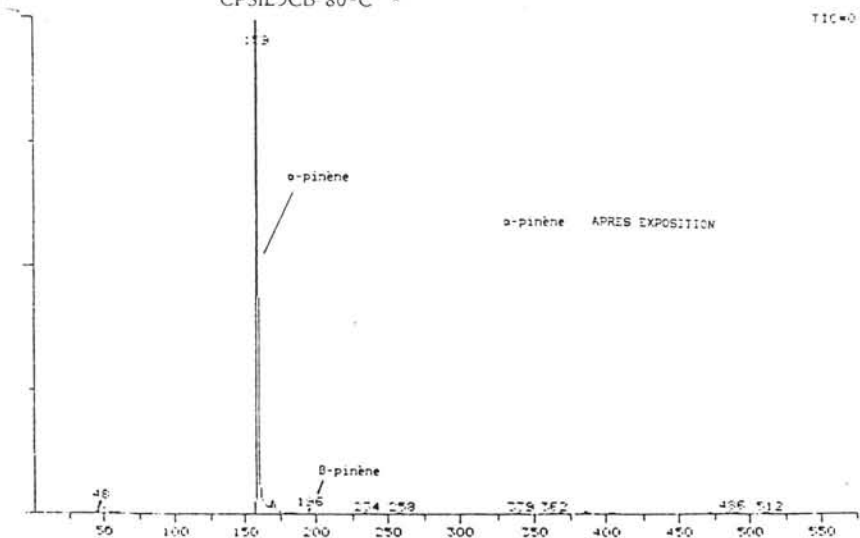


Figure 4 : Chromatogramme de l' α -pinène avant exposition et après exposition d'une semaine dans les tubes des pièges à hylobes. P. ZAGATTI INRA Brouessy.

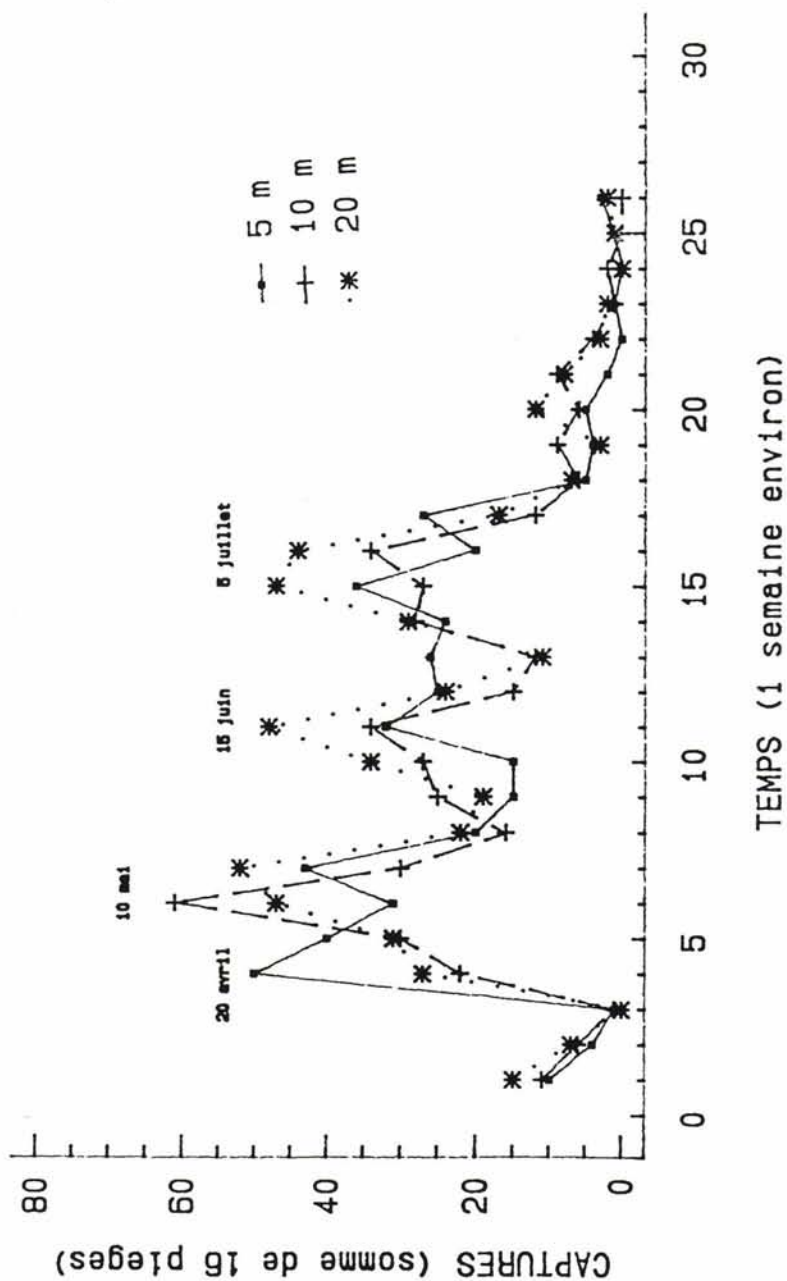


Figure 5 : Comparaison des captures hebdomadaires dans les pièges distants de 5, 10 et 20 m sur la parcelle 481 de la forêt Domaniale d'Orléans en 1990.

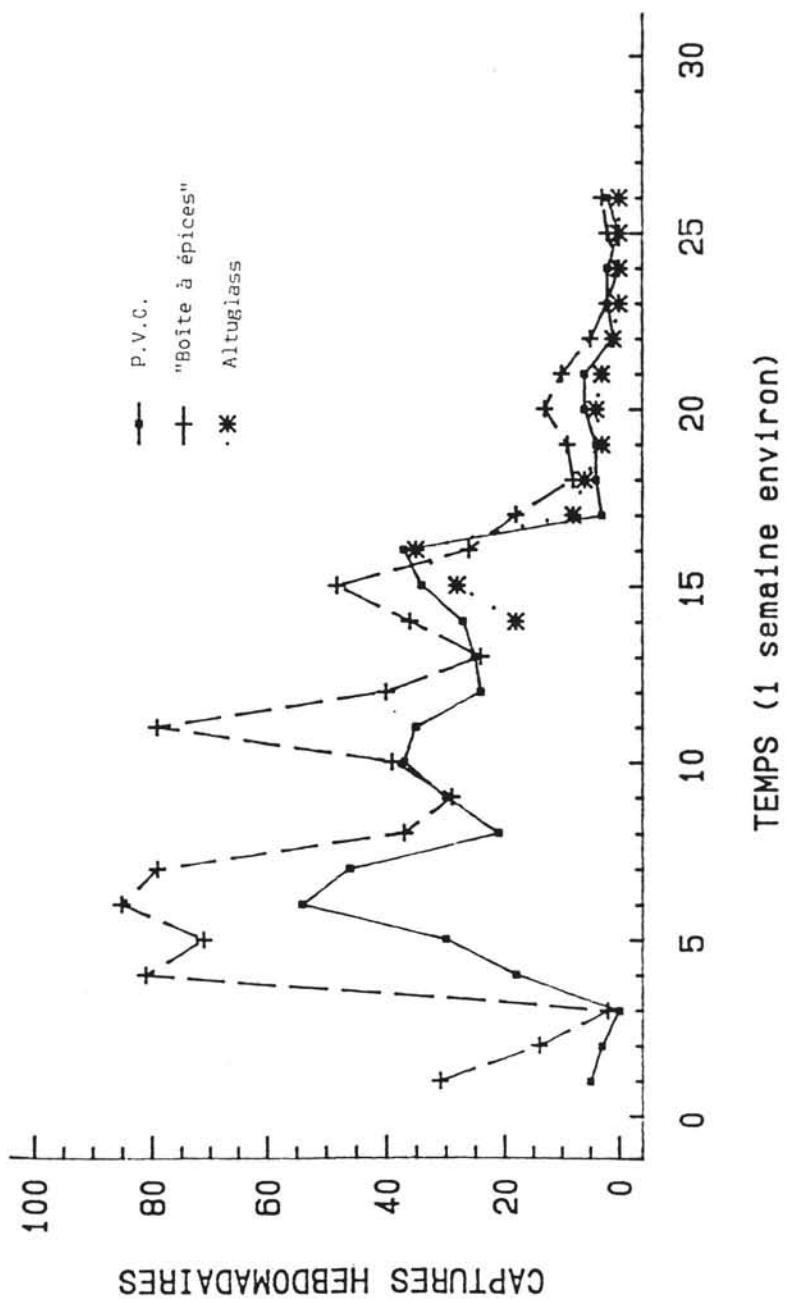


Figure 6 : Comparaison des captures hebdomadaires d'hylobes dans les trois types de pièges utilisés sur la parcelle 481 de la forêt Domaniale d'Orléans en 1990.

BIBLIOGRAPHIE

ABGRALL, J.F. ET SOUTRENON, A. , 1991.

La forêt et ses ennemis.

Editeur CEMAGREF, Antony France. 400 pages.

HUNT, D.W. AND RAFFA, K.F., 1989.

Attraction of *Hylobius radicis* and *Pachylobius picivorus* (Coleoptera : Curculionidae) to ethanol and turpentine in pitfall traps.

Environ. Entomol. 18:351-355.

MALPHETTES, C.B., 1966.

Note sur le cycle biologique de *Hylobius abietis* dans le nord-est de la France.

R.F.F 3:186-191.

NORDLANDER, G. ET AL., 1986.

Orientation of the pine weevil *Hylobius abietis* to underground sources of host volatiles.

Entomol. exp. appl. 41:91-100.

NORDLANDER, G. , 1987.

A method for trapping *Hylobius abietis* with a standardized bait and its potential for forecasting seedling damage.

Scand. For. Res. 2:199-213.

RAFFA, K.F. AND HUNT, D.W., 1988.

Use a baited pitfall traps for monitoring pales weevil, *Hylobius pales* (Coleoptera : Curculionidae).

Great Lakes Entomol. 21:123-125.

RIESKE, L.K. AND RAFFA, K.F., 1990.

Use of a monitoring system to evaluate pesticide efficacy and residual activity against two pine root weevils, *Hylobius pales* and *Pachylobius picivorus* (Coleoptera : Curculionidae), in christmas tree farms.

Great Lakes Entomol. 23:189-193.

TILLES, D.A. ET AL., 1986.

Synergism between ethanol and conifer host volatiles as attractants for the pine weevil, *Hylobius abietis* (L.) (Coleoptera: Curculionidae).

J. Econ. Entomol. 79:970-973.

TILLES, D.A. ET AL., 1986.

Increased release of host volatiles from feedings scars : a major cause of field aggregation in the pine weevil *Hyllobius abietis* (Coleoptera: Curculionidae).
Eviron. Entomol. 15:1050-1054.

THOMAS, H.A. & G.D. HERTEL, 1969.

Responses of the pales weevil to natural and synthetic attractants.
J. Econ. Entomol. 62:383-386.

**ESSAI DE LUTTE CHIMIQUE
CONTRE LA ROUILLE COURBEUSE DES PINS
(MELAMPSORA PINITORQUA ROSTR.) : TEST D'EFFICACITE
DE SIX MATIERES ACTIVES FONGICIDES**

A. SOUTRENON

Division Protection Phytosanitaire de la Forêt
Grenoble

JUSTIFICATION DE L'ESSAI

Dans le cadre des actions de recherches expérimentales de la Division Protection Phytosanitaire de la Forêt du CEMAGREF, cette étude réalisée en 1989 répond à une demande formulée par les gestionnaires de la forêt souvent confrontés aux dommages causés par cette rouille dans les jeunes plantations (déformations permanentes ou dessèchements des pousses) et soucieux de connaître une solution de lutte pratique éventuelle.

Les conditions particulièrement pluvieuses des printemps 1987 et 1988 dans certaines régions de France ont été très favorables au développement de la rouille courbeuse des pins en particulier chez le pin sylvestre et le pin maritime. Les hôtes, la biologie, les dégâts et les éléments de diagnostic de cette rouille sont rappelés en annexe 2.

Par ailleurs, ces essais sur pin sylvestre constituent un complément en situation réelle de terrain des travaux effectués par l'INRA de Bordeaux (M.L. DESPREZ-LOUSTAU) sur l'efficacité de quelques fongicides en conditions contrôlées sur pin maritime.

OBJECTIF DE L'ESSAI

Cette étude a pour objet de tester et de comparer l'efficacité de six matières actives fongicides vis à vis de Melampsora pinitorqua selon des modalités précises d'application et en situation d'infection naturelle importante.

Ces six fongicides sont homologués en France sur céréales ou cultures florales, particulièrement contre les rouilles. Le triadiméfon a été testé aux USA contre la rouille fusiforme des pins en pépinière. Aucune matière active contre M.pinitorqua n'a actuellement reçu une autorisation d'usage.

CONDITIONS EXPERIMENTALES

CHOIX DE LA PLANTATION

Le choix s'est porté sur deux parcelles de pins sylvestres de 2 à 4 ans dont la majorité des arbres font moins de deux mètres et ayant présenté des attaques importantes de rouille au cours des années antérieures.

Deux dispositifs ont été mis en place en F.D. du Thureau du Bard (89) et en F.D de Chaux (39). Ce dernier n'a pas pu être exploité car les notations effectuées révèlent un niveau d'attaque très faible, les valeurs trouvées ne permettant pas de juger de l'efficacité des traitements.

LE DISPOSITIF DE LA F.D. DU THUREAU DU BARD

7 modalités (6 produits + 1 témoin), 3 blocs.

- . Lieu : F.D du Thureau du Bard (parcelle 7) - Commune de Monéteau (89).
- . Essence étudiée : Pin sylvestre (4 ans de plantation) (densité 2,50 x 1,5 m).
- . Description :
 - dispositif de 252 arbres répartis en 3 blocs complètement randomisé.
 - 36 arbres par mortalité (soit 12 par traitement et par bloc).
- . Surface :
 - Bloc 1 : 735 m répartis sur 7 lignes
 - Bloc 2 : 960 m répartis sur 9 lignes
 - Bloc 3 : 630 m répartis sur 7 lignes.

Chaque bloc correspond a une zone de parcelle d'infection relativement homogène.

Les blocs sont définis comme des zones homogènes vis à vis des contaminations potentielles en observant la présence de l'hôte alternant, le tremble (arbres et rejets) et les infections sur pins des années précédentes.



Stade phénologique B2 chez le pin sylvestre : début de la période de sensibilité à la rouille courbeuse.



Aspect général d'un jeune pin sylvestre attaqué par la rouille courbeuse : dessèchement des pousses.

OBSERVATIONS BIOLOGIQUES

Pour permettre une meilleure interprétation des résultats, les observations suivantes ont été faites :

- suivi précis de la phénologie du pin selon DEBAZAC (1966) afin de pouvoir situer le stade B2 période du traitement (ce stade correspond à la disjonction des écailles lignifiées qui laissent apparaître entre elles les tissus sensibles de la pousse) (cf. annexe 1). Les pins commencent à être sensibles dès le stade B2, la sensibilité étant maximale en B3 - B4 (environ 15 à 20 jours plus tard en année normale).

- suivi de la phénologie de la rouille se résumant au suivi de la maturation des téléospores basée sur la capacité de ces spores à émettre des basidiospores (technique de la cellule de Malassez).

Les risques d'infection sont liés à la coïncidence de la phase sensible du pin et de la période de dissémination de la rouille, associée à des conditions climatiques favorables (température > 10°C, précipitations).

EXECUTION DES TRAITEMENTS

PRODUITS A TESTER

Six matières actives ont été retenues : propiconazol (PR), flutriafol (FL), fenpropimorphe (FE), triadiméfon (TR), oxycarboxine (OX), mancozèbe (MA). Toutes sont dotées de propriétés systémiques sauf le mancozèbe. Quatre d'entre elles (PR, FL, FE, TR) sont inhibitrices de la biosynthèse des stérols et dotées de propriétés préventives et curatives ; elles ont une persistance d'action de 3 à 6, voire 8 semaines alors que celle du mancozèbe et de l'oxycarboxine est seulement de 15 jours.

Le mancozèbe est la matière active prise comme référence à raison de 200 g de m.a./hl avec une cadence de 7 jours.

Les produits testés sont sous forme de préparations commerciales.

Concentration des produits et volume d'eau employés : les fongicides et doses employés sont réunis dans le tableau ci-dessous.

Matière active	Concentration	Famille chimique	Produit commercial	Dose : valeur pour céréales	Dose : valeur pour rouille courbeuse	pour la pratique : Dose de p.c pour 5 l d'eau
PROPICONAZOLE	125g/l	Triazole	Tilt 125 (Ciba Geigy)	125 g m.a/ha	50 g m.a/hl	20 ml
FLUTRIAFOL	125g/l	Triazole	Impact (Sopra)	125 g m.a/ha	50 g m.a/hl	20 ml
FENPROPIMORPHE	750g/l	Morpholine	Corbel (BASF)	750 g m.a/ha	300 g m.a/hl	20 ml
TRIADIMEFON	100g/l	Triazole	Bayleton 100 (Bayer)	125 g m.a/ha	50 g m.a/hl	25 ml
OXYCARBOXINE*	120g/l	Anilide	Plantvax La Quiloneine	30 à 36 g m.a/ha	130 g m.a/hl	54 ml
MANCOZEBE**	80 %	Carbamate	Dithane M 45 (Rhodiagri-Littorale)	160 à 200 g m.a/hl	200 g m.a/hl	12,5 g

* 2 traitements

** 3 traitements

MODALITES D'APPLICATION

Matériel utilisé et technique

Les traitements préventifs ont été effectués sur la flèche et le dernier verticille des pins avec un pulvérisateur à jet projeté et à pression préalable, muni d'une lance à main à débit moyen de 300 ml/mm, jusqu'au point de ruissellement (environ 30 à 40 ml/arbre).

Epoque et fréquence des applications

Un seul traitement est pratiqué au stade B2 de la flèche sauf pour l'oxycarboxine (un 2ème traitement étant appliqué 15 jours après) et pour le mancozèbe (2 nouvelles applications étant effectuées à une semaine d'intervalle), en raison de la faible rémanence de ces deux produits.

Date du traitement en F.D. du Thureau du Bard (St.B2) : 18 avril.

NOTATIONS

DATE ET FREQUENCE

Une seule notation a été effectuée à la fin du printemps lorsque les écidies (appelées également écies) orangées sont généralement à maturité et bien visibles sur les pousses (29 mai en F.D. du Thureau du Bard).

METHODE

La notation s'effectue uniquement sur le dernier verticille des pins (cf. annexe 1) et pour chaque individu quatre critères de sensibilité ont été utilisés :

- 1 - le nombre de points d'infection (écidies) sur la flèche,
- 2 - le nombre total de pousses latérales terminales,
- 3 - le nombre de pousses latérales terminales infectées,
- 4 - le nombre de points d'infection sur les pousses latérales terminales infectées.

Pour les critères 1 et 4, il convient de ne prendre en compte que le nombre d'infection (écidies) et non les dégâts (courbure, chancre, dessèchement) car l'étude se consacre au problème de l'efficacité de produits et non à celui de la réaction de l'arbre.

En F.D. du Thureau du Bard, un 5ème critère a été retenu : certains sujets mesurant 2,5 m et plus ont été notés afin de mettre en évidence une éventuelle réduction des attaques en fonction de la hauteur.

RESULTATS ET INTERPRETATION

LES RESULTATS

A partir des données recueillies, les résultats comportent pour chaque modalité dans chaque bloc :

- le pourcentage de flèches infectées,
- le nombre moyen de points d'infection (écidies) sur les flèches atteintes,
- le pourcentage de pousses latérales infectées,
- le nombre moyen de points d'infection sur les pousses latérales atteintes.

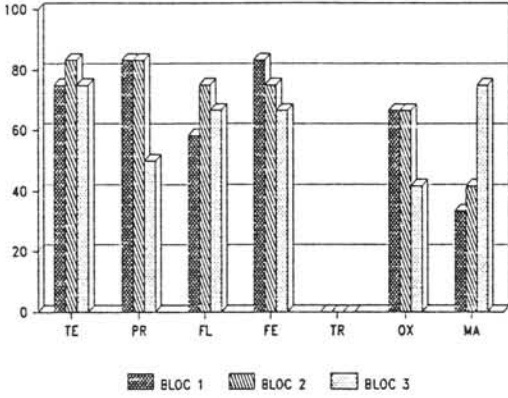
F.D. du Thureau du Bard. Les résultats s'établissent comme suit :

	% FLECHES INFECTEES	NOMBRE MOYENS D'INFECTIONS PAR FLECHE ATTEINTE
TE	77.78 (75.00 - 83.33 - 75.00)	4.00 (6.44 - 3.00 - 2.67)
PR	72.22 (83.33 - 83.33 - 50.00)	4.77 (7.10 - 3.70 - 2.67)
FL	66.67 (58.33 - 75.00 - 66.67)	4.58 (4.43 - 4.67 - 4.63)
FE	75.00 (83.33 - 75.00 - 66.67)	3.89 (4.90 - 3.89 - 2.63)
TR	0 (0 - 0 - 0)	0 (0 - 0 - 0)
OX	58.33 (66.67 - 66.67 - 41.67)	3.33 (5.13 - 2.50 - 2.00)
MA	50.00 (33.33 - 41.67 - 75.00)	1.72 (2.00 - 1.80 - 1.56)
	% POUSSES LATERALES INFECTEES	PAR POUSSE ATTEINTE
TE	63.45 (69.23 - 61.96 - 58.82)	2.66 (3.50 - 2.39 - 1.90)
PR	56.09 (69.66 - 53.95 - 40.00)	3.04 (3.71 - 2.95 - 1.58)
FL	55.91 (57.73 - 60.76 - 48.72)	2.96 (2.45 - 3.71 - 2.76)
FE	50.40 (69.14 - 48.86 - 33.33)	3.03 (3.27 - 3.53 - 1.74)
TR	1.20 (0 - 0 - 3.45)	2.67 (0 - 0 - 2.67)
OX	40.09 (48.44 - 50.00 - 19.44)	2.83 (3.83 - 2.14 - 1.64)
MA	34.15 (28.95 - 35.04 - 37.34)	1.85 (1.45 - 2.12 - 1.76)

(Le premier chiffre indique le résultat global, les chiffres entre parenthèses correspondant à chacun des trois blocs)

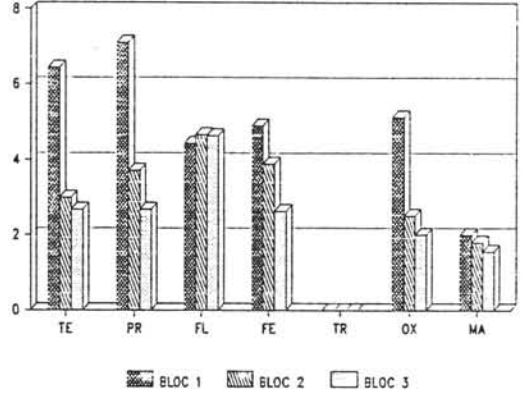
Les 4 tableaux sont représentés par les graphiques ci-contre.

POURCENTAGES DE FLECHES INFECTEES



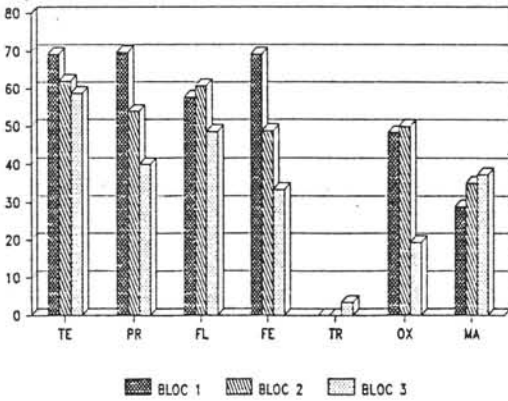
1

NOMBRE MOYEN D'INFECTIONS
PAR FLECHE ATTEINTE



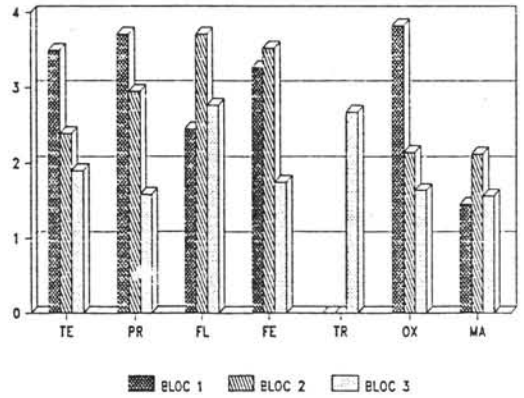
2

POURCENTAGES DE POUSES INFECTEES

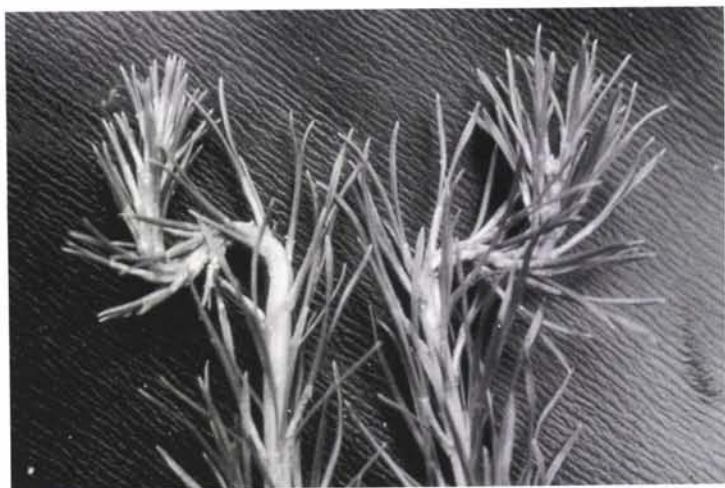


3

NOMBRE MOYEN D'INFECTIONS
PAR POUSSE ATTEINTE



4



Rameaux de pin sylvestre déformés par la rouille (courbure caractéristique en S).



Conséquence de l'attaque de la rouille courbeuse : déformation permanente de deux de pin sylvestre.

Les résultats du suivi de la maturation des téleutospores issus des téleutospores sont présentés ci-dessous :

DATE	Basidiospores/mm ² de feuille de tremble
18/04/89	50,44
25/04/89	54,87
03/05/89	92,04
10/05/89	67,26
16/05/89	30,09

INTERPRETATION

Une analyse statistique a été effectuée sur les deux critères suivants :

- Pourcentage de pousses infectées (flèches + pousses latérales)
- Nombre d'écidies par flèche infectée

Test de Newman-Keuls (seuil = 5 %)

	% de pousses infectées			nb écidies/flèche infectée	
	Moyennes	Groupes homogènes		Moyennes	Groupes homogènes
TE	66,21	A	FL	4,58	A
PR	60,24	A B	PR	4,49	A
FL	58,21	A B	TE	4,04	A
FE	56,23	A B	FE	3,81	A
OX	43,56	A B	OX	3,21	A
MA	35,27	B	MA	1,79	A B
TR	1,04	C	TR	0,00	B

Deux matières actives, triadiméfon et mancozèbe, se distinguent du témoin pour le premier critère : pour le second, seul le triadiméfon est différent.

La modalité triadiméfon (Bayleton 100) se distingue sans conteste de toutes les autres avec aucune flèche atteinte et seulement 1,20 % de pousses latérales infectées sur le dernier verticille, tandis que la modalité mancozèbe arrive loin derrière en deuxième position avec 50 % des flèches atteintes et 34,15 % de pousses latérales infectées.

A noter pour cette modalité triadiméfon, la présence inattendue sur un même sujet (n° 62, bloc 3) de 3 pousses latérales infectées par 8 écidies, d'où pour le bloc 3 un pourcentage de pousses latérales infectées de 3,45 et un nombre moyen d'infections de 2,67. Cette unique particularité bien visible sur le graphique 4 n'enlève rien à la remarquable efficacité du triadiméfon. On peut émettre l'hypothèse que ce sujet a échappé accidentellement au traitement.

Parmi les 5 autres matières actives testées, seuls le mancozèbe, produit de référence, et l'oxycarboxine ont présenté une certaine efficacité, notamment pour le mancozèbe avec une réduction d'environ 50 % par rapport au témoin du nombre moyen d'infection par flèche atteinte pour les trois blocs (1,72).

Il est à signaler que le bloc 1 présente le plus grand nombre d'infections suivi par le bloc 2 et le bloc 3 ; la situation du bloc 1, le plus proche d'une rangée de trembles, peut expliquer ce phénomène, le bloc 3 le moins infecté étant le plus éloigné.

La notation des arbres mesurant 2,5 m et plus a été effectuée en vue de vérifier, quelque soit la modalité, s'il existe une moindre infection sur des sujets d'une telle hauteur. Malgré des effectifs restreints, il ne semble pas y avoir de différence significative entre les arbres supérieurs à 2,50 m et ceux inférieurs à cette hauteur.

SUIVI PHENOLOGIQUE DE LA ROUILLE

Les observations concernant la maturation des téléospores montrent que les contaminations ont pu se produire pendant tout le mois qui a suivi le traitement, ainsi qu'un effet préventif du triadiméfon.

CONCLUSION

Parmi les 6 matières actives testées dans cet essai, seul le triadiméfon a fait preuve d'une très nette efficacité et a présenté des propriétés intéressantes vis à vis de la rouille courbeuse des pins. Ces résultats confirment, sur pin sylvestre et dans une autre région, ceux obtenus sur pin maritime dans les Landes. Cela nous permet de préciser les règles d'une lutte chimique efficace et facile à mettre en oeuvre.

Une bonne maîtrise 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).

L'efficacité du triadiméfon vis à vis de Melampsora pinitorqua à la dose de 50 g m.a./hl et pulvérisé au stade B2 a permis de vérifier :

- une bonne systémie se traduisant par une facile migration du produit dans les tissus nouvellement formés de la pousse,
- une persistance d'action importante permettant de pallier une éventuelle période de risques d'infection de l'ordre de 4 à 5 semaines.

Par ailleurs, le recours à un seul traitement permettra de limiter l'impact sur l'environnement et le risque de voir se multiplier des souches de rouilles résistantes.

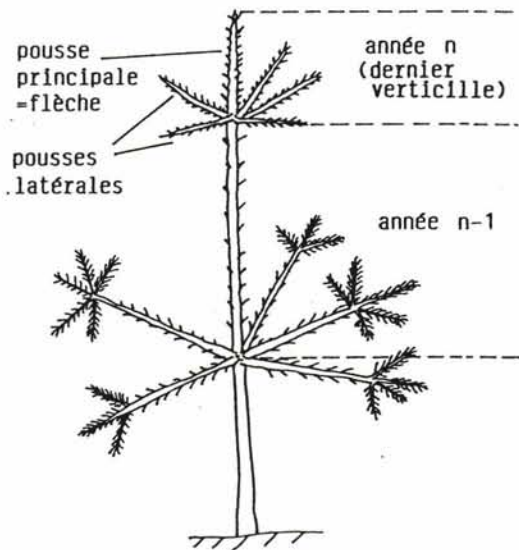
Ces informations constituent les premiers résultats connus sur pin sylvestre en matière de lutte contre la rouille courbeuse.

Les modalités de cette lutte chimique ont été complétées en 1990 par d'autres essais définissant plus précisément la dose de produit nécessaire et suffisante (ainsi que les modalités d'apport) de manière à définir une solution pratique tout à fait envisageable sur le plan économique dans les jeunes plantations de pins. Les résultats de cette 2e année d'étude menée sur le même dispositif mais comportant 2 blocs supplémentaires révèlent une nouvelle fois l'intérêt du triadiméfon et son efficacité lorsqu'il est appliqué en un seul traitement préventif au stade phénologique B2. L'efficacité de ce fongicide est démontrée dès l'utilisation de la plus petite dose (20 g de m.a./hl) avec l'apport de solution le plus faible (20 ml/arbre), correspondant à 4 mg m.a./arbre. L'essai révèle également que la hauteur limite d'infection se situe au moins à 2,50 m et non 2 m (mentions de la littérature), ceci du moins pour le pin sylvestre.

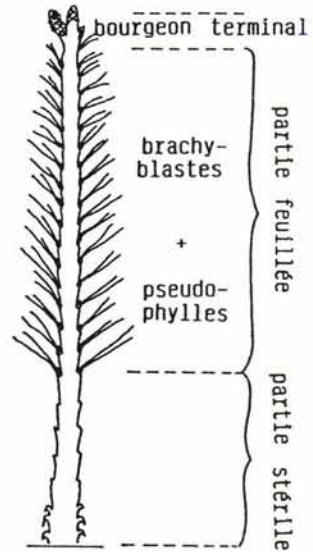
REMERCIEMENTS

Cette étude a été menée avec l'assistance de B. JUVY (CEMAGREF Grenoble). L'auteur remercie pour son aide technique les Services départementaux de l'Yonne et du Jura de l'Office National des Forêts.

1/ MORPHOLOGIE



ORGANISATION GENERALE



DECOMPOSITION DE L'ACCROISSEMENT ANNUEL
(d'après KREMER et ROUSSEL, 1982)

2/ PHENOLOGIE

d'après DEBAZAC, 1966 :

- stade BO : bourgeon à l'état hivernal, écailles imbriquées, étroitement appliquées, souvent liées entre elles par des exudations plus ou moins abondantes de résine.
- stade B1 : bourgeon en début d'élongation, avec disjonction des écailles qui continuent toutefois à assurer un recouvrement complet de la pousse.
- stade B2 : bourgeon en cours d'élongation avec disjonction des écailles qui laissent alors apparaître entre elles la surface du rameau.
- stade B3 : dégagement des brachyblastes qui restent entièrement enveloppés dans les pièces constituant la gaine.
- stade B4 : les aiguilles des brachyblastes se dégagent de la gaine. Les aiguilles d'un même faisceau restent appliquées.
- stade B5 : les aiguilles d'un même faisceau se séparent.

ANNEXE 2 La rouille courbeuse des pins
(d'après Abgrall - Soutrenon, 1991)

HOTES

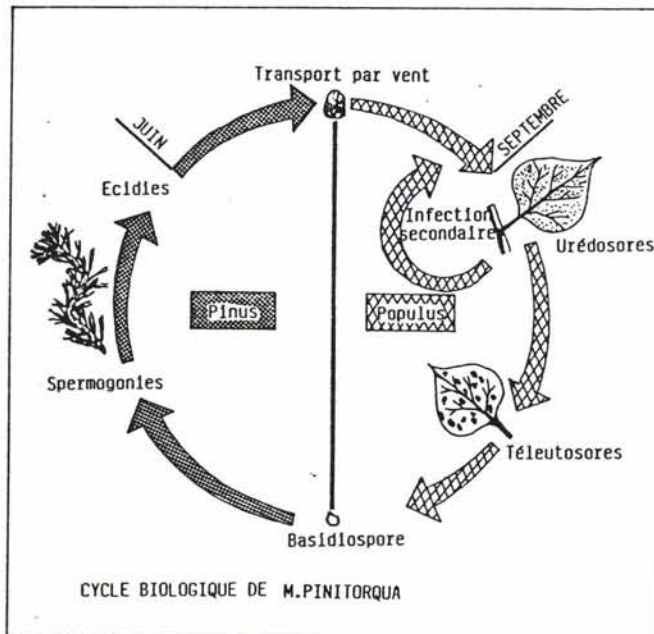
Cette rouille que l'on rencontre partout en France se développe sur deux hôtes : l'hôte principal est un pin,

- très sensibles : pin sylvestre, maritime, laricio de Corse,

- sensibles : pins à crochets, d'Alep, pignon,

le tremble et les peupliers sont les hôtes alternants.

BIOLOGIE



Au printemps les **basidiospores** issues de la germination des **téleutospores** sur les feuilles de peupliers dans la couverture morte et transportées par le vent, germent à leur tour sur les jeunes pousses des pins et infestent l'assise cambiale provoquant un ralentissement de la croissance du côté infesté et la déformation de la pousse (**courbure en S**).

Cette infection se manifeste par l'apparition de taches jaunâtres (**spermogonies**) puis d'**écidies**.

Le parenchyme cortical éclate libérant la masse orangée des écidiospores qui, transportées par le vent, germent sur la face inférieure des feuilles de peupliers. Le mycélium issu de cette germination aboutit à la formation de petites pustules orangées (**urédosores**). Les urédosores qu'elles contiennent peuvent provoquer sur peuplier des contaminations secondaires.

En fin de végétation, sur les mêmes feuilles tombées au sol, se différencient les **téleutosores** en croûtes brunes. A l'intérieur de ceux-ci, les téleutoconidies en germant libéreront au printemps suivant les basidiospores ; le cycle est ainsi bouclé.

DEGATS

- **Déformation permanente et dessèchement** des pousses.

- Les **jeunes peuplements** (jusqu'à 7 ans environ) sont les plus atteints surtout s'ils sont installés dans des conditions défavorables.

Des attaques répétées peuvent entraîner la mort des sujets atteints en quelques années, et en tout cas, nuisent gravement au développement satisfaisant de la tige principale.

- Sur les peupliers, le parasite ne produit pratiquement pas de dommages si ce n'est une chute prématurée des feuilles infestées par les urédosores.

ELEMENTS DE DIAGNOSTIC

A partir de mai-juin, observer la **forme caractéristique en S** des rameaux de pins attaqués.

A partir de septembre, la **face inférieure des feuilles en place** des peupliers se couvre d'un **poudrage orangé** (urédosores) puis de **plaques brunes** (téleutosores) lorsque ces feuilles sont tombées au sol.

BIBLIOGRAPHIE

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

La Forêt et ses ennemis
Edition CEMAGREF DICOVA. 400 p.

CHANCEAULME A., 1987.

Etude de la sensibilité du pin maritime à la rouille courbeuse (Melampsora pinitorqua Rostr.) en vue d'une lutte par des pratiques sylvicoles. Réceptivité des pins et efficacité de quelques fongicides.

DAA, INA Paris-Grignon.

DEBAZAC E.F., 1966.

Les modalités de la croissance en hauteur chez les pins.

Bull. Soc. Bot. Fr., Mémoire, 3-14.

DESPREZ-LOUSTAU M.L., 1983.

Etude des sources de variabilité et des mécanismes de la résistance du Pin maritime (Pinus pinaster Ait.) à la rouille courbeuse (Melampsora pinitorqua Rostr.).

Thèse de Docteur - Ingénieur. INA Paris - Grignon.

DESPREZ-LOUSTAU M.L., 1988.

Perspectives de lutte chimique contre la rouille courbeuse des pins.

Conférence internationale sur les maladies des plantes. Bordeaux, 8-10 novembre 1988.

DESPREZ-LOUSTAU M.L., SOUTRENON A., MORZIERES J.P., BAUDRY A., 1989.

Méthodes d'essai de l'efficacité pratique de fongicides destinées à lutter contre la rouille courbeuse des pins (Melampsora pinitorqua Rostr.).

Protocole - document interne INRA - CEMAGREF - GRISP. 3 p. + annexes.

KREMER A., ROUSSEL G., 1982.

Composantes de la croissance en hauteur chez le pin maritime (Pinus pinaster Ait.).

Ann. sci. Forest., 39 (1), 77-98.

CONTRIBUTION A LA MISE AU POINT DE NOUVELLES METHODES DE GESTION DES POPULATIONS DE CHEVREUILS APPLICATION AU MASSIF DES LANDES DE GASCOGNE

BALLON PH.*, GUIBERT B.*, MAIZERET CH.**, BOUTIN J.M.***

* CEMAGREF - DIVISION ESPACES NATURELS ET FAUNE SAUVAGE - NOGENT-SUR-VERNISSON

** GERA - Avenue des facultés - Université de Bordeaux 1 - F 33405 TALENCE CEDEX

*** ONC CNERA Cervidés Sangliers - Station de Chizé - F 79360 BEAUVOIR-SUR-NIORT

INTRODUCTION

La gestion des ongulés sauvages à des fins cynégétiques nécessite en théorie de pouvoir apprécier quantitativement et qualitativement les populations, et d'estimer la capacité d'accueil des biotopes. La détermination des plans de chasse optimaux repose sur la connaissance précise de la taille des populations. Les différentes méthodes d'appréciation des effectifs mises au point jusqu'ici (VINCENT, BIDEAU - 1979), (CEMAGREF - 1984), (GAILLARD, BOISAUBERT, BOUTIN - 1986) se révèlent en général très lourdes à mettre en oeuvre et ne peuvent l'être de toutes façons que sur des unités de gestion de taille raisonnable. Dans le massif des Landes de Gascogne, le niveau d'abondance des animaux est très difficile à estimer en raison de la taille des territoires de chasse et des difficultés d'observation des animaux. Aussi a-t-il été envisagé de se passer de l'estimation des effectifs et d'analyser un certain nombre de paramètres biologiques (ou bioindicateurs) rendant compte de la relation animal-environnement, et d'un éventuel déséquilibre entre la population et le milieu qu'elle occupe. Deux types d'indicateurs ont été retenus dans le cadre de cette étude :

Indicateurs écologiques - (le milieu se transforme sous l'impact des animaux).

. le taux d'abrouissement sur les semis de pin maritime (ligniculture) doit permettre d'apprécier si le seuil de tolérance économique est atteint ;

. Le taux d'abrouissement de certaines espèces du sous-bois doit permettre d'apprécier si la végétation spontanée est surexploitée par les animaux.

Indicateurs biométriques - (les caractéristiques de la population animale changent sous l'effet de l'augmentation des effectifs).

. L' indice de condition physique des animaux (poids plein) a pour but d'apprécier si le niveau des effectifs permet au chevreuil d'atteindre un développement corporel optimal.

La méthodologie utilisée consiste à rechercher un lien entre ces différents types d'indicateurs et l'abondance des animaux, et vérifier si cette relation est suffisamment constante pour être utilisée comme outil de gestion des populations de chevreuil du massif. Le présent document rend compte des investigations menées en 1990 ; le travail décrit se poursuit actuellement.

MATERIEL ET METHODES

ZONE D'ETUDE

L'étude a été conduite dans le massif forestier des Landes de Gascogne. Compte tenu de l'importance de ce massif (1 M ha) 8 secteurs d'études d'environ 1 000 ha chacun ont été retenus.

METHODES

Estimation de l'abondance des animaux

L'abondance des chevreuils a été estimée sur chacun des 8 secteurs de 1 000 ha par la méthode des Indices Kilométriques d'abondance (VINCENT, BIDEAU - 1979). Trois circuits d'environ 6 km de longueur ont été balisés sur chacun des secteurs. Des observateurs ont parcouru à pied chaque circuit à quatre reprises le matin et le soir en février et mars 1990. L'IKA correspond au nombre de chevreuils vus par km parcouru (tableau 1).

Tableau 1 :
RESULTATS DES COMPTAGES IKA ET REPARTITION
DES PARCELLES ANALYSEES PAR SECTEUR D'ETUDE

Nom du secteur d'étude	Nombre de parcelles			IKA
	CLASSE 1 h < 20 cm	CLASSE 2 20 cm < h < 50 cm	CLASSE 3 50 cm < h < 120 cm	
HOSTENS	5	5	1	0,21
ESCOURCES	6	1	1	0,25
BELIN	3	2	4	0,33
St ^e HELENE	7	0	0	0,38
PISSOS	5	0	1	0,84
LUCMAU	2	2	1	0,93
PINDERES	2	1	0	1,13
ARUE	2	3	2	1,12
	32	14	10	

Analyse du taux d'abrouissement sur les semis

Le taux d'abrouissement sur les semis de pin maritime a été estimé par échantillonnage sur un maximum de parcelles susceptibles d'être endommagées (parcelles dont la hauteur des semis était inférieure à 120 cm). Au total 56 parcelles (tableau 1) ont fait l'objet de relevés suivant la même méthodologie que celle utilisée dans une étude précédente (MAIZERET, BALLON - 1990). Les relevés ont porté sur des placeaux de 20 semis consécutifs, le nombre de placeaux variant de 15 à 30 suivant la superficie de chaque parcelle. Le taux d'abrouissement de la parcelle correspond au pourcentage de tiges observées dont la pousse terminale est abroutie.

Analyse du taux d'abrouissement des espèces végétales du sous bois

L'analyse du taux d'abrouissement des espèces végétales présentes dans le sous bois nécessite de réaliser au minimum 200 relevés pour 1 000 ha ; ce type d'observations n'a été effectué que sur trois zones à savoir Ste HELENE, HOSTENS et PINDERES. Ces secteurs étaient supposés présenter des niveaux d'abondance en chevreuils très différents.

La répartition des 200 placettes a été faite de façon systématique selon une grille à mailles carrées de 225 m de côté (soit une placette pour 5 ha).

Sur chaque placette ont été réalisés deux types d'observations :

. des relevés de paramètres caractérisant l'écosystème forestier dans son ensemble :

- peuplement
- environnement végétal
- origine
- âge
- hauteur
- sous étage
- nature des entretiens
- intensité des entretiens
- éclaircie - dépressage
- type de stations

. des relevés floristiques caractérisant l'importance du recouvrement et de l'abrouissement des principales espèces végétales présentes (à savoir : châtaignier, bouleau, chêne pédonculé, chêne tauzin, saules sp., tremble, pin maritime, bourdaine, ronce, chèvrefeuille, bruyère à balais, autres bruyères, callunes, ajoncs, genêts, fougère aigle, molinie, autres graminées).

Analyse de l'indice de condition physique des chevreuils

Les mesures biométriques (poids plein) ont été réalisées sur des animaux tirés à la chasse

Dans la mesure où un minimum de 120 animaux par site devaient être examinés, les secteurs préalablement définis n'étaient pas de taille suffisante. Aussi quatre zones plus vastes ont donc été choisies sur la base de leurs densités estimées en chevreuils (tableau n°2). Cette estimation est basée sur la connaissance des niveaux de prélèvement du plan de chasse.

Tableau 2 :
CLASSIFICATION DES SECTEURS UTILISES POUR L'ANALYSE DE LA CONDITION PHYSIQUE
DES ANIMAUX EN FONCTION DE LEUR DENSITE ESTIMEE EN CHEVREUILS

SECTEUR	N°	CATEGORIE DE DENSITE
HOSTENS - BELIN	1	Faible
LUCMAU - GISCOS - BERNOS - ESCAUDES	2	Moyenne
ARUE - CACHEN	3	Forte
ALLONS	4	Très forte

Les observations biométriques sont réalisées sur les animaux des deux sexes en distinguant les jeunes de l'année des adultes ; l'estimation de l'âge des animaux a été réalisée sur la base d'un examen dentaire ; les animaux ont été pesés non vidés.

Le tableau n°3 présente les effectifs observés.

Tableau 3 :
REPARTITION DES EFFECTIFS OBSERVES PAR SECTEUR

SECTEUR	N°	CHEVRILLARDS M	CHEVRILLARDS F	ADULTES M	ADULTES F
HOSTENS - BELIN	1	4	10	9	16
LUCMAU - GISCOS-BERNOS - ESCAUDES	2	14	25	34	43
ARUE - CACHEN	3	16	16	32	32
ALLONS	4	24	22	45	50

RESULTATS

ANALYSE DU TAUX D'ABROUTISSEMENT SUR LES SEMIS DE PIN MARITIME

Pour chaque classe de hauteur des semis, la relation entre le taux d'abrouissement des semis (%) et l'indice d'abondance des chevreuils (IKA) a été calculée. Pour cela a été utilisée la corrélation de rang de SPEARMAN après application des facteurs de correction nécessaire.

Tableau 4 :
RELATION ENTRE L'IMPORTANCE DE L'ABROUTISSEMENT DES SEMIS
(POUR DIFFERENTES CLASSES DE HAUTEUR) ET LE NIVEAU D'ABONDANCE DES CHEVREUILS

CLASSES DE HAUTEUR DES SEMIS	NOMBRE DE PARCELLES	COEFFICIENT DE CORRELATION	DEGRE DE SIGNIFICATION DE LA DIFFERENCE
H < 20 cm	32	r = 0,49	**
20 cm < H < 50 cm	14	r = 0,48	*
H > 50 cm	10	r = 0,88	***

Tableau 5 :
RESULTAT DES RELEVES D'ABROUTISSEMENT

IKA	PINDERES		HOSTENS		St ^e HELENE	
	1,1		0,2		0,4	
ESPECES	R	A	R	A	R	A
<i>Castanea sativae</i>	0,3	17,6	0,3	17,6	0,1	0
<i>Betula pendula</i>	0,2	14,3	0	0	0	0
<i>Quercus Robur</i>	1,7	66,2	1,4	16,2	1,0	0,3
<i>Quercus pyrenaica</i>	0,5	41,9	2,3	10,1	1,9	0
<i>Salix caprea</i>	0,2	68,7	0,6	20,5	0,3	0
<i>Populus tremula</i>	0,1	88,0	0	0	0	0
<i>Frangula alnus</i>	0,9	51,5	7,8	9,7	8,2	2,6
<i>Rubus fruticosus</i>	3,3	56,9	1,8	29,3	6,4	12,0
<i>Lonicera periclymenum</i>	1,0	8,6	0,7	10,0	2,7	0,4
<i>Erica scoparia</i>	1,1	0	4,8	0	14,2	0
<i>Calluna vulgaris</i>	2,9	0,2	0,9	0	1,2	0
<i>Ulex europaeus</i>	2,5	4,7	4,8	1,2	4,5	0
<i>Sarothamnus scoparius</i>	0,3	28,5	0,6	0	0,6	0
<i>Pteridium aquilinum</i>	22,8	0	20,9	0	15,5	0
<i>Molinia caerulea</i>	11,4	0	52,8	0,1	52,6	0

(*) Recouvrement %

(**) Abrouissement %

$$R = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_{ij}^{(*)}$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^m a_{ij}^{(**)} d_{ij}}{\sum_{i=1}^m d_{ij}}$$

C'est donc le degré d'abrouissement des plants les plus âgés (50 à 120 cm) qui traduit le mieux le niveau d'abondance des animaux. Les résultats obtenus sont cohérents avec les analyses menées antérieurement, qui ont montré que le pin maritime est un aliment de pénurie. Cependant ces résultats préliminaires sont à confirmer dans la mesure où ils reposent sur un nombre trop faible d'observations.

ANALYSE DU TAUX D'ABROUISSEMENT DES ESPECES VEGETALES DU SOUS BOIS

Les résultats des relevés d'abrouissement permettent par zone d'apprécier pour chaque espèce trois critères (tableau n° 5).

- recouvrement moyen (R) défini comme la moyenne des taux de recouvrement sur l'ensemble des placettes de la zone. Cette donnée renseigne sur l'abondance de l'espèce au niveau du massif.

- abrouissement moyen (A) défini comme la moyenne pondérée par les taux de recouvrement des taux d'abrouissement sur l'ensemble des placettes. Cette variable renseigne sur le degré d'appétence d'une espèce et permet de définir les préférences alimentaires des chevreuils présents.

L'examen du tableau précédent révèle pour la plupart des espèces une nette différence dans les taux d'abrouissement moyen entre PINDERES d'une part (densité forte IKA 1,13), HOSTENS et Ste HELENE d'autre part (densité faible IKA de 0,21 à 0,38).

De plus, certaines espèces (chêne pédonculé, bourdaine, ronce, ajoncs) apparaissent comme indicatrices de la charge en animaux, car leurs taux d'abrouissement moyen semblent proportionnels au niveau de la population chevreuil. Toutefois, il peut paraître surprenant que les taux d'abrouissement moyen de la zone de Ste HELENE (IKA = 0,38) soient plus faible que ceux calculés sur HOSTENS (IKA = 0,21). Or, il apparaît d'une part que ces valeurs d'IKA sont en définitive très voisines et que d'autre part les taux de recouvrement moyen des principales espèces les plus consommées par le chevreuil sur ces deux secteurs (ronce, bourdaine, pin maritime, chênes) sont dans l'ensemble plus élevés à Ste HELENE qu'à HOSTENS (notamment pour la ronce). Ceci signifie que la disponibilité alimentaire est plus importante sur le premier site que sur le second. Dans ces conditions, et malgré des niveaux de population semblables il existe bien entre les deux territoires un gradient de l'équilibre faune/flore.

On constate donc que la pression d'abrouissement exercée par le chevreuil sur certaines espèces végétales du sous-bois, est révélatrice d'un déséquilibre entre la population et le milieu qu'elle occupe.

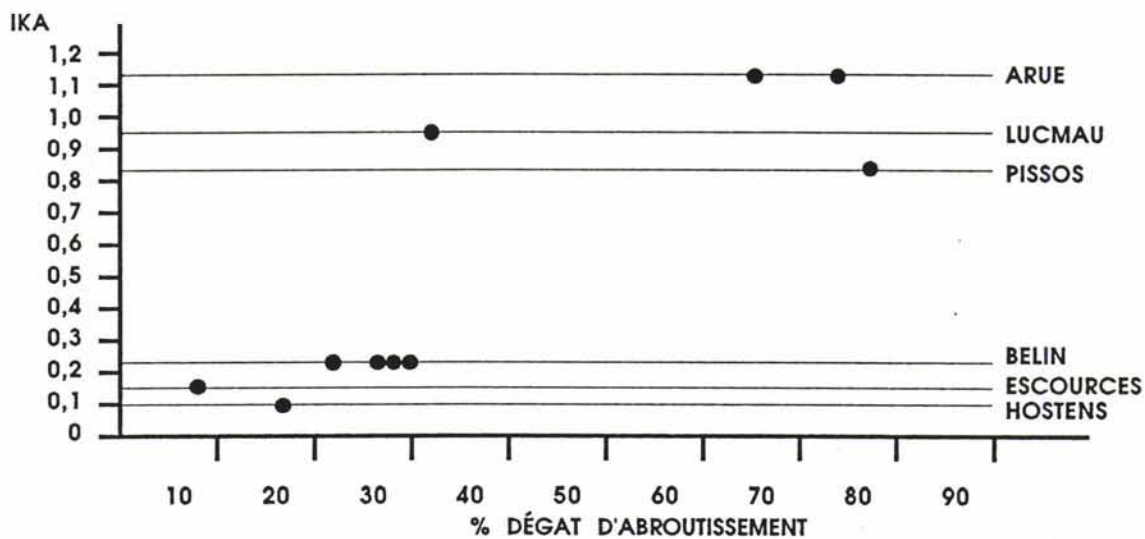
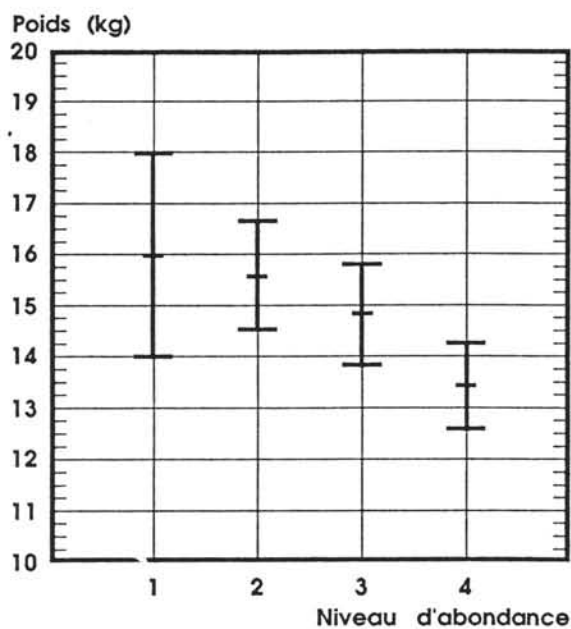
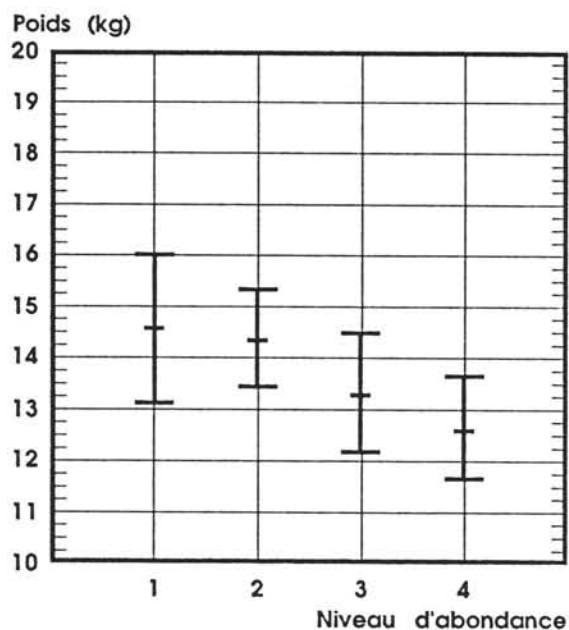


Figure 1 :
 IMPORTANCE DE L'ABROUTISSEMENT DES SEMIS (HAUTEUR > 50 cm)
 EN RELATION AVEC LE NIVEAU D'ABONDANCE DES CHEVREUILS

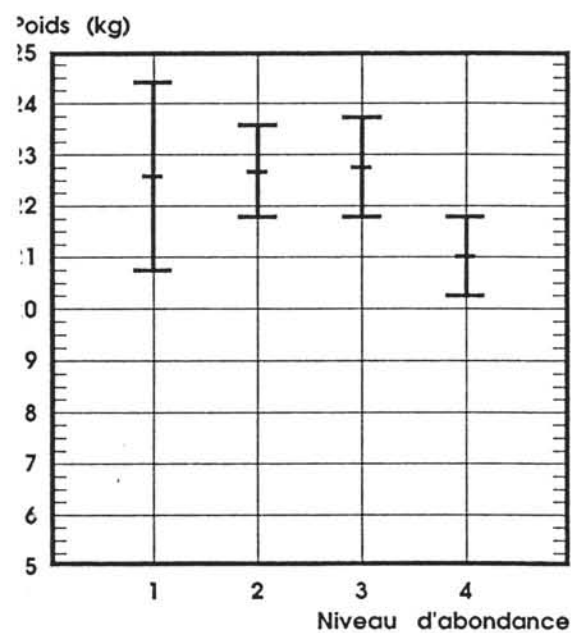
POIDS PLEIN DES CHEVRILLARDS MÂLES



POIDS PLEIN DES CHEVRILLARDS FEMELLES



POIDS PLEIN DES MÂLES ADULTES



POIDS PLEIN DES FEMELLES ADULTES

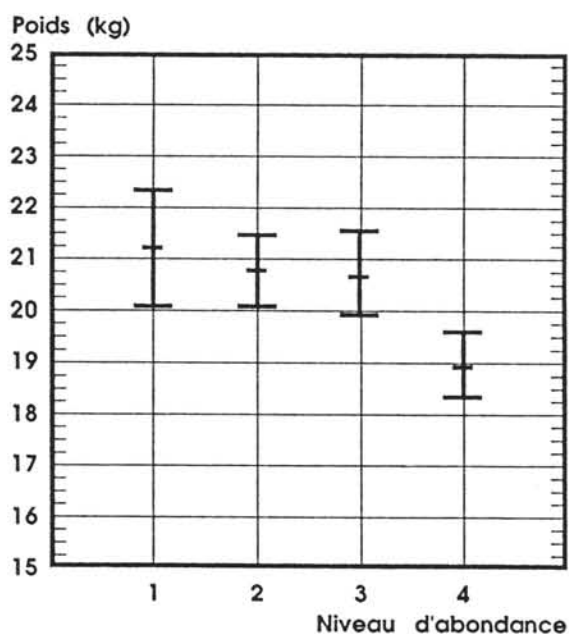
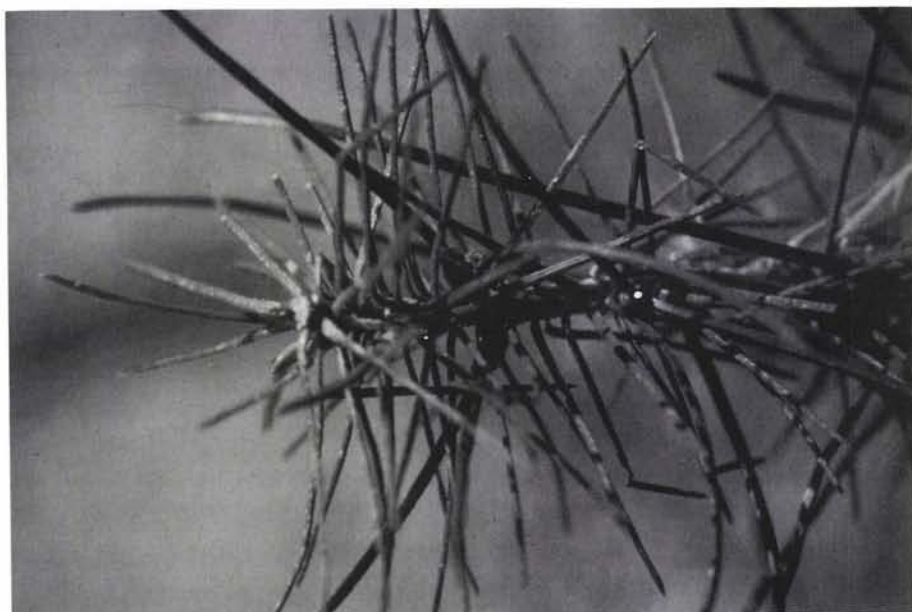


Figure 2 :
MOYENNE DES POIDS DES ANIMAUX OBSERVES
SUR LES DIFFERENTS SECTEURS (ET ECART TYPE)



ligniculture de pin maritime (semis de 2 ans - hauteur moyenne 50-80 cm)



Aspect d'un semis de pin maritime abroué par le chevreuil

ANALYSE DE L'INDICE DE CONDITION PHYSIQUE DES CHEVREUILS

Les résultats des mesures sont présentés sur les graphes figure 2. Une analyse de variance a été appliquée à ces valeurs afin de rechercher le degré de signification des différences entre les secteurs tests.

L'analyse de variance donne les résultats suivants :

TABLEAU D'ANALYSE DE VARIANCE POUR L'ETUDE DE L'INFLUENCE DU FACTEUR NIVEAU D'ABONDANCE SUR LE POIDS PLEIN DES CHEVREUILS PRELEVES A LA CHASSE

	TEST F	NIVEAU DE SIGNIFICATION DE LA DIFFERENCE
CHEVRILLARDS MALES	4,76	*
CHEVRILLARDS FEMELLES	2,60	(N.S.)
MALES ADULTES	3,30	*
FEMELLES ADULTES	7,15	***

On observe donc une relation inverse entre le poids moyen des individus et la densité de population. La diminution de corpulence des animaux semble la plus importante chez les femelles adultes et les chevrillards mâles. Là encore une confirmation est à apporter en fonction des résultats de la campagne d'observations en cours.

DISCUSSION

En dépit de données encore insuffisantes qui résultent de l'observation sur une seule année, il semble que les trois indicateurs testés, à savoir, le taux d'abrouissement sur les semis de pin maritime dont la hauteur est comprise entre 0,5 et 1,20 m, la pression d'abrouissement des chevreuils sur les principales espèces végétales du sous bois, et l'indice de condition physique des animaux (poids plein) soient tous liés à l'abondance des populations.

Les résultats concernant la masse corporelle confortent des conclusions d'études précédemment réalisées tant en France qu'à l'étranger (MAILLARD, BOISAUBERT, GAILLARD - 1989) (EISFELD, ELLENBERG - 1975), (BUCHLI - 1979), (LIENHARD - 1982-1986). L'étude de la pression d'abrouissement sur la végétation du sous bois semble particulièrement prometteuse.

Si les recherches actuellement en cours venaient conforter ces résultats en apportant la preuve de leur stabilité, il serait alors possible de proposer une méthode indiciaire de gestion des populations de chevreuil dans les Landes de Gascogne.

Muni d'un ensemble de critères simples à obtenir, le gestionnaire pourrait en comparant ces bioindicateurs dans le temps, établir un diagnostic de l'évolution de la population et du milieu qu'elle utilise, et en tirer les règles de gestion les plus appropriées pour atteindre ses objectifs (Groupe chevreuil - 1990).

BIBLIOGRAPHIE

BUCHLI C. (1979)

Zur populationsdynamik, kondition und konstitution des rothirsches im und den Schweizerischen Nationalpark.
Thèse . Univ. Zurich, 99 p.

CEMAGREF - (1984)

Méthodes de recensement des populations de chevreuil.
Note technique n° 51 - 65 p.

EISFELD D. ELLENBERG H. (1975)

Rehwild . Abschussplanung ohne zählung Wild und hund 77 : 541-543.

GAILLARD J.M., BOISAUBERT B., BOUTIN J.M., CLOBERT J. (1986)

L'estimation d'effectifs à partir de capture - marquage - recapture : application au chevreuil.
Gibier Faune Sauvage, Vol. 3, juin 1986: 143-158

LIENARD U. (1986)

Die Abschussplanung fur rehwild im kanton aargau. Schweizer. Förster 117 (12) 668-679.

MAILLARD D., BOISAUBERT B., GAILLARD J.M., (1989)

La masse corporelle, un bioindicateur des populations de chevreuils.
Gibier Faune Sauvage, vol. 6, mars 1989, p. 57-68.

MAIZERET CH., BALLON PH., (1990)

Analyse du détermisme des dégâts de cervidés sur le pin maritime dans les Landes de Gascogne.
Gibier Faune Sauvage, vol. 7, septembre 1990, p. 275-291.

VINCENT J.P., BIDEAU E. ET MAIRE F. (1979)

Vers une nouvelle méthode de recensement du chevreuil.
Bul. Mens. ONC, n° sp. Sciences Techniques, décembre 1979 : 207-226.

L'ELEVAGE DU DOUGLAS MYCORHIZE AU SEMIS : INFLUENCE DE LA PEPINIERE ET DU TYPE DE PLANT.

B. GENERE, J.M. AMIRAUT

Division Amélioration Génétique et Pépinières Forestières
Nogent sur Vernisson

INTRODUCTION

La plupart des essences forestières présentent, au niveau de leurs racines courtes, des associations symbiotiques avec le mycélium de champignons, appelées mycorhizes. Celles-ci, présentes à l'état naturel, facilitent la nutrition des arbres, et pourraient ainsi limiter les effets néfastes de la crise de transplantation.

Les progrès réalisés en microbiologie ont permis d'identifier des souches mycorhiziennes remarquables. Celles-ci, placées dans des conditions de milieu favorables, sont susceptibles de stimuler la croissance des jeunes plants, en pépinière et durant les premières années de plantation (LE TACON et al., 1988). Sur le Douglas vert et d'autres essences résineuses (*Epicea* commun, Mélèze et Pin sylvestre), les études menées par l'I.N.R.A. ont montré la supériorité de la souche S238 de *Laccaria laccata* dans les conditions d'élevage de la pépinière de Peyrat-le-Château (LE TACON et BOUCHARD, 1986).

La production de masse de l'inoculum ectomycorhizien sélectionné (*Laccaria laccata*) fait appel aux biotechnologies :

- * Une première méthode, inspirée des techniques de fabrication de blanc de champignon, sur support solide, a été développée à échelle commerciale par la société SOMYCEL.

- * Une nouvelle technique consiste à multiplier d'abord le mycélium en milieu liquide dans un fermenteur, puis à le pléger, goutte par goutte, dans un gel d'alginate de calcium. Cette méthode, utilisée par l'I.N.R.A., uniquement pour les besoins de l'expérimentation, pourrait connaître un développement commercial dans les prochaines années.

La mycorhization contrôlée du Douglas vert étant suffisamment maîtrisée au niveau de la recherche amont, le CEMAGREF cherche à apprécier les possibilités de transfert de cette technique à une plus grande échelle. Pour ce faire, une opération de recherche appliquée a été définie en 1987, dans le cadre du programme d'études sur les méthodes d'élevage du matériel végétal forestier. On distingue trois étapes dans l'analyse du problème :

- essais en pépinière avec dispositifs statistiques
- production pilote (pré-développement)
- plantations comparatives sur parcelles à antécédent forestier ou agricole

Seul, le premier aspect sera développé dans cet article. Ce dernier sera axé sur les problèmes de croissance des plants en hauteur et de développement du *Laccaria laccata*, durant les deux années d'élevage, avec ou sans repiquage, et pour chacune des deux pépinières de référence (Les Barres et Peyrat-le-Château).

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL

Les essais de référence

Ils sont au nombre de quatre. Chacun d'eux est installé selon un dispositif statistique en blocs complets et se caractérise par la combinaison d'un type de plant (repiqué ou non) et d'une pépinière. Une description sommaire des essais est faite en tableau 1.

TABLEAU 1 : DESCRIPTION SOMMAIRE DES ESSAIS

Numéro de l'essai	1	2	3	4
Localisation	Les Barres		Peyrat-le-Château	
Type de plants produits	1 + 1	2 - 0	1 + 1	2 - 0
Date de semis	26.5.88	26.5.88	10.5.89	10.5.89
Densité de semis (g.v.* ² /m ²)	900	400 et 800	700	700
Date de repiquage	20.4.89	néant	15.5.90	néant
Nombre de modalités	3	4	6	3
Nombre de blocs	3	2	4	3

* g.v. = germes vivants

Les modalités de chaque essai sont explicitées ci-après :

L'essai n°1 permet de comparer, après repiquage, trois modalités d'élevage définies au semis comme suit :

- * Inoculum INRA sur support solide
- * Inoculum commercial SOMYCEL
- * Témoin fertilisé (apport en unités : N-P-K 0-28-105, plus oligoéléments).

Le repiquage est fait, selon une seule modalité, sur sol non désinfecté et sans fertilisation.

L'essai n°2, qui utilise l'inoculum commercial SOMYCEL, est axé sur l'effet des densités de semis et de la fertilisation (semblable à celle de l'essai n°1) sur les plants mycorhizés. Il comprend les modalités suivantes :

- * Semis à densité normale, avec ou sans fertilisation (2)
- * Semis à demi-densité, avec ou sans fertilisation (2)

L'essai n°3 met en oeuvre trois modalités définies au semis comme suit:

- * Inoculum INRA en billes d'alginate
- * Inoculum commercial SOMYCEL
- * Témoin fertilisé (apport en unités : N-P-K 0-100-52, plus oligoéléments)

De plus, le repiquage est effectué sur sol désinfecté ou non, ce qui, combiné avec les trois variantes du semis, porte le nombre de modalités à six. Aucun amendement n'a été apporté en deuxième année d'élevage.

L'essai n°4 est axé sur l'effet conjugué de la fertilisation (semblable à celle de l'essai n°3) et de la mycorhization contrôlée. Il comprend les trois modalités suivantes :

- * Inoculum INRA sur support solide, avec fertilisation
- * Inoculum INRA sur support solide, sans fertilisation
- * Témoin uniquement fertilisé

Les contraintes de milieu

Elles se caractérisent par des environnements pédo-climatiques variables selon la localisation de l'élevage. Des comparaisons peuvent être faites, d'une part au niveau des caractéristiques physico-chimiques des sols utilisés, d'autre part en ce qui concerne les paramètres climatiques et l'apport d'eau par irrigation.

Les sols utilisés

* Aux Barres, l'élevage est effectué sur de la terre de Loire rapportée. Celle-ci a été épanchée, soit dans des bâches surélevées (servant pour les semis), soit pour constituer des planches de culture (où sont installés les plants repiqués).

- * A Peyrat-le-Château, c'est le sol naturel de la pépinière qui est utilisé dans tous les cas.

Les analyses de sol réalisées (cf. tableau 2) amènent les remarques suivantes :

- * la texture sableuse des sols correspond bien aux besoins des pépinières forestières.

* La matière organique est abondante à Peyrat-le-Château, avec un niveau confortable d'azote, et rare aux Barres, surtout dans les planches. Dans les bâches de semis, un apport régulier de terre de bruyère en recouvrement a permis d'augmenter le taux de matière organique de 1%, mais a déséquilibré également le rapport C/N.

* Les niveaux de pH sont satisfaisants, sauf dans les planches des Barres où une légère acidification serait souhaitable.

* Le phosphore du sol est en quantité satisfaisante aux Barres, mais surabondante à Peyrat-le-Château (liée à des apports excessifs de scories).

* Enfin l'analyse des éléments échangeables révèle une petite insuffisance de potassium aux Barres et de magnésium à Peyrat-le-Château.

TABLEAU 2 : ANALYSES DE SOL

ANALYSES		LES BARRES		PEYRAT LE CHATEAU
		Bâches	Planches	
Granulométrie	Argile (%)	5	8	12
	Limons (%)	7	12	23
	Sable (%)	88	80	65
Matière organique	Totale (pour 1000)	29	19	73
	Carbone (pour 1000)	17	11	43
	Azote Kj. (pour 1000)	0,9	0,9	3
	C/N	19	12	14
Ph (eau)		5,8	6,3	5,7
Acide phosphorique (%) (Dyer)		0,39	0,47	0,91
Eléments échangeables en meq/100	Capacité d'échange	6	6,4	11,2
	Ca	4,8	5,9	3,3
	Mg	0,71	0,47	0,58
	K	0,16	0,21	0,45
	Mg/K	4,4	2,2	1,3

L'environnement climatique

* Au niveau des températures, les moyennes observées aux Barres (à 150 m d'altitude) sont supérieures de 1,5°C à celles de Peyrat-le-Château (altitude : 570 m).

* En ce qui concerne l'offre en eau, on notera que les Douglas sont irrigués aux Barres, mais pas à Peyrat-le-Château.

Sur ce dernier site, les périodes de sécheresse estivales peuvent durer trois semaines. En 1989, sur les jeunes semis, un important déficit hydrique a été observé de mai à octobre (valeur décennale sèche). Par contre, en deuxième année d'élevage (1990), la pluviosité a été supérieure à la normale sur la même période.

* Enfin, on rappellera que les essais des Barres ont été installés un an avant ceux de Peyrat-le-Château.

METHODES

LES TECHNIQUES CULTURALES MISES EN OEUVRE

Désinfection du sol

La désinfection des planches de semis est nécessaire pour faciliter le développement rapide du mycélium de *Laccaria laccata*. Elle facilite, d'autre part, l'entretien des parcelles, ce qui explique le succès de cette technique chez bon nombre de pépiniéristes forestiers.

Toutes les parcelles unitaires des essais ont donc été désinfectées, de dix à trente jours avant le semis.

Le produit utilisé est le Bromure de Méthyle, à la dose de 80 g/m².

Inoculation

L'inoculum de *Laccaria laccata* est mélangé avec le sol sur une profondeur de 5 à 10 cm, à l'aide d'une griffe, moins de 24 heures avant le semis.

Sur support solide, il se développe dans un mélange de tourbe et de vermiculite dont on apporte environ 2 litres par m² de planche.

Sur support liquide, il est piégé dans des billes d'alginate, introduites à la dose de 1,25 litre par m².

Fertilisation

Pour les modalités concernées, l'engrais est épandu puis immédiatement enfoui à l'aide d'une griffe, avant le semis.

Semis

Les graines semées proviennent toutes de l'Etat de Washington aux Etats-Unis: les régions de provenance utilisées sont Mont-Vernon Arlington (seed zone n°202), aux Barres, et National (seed zone n°422) à Peyrat-le-Château.

Elles sont systématiquement prétraitées sur vermiculite humide à 2°C pendant trois semaines. Les facultés germinatives des lots utilisés étaient comprises entre 80 et 90 %.

Les parcelles unitaires ont une taille fixée pour chaque essai et généralement comprise entre 2 et 4 m².

Repiquage

Les plants arrachés sont immédiatement placés en cagettes-jauges où ils demeurent quelques heures, dans une zone ombragée. Le repiquage est effectué à l'aide d'une repiqueuse, à la densité de 60 plants au m². Les planches de culture comprennent trois rangs espacés de 50 cm.

LES METHODES DE MESURE

Les mesures portent soit sur les tiges (hauteur), soit sur les racines (taux de mycorhization). Elles sont effectuées sur des échantillons, à la fin de chaque période de végétation.



carpopore de *Laccaria laccata* S. 238



vue d'ensemble de l'essai n° 4 (Peyrat le Chateau) en cours de 2ème année d'élevage.

Hauteur

Pour les semis, on utilise un cadre d'échantillonnage, posé sur la partie centrale de chaque parcelle unitaire, et comprenant au milieu huit cases de 0,05 m² (20 cm x 25 cm). Pour chaque essai, un ordre de mesure entre ces subdivisions est fixé, par tirage aléatoire. Tous les plants présents dans les premières cases sont mesurés, jusqu'à ce qu'on dispose de plus de 70 valeurs. Les dernières cases ne sont pas utilisées.

Pour les plants repiqués, on mesure sur chaque parcelle unitaire, les hauteurs de 40 à 50 plants qui se suivent sur le rang central.

Contrôle de la mycorhization

Des échantillons de 5 à 10 plants sont prélevés au hasard dans chaque parcelle unitaire, après soulèvement et secouage minutieux à l'aide d'une bêche.

Les systèmes racinaires sont ensuite lavés, puis transportés (immergés et à l'ombre) jusqu'au laboratoire du CEMAGREF, aux Barres. Les observations sont faites selon la technique décrite par GARBAYE (1990). Un taux de mycorhization (TM) est défini : il représente au sein des racines courtes, la proportion de celles qui sont mycorhizées par *Laccaria laccata*.

Toutes ces observations mycorhiziennes ont été faites à l'automne. Il faut signaler qu'on ne peut pas distinguer les souches (locales ou introduites) de *Laccaria laccata*.

RESULTATS ET DISCUSSION

LES PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS.

Ils sont rassemblés sur les tableaux 3 et 4, traitant respectivement de types de plants 1+1 et 2-0.

Pour chacun des quatre essais, des analyses de variance ont été effectuées systématiquement pour les hauteurs. Les risques de première espèce qui en résultent sont présentés dans le tableau 5.

TABLEAU 3 : BILAN CONCERNANT LES PLANTS 1+1

Essai	Modalité		Hauteur moyenne en cm (**)		Taux moyen de mycorrhization (%)		% de plants non mycorrhizés (*) à 2 ans
	Inoculation	Désinfection au repiquage	à 1 an	à 2 ans	à 1 an	à 2 ans	
n° 1 Les Barres 1988	INRA	non	11,3 (a)	24,5	> 50	7	3
	Commercial	non	10,8 (a)	28	> 50	8	37
	non	non	10,8 (a)	31	0	0,2	97
n° 3 Peyrat le Château 1989	INRA	non	10,2 (b)	17 (b)	69	29	0
	Commercial	non	6,0 (a)	13,6 (c)	6	36	5
	non	non	5,8 (a)	15,7 (b)	0	11	55
	INRA	oui	10,2 (b)	23,2 (a)	69	53	0
	Commercial	oui	6,0 (a)	23 (a)	6	38	0
	non	oui	5,8 (a)	22,6 (a)	0	21	40

(*) Par Laccaria Laccata

(**) deux mesures suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de DUNCAN).

TABLEAU 4 : BILAN CONCERNANT LES PLANTS 2-0

Essai	Modalité			Hauteur moyenne en cm (**)		Taux moyen de mycorrhization (*)		% de plants non mycorrhizés (*) à 2 ans
	Inoculation	Densité de semis (***)	fertilité	à 1 an	à 2 ans	à 1 an	à 2 ans	
n° 2 Les Barres 1988	Commercial	400	non	10,6	41,9(bc)	70	9	20
		400	oui	12,5	47,6 (a)	10	8	30
		800	non	10,2	40,2 (c)	70	10	10
		800	oui	12,4	43,3 (b)	35	10	50
n° 4 Peyrat le Château 1989	INRA	700	non	12,0 (b)	37,9 (a)	66	23,9	7
	Commercial	700	non	11,6 (b)	38,1 (a)	72	15,2	20
	non	700	non	5,7(ab)	28,8 (b)	0	31	0

(*) Par Laccaria Laccata, (**) deux mesures suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de DUNCAN), (***) germes vivants par m² de planche.

TABLEAU 5 :
RISQUE DE PREMIERE ESPECE RESULTANT DES ANALYSES DE VARIANCE SUR LA
HAUTEUR DES PLANTS A 2 ANS

Essai	Effet modalité	Effet Bloc	Interaction
n° 1 : 1 + 1 Les Barres	< 0,0001	0,01	< 0,0001
n° 2 : 2 - 0 Les Barres	< 0,0001	0,27	< 0,0001
n° 3 : 1 + 1 Peyrat-le-Château	< 0,0001	0,0017	0,0035
n° 4 : 2 - 0 Peyrat-le-Château	< 0,0001	< 0,0001	0,0011

DISCUSSION

Croissance en hauteur

Les résultats sont contrastés:

* A un an, la mycorhization contrôlée a permis un gain significatif de croissance par rapport au témoin uniquement sur le site de Peyrat-le-Château et en utilisant l'inoculum INRA.

* A deux ans, pour les plants de type 1+1, on note que la désinfection des planches de repiquage a entraîné un gain de hauteur très significatif. Par contre, les modalités inoculées au semis avec *Laccaria laccata* ne présentent pas de différence significative avec le témoin, si ce n'est un léger effet dépressif de l'inoculum commercial observé sur sol non désinfecté à Peyrat-le-Château. Aux Barres, les fortes interactions entre blocs et modalités ne permettent pas de conclure sur des résultats moyens apparemment défavorables aux traitements mycorhizés.

Pour les plants de type 2-0, l'inoculum INRA a permis, à Peyrat-le-Château, d'augmenter la taille des Douglas d'environ 9 cm par rapport au témoin, soit un gain d'environ 32 %. Cette différence s'est établie pour les deux-tiers au cours de la première année de croissance. Aux Barres, l'absence de différence significative entre modalités mycorhizées ou non, après un an d'élevage, laisse à penser que cette comparaison n'aurait rien apporté de plus en deuxième année. En revanche, on notera que la fertilisation de fond a provoqué un gain significatif de hauteur, de 3 à 6 cm, sur les plants mycorhizés.

Devenir du *Laccaria laccata*

A un an, le mycélium de *Laccaria laccata* est généralement très abondant pour les modalités inoculées. Toutefois, on note deux exceptions : aux Barres, l'interaction entre mycorhization et fertilisation de fond a été nettement défavorable, et à Peyrat-le-Château, l'inoculum commercial SOMYCEL était de qualité insuffisante. Pour les modalités témoin, aucune contamination n'a été observée, à ce stade.

Au cours de la deuxième année d'élevage, on observe, pour la plupart des modalités inoculées au semis, une baisse importante du taux de mycorhization. Celui-ci devient inférieur à 10 % aux Barres, mais reste généralement compris entre 20 et 50 % à Peyrat-le-Château. Quant aux traitements témoins, ils peuvent être contaminés par des souches locales de *Laccaria laccata*, connaissant parfois un développement rapide (Essai n°4).

D'autre part, d'autres espèces mycorhiziennes se développent sur toutes les modalités (*Telephora*, *Boletus* et *Suillus*), mais restent généralement minoritaires.

Enfin, on a constaté, sur ces essais, que des plants inoculés au semis ne sont pas forcément mycorhizés par *Laccaria laccata* en sortie de pépinière. Aux Barres, cela concerne de 3 à 50 % des plants, contre seulement 0 à 20 % à Peyrat-le-Château.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les performances de croissance des plants inoculés au semis dépendent fortement de la qualité de l'inoculum, du lieu d'élevage et du type de plants :

- * l'inoculum commercial produit par la SOMYCEL se révèle de qualité très variable et systématiquement inférieure à celle de la production INRA

- * Sur certaines pépinières (comme aux Barres), la mycorhization contrôlée n'apportera aucun gain de croissance s'ajoutant à l'effet de la désinfection des planches, quelle que soit la technique d'élevage utilisée. Dans d'autres milieux, le *Laccaria laccata* pourra stimuler la croissance du Douglas, surtout en première année d'élevage.

- * Après repiquage, la mycorhization contrôlée n'apporte aucun gain significatif sur la hauteur à deux ans. Ce résultat est étonnant car les jeunes semis étaient fortement mycorhizés par *Laccaria laccata* et cependant leur crise de transplantation n'a pas été abrégée.

L'élevage en deux ans sans repiquage a montré que les plants mycorhizés grandissaient plus vite que les plants témoins dans les conditions de la pépinière de Peyrat-le-Château. Sur ce site non irrigué, les plants ont subi une sécheresse importante en 1989 : la mycorhization contrôlée a donc permis de compenser des conditions de milieu très défavorables.

L'objectif principal de l'éducation de Douglas inoculés au semis avec la souche S238 de *Laccaria laccata*, est de fournir des plants réellement mycorhizés avec cette même souche aux reboiseurs.

Actuellement, il n'est pas possible de distinguer des souches différentes de *Laccaria laccata*, ce qui pose un problème lorsque cette espèce est fréquente dans l'environnement naturel (cas de Peyrat-le-Château). Toutefois, des travaux d'identification et de marquage sont actuellement menés par l'INRA.

La pépinière influe fortement sur les taux de mycorhization obtenus après deux ans d'élevage. De plus, l'absence complète de *Laccaria laccata* sur de nombreux plants sortables théoriquement mycorhizés (en moyenne, un quart des effectifs aux Barres) condamne l'usage de cette technique sur certaines pépinières. Inversement, d'autres milieux d'élevage permettent la production en deux ans de Douglas correctement mycorhizés (Peyrat-le-Château).

Enfin, les taux de mycorhization ne semblent pas dépendre du type de plant produit (2-0 ou 1+1). Toutefois, les meilleurs résultats sont obtenus pour des plants repiqués sur planches désinfectées, technique qui entraînerait des surcoûts considérables en production.

L'expérimentation en pépinière doit se poursuivre, en tenant compte des nouveaux progrès réalisés en microbiologie, particulièrement sur les associations entre mycorhizes et bactéries (GARBAYE et al, 1990), en biotechnologie et sur les techniques d'élevage. Sur ce dernier point, une attention particulière sera portée aux qualités extérieures des plants produits, notamment en ce qui concerne les équilibres entre hauteur et diamètre au collet. Enfin, le CEMAGREF installe, depuis 1990, des dispositifs statistiques en reboisement qui permettront de mesurer l'impact de la mycorhization contrôlée en pépinière, sur les performances observées en plantation. C'est à ce dernier niveau que se définira l'intérêt réel de la technique étudiée.

BIBLIOGRAPHIE

GARBAYE J., 1990.

Pourquoi et comment observer l'état mycorhizien des plants forestiers.
Rev.For.Fr., XLII,1 : 35-41.

GARBAYE J., DUPONNOIS R., WAHL J.L., 1990.

The bacteria associated with *Laccaria laccata* ectomycorrhizas or sporo-carps : effect on symbiosis establishment on Douglas Fir.
Symbiosis, 9 : 267-273.

LE TACON F. ET BOUCHARD D., 1986.

Effects of different ectomycorrhizal fungi on growth of larch, Douglas fir, Scots pine and Norway spruce seedlings in fumigated nursery soil.
Acta Oecologica. Oecol. Applic., 7, 4 : 389-402.

LE TACON F., GARBAYE J., BOUCHARD D., CHEVALIER G., OLIVIER J.M., GUIMBERTEAU J., POITOU N., FROCHOT H., 1988.

Field results from ectomycorrhizal inoculation in France. Ed' Lalonde et Piché ,in Canadian Workshop on Mycorrhizae in Forestry, C.R.F.B.
Faculté de Foresterie et de Géodésie - Université Laval, Ste-Foy, Québec : 51-73.

UTILISATION DES PLANTS EN CONTENEURS HORS REGION MEDITERRANEENNE RESULTATS DE DEUX ESSAIS SUR PIN LARICIO DE CORSE

B. VALLEE

Division Techniques Forestières
Nogent sur Vernisson

INTRODUCTION

L'utilisation pour le reboisement de plants forestiers éduqués en motte ou en conteneur tend à se développer en France, et ceci même hors région méditerranéenne.

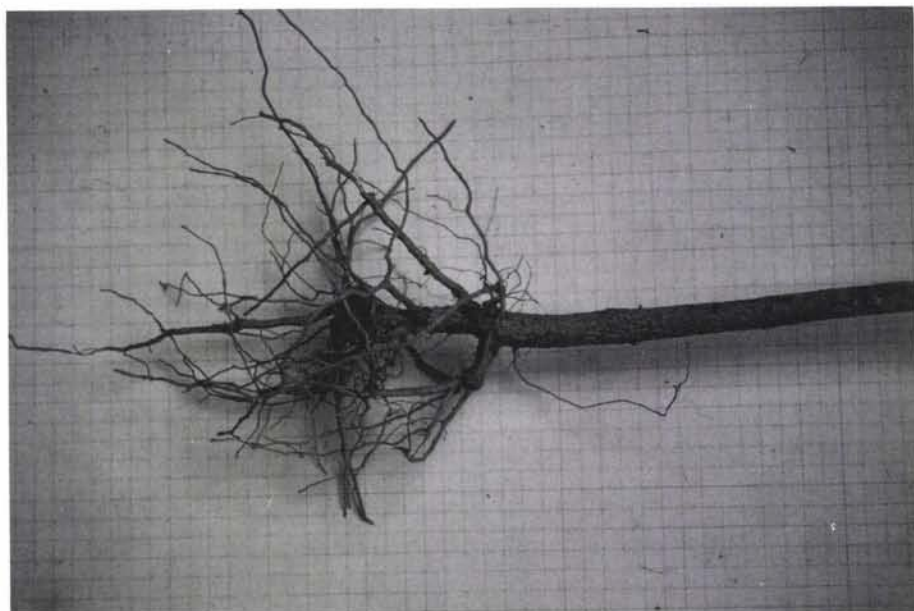
De nombreux avantages sont attribués aux plants élevés en conteneurs, entre autre, un meilleur taux de reprise et une plus grande souplesse concernant la date de plantation.

Il existe des dizaines de types de conteneurs qui diffèrent par leur matériau constituant, leur forme, leur volume. Le type de conteneur n'est pas le seul élément qui influe sur la qualité des plants produits: la technique d'élevage est largement aussi importante. Ainsi, la qualité du substrat (aération, densité, granulométrie,...), l'ambiance d'élevage (extérieur ou serre), la nutrition minérale, l'alimentation hydrique, les densités et durées d'élevage, sont autant d'éléments à prendre en compte!

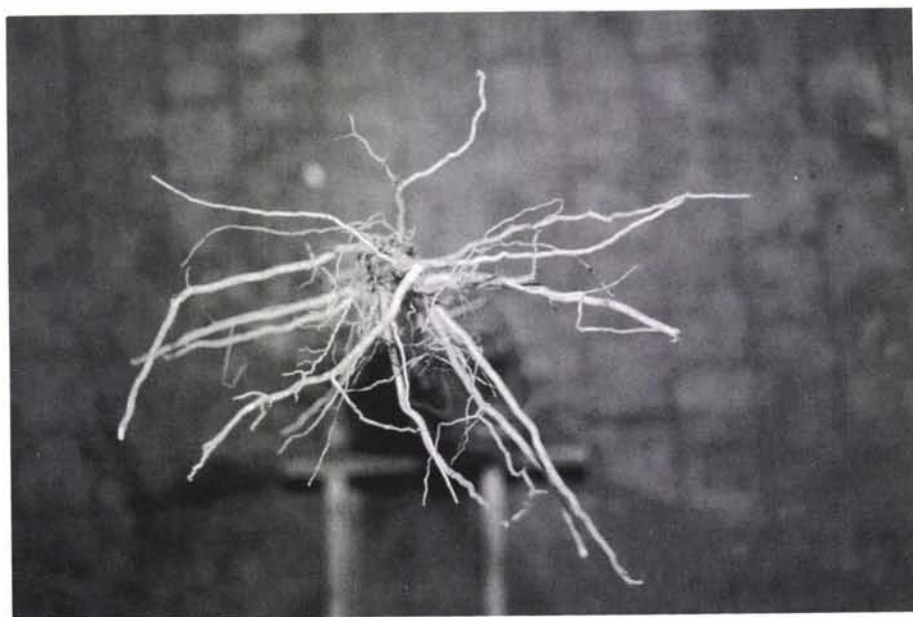
La vérification de gain effectif par rapport aux plants en racines nues n'est pas évidente : durant les hivers 1985-1986 et 1986-1987, la division Techniques Forestières de Nogent sur Vernisson a mis en place deux essais sur Pin laricio de Corse, essence réputée fragile à la plantation. Ces essais ont pour objectif de déterminer l'influence, d'une part, du type de plant (racines nues, conteneurs), et d'autre part de la date de plantation sur le taux de la reprise et la croissance des plants.

L'aspect déformations racinaires, sujet de nombreux écrits en matière d'éducation de plants en conteneurs, a été également étudié.

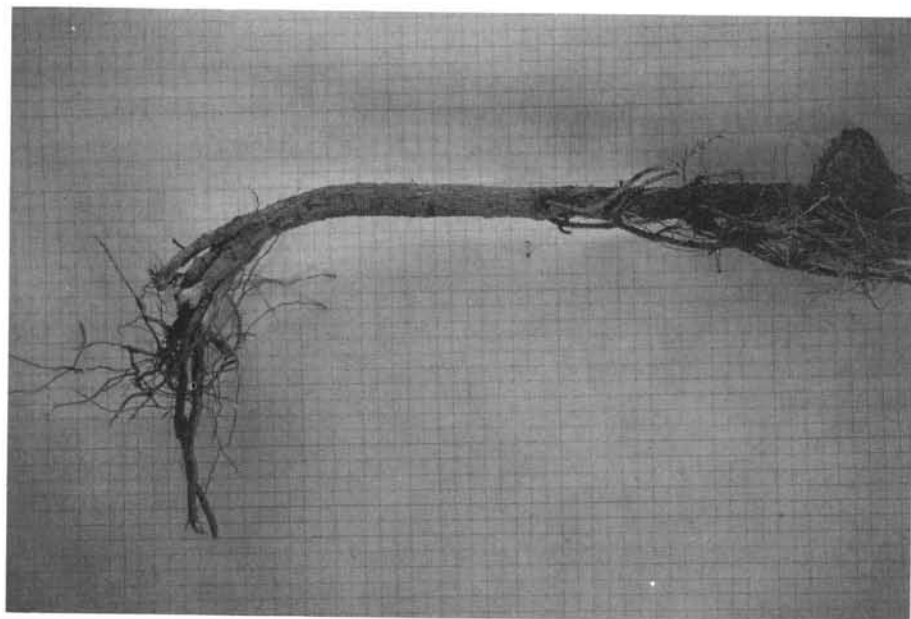
L'article ci-après présente deux dispositifs installés à La Marolle en Sologne (Loir et Cher) et à Lorris en Forêt Domaniale d'Orléans et analyse les premiers résultats.



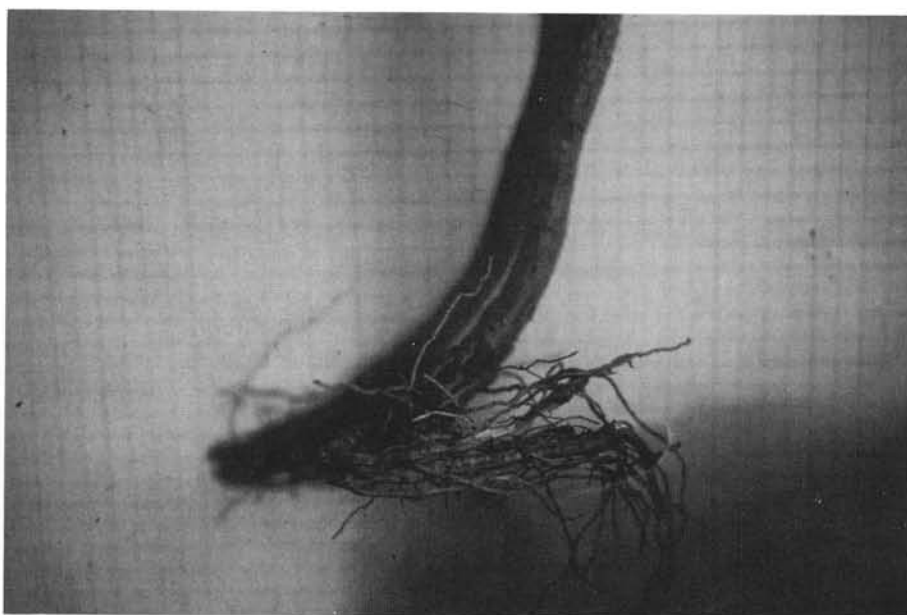
Plant issu de motte FERTISS 5/12 - LOR 11 bis



Plant issu de motte HIKO - LOR 11



Plant à racines nues - LOR 11



Plant à racines nues - MAR 1

MATERIEL ET METHODES

LA MAROLLE EN SOLOGNE

- Matériel végétal :

. Pin laricio de Corse . Provenance PC04 (Centre)

. Education : - Paperpot (100 cm³ et motte Fertiss (100 cm³) à la Pépinière Lemonnier (Orne)

- mottes Hiko (93 cm³) à la pépinière Forestar (Loir et Cher)

- Racines nues (2+1) à la pépinière de Peyrat le Château (Haute Vienne).

Tous les plants sont issus du même lot de graines.

- Description stationnelle :

. Climat : tempéré à influence océanique

. Altitude, topographie : 130 m ; terrain plat

. Substratum géologique : sables et argiles de Sologne

. Végétation : l'antécédent est une futaie mélangée de Pin sylvestre et feuillus (Châtaignier, Chêne)

. Sol : sables (50 cm) sur argiles.

- Dispositif :

. en blocs complets, 6 répétitions, plateau unitaire 5 X 8 plants

. 2 facteurs : types de plants, date de plantation

. 8 modalités

Plantation novembre (1985)

1 - Racines nues (2+1)

2 - Hiko (modèle V93: volume 93 cm³)

3 - Paperpot (modèle 408 = diamètre 4 cm ; hauteur 8 cm)

4 - Fertiss (modèle 4/8 = diamètre 4 cm ; hauteur 8 cm)

Plantation mars (1986)

5 - Racines nues (2+1)

6 - Hiko (V93)

7 - Paperpot (408)

8 - Fertiss 4/8

Densité 1 000 plants/ha.

Surface de l'essai : 210 ares.

- Travaux :

. avant l'installation : andainage, labour et billonnage

. à l'installation : plantation à la pioche et mise en place de protections individuelles contre le petit gibier

. après l'installation : traitement contre l'hylobe à l'alphamétrine, traitement phytocide à l'hexazinone (Velpar).

FORET DOMANIALE D'ORLEANS - LORRIS - PARCELLE 283

LOR 11 :

- Matériel végétal :

. Pin laricio de Corse . Provenance Corse RP01

. Education : - Mottes Hiko à la pépinière Forestar (Loir et Cher)

- Racines nues (2+1 et 1+1) à la pépinière de Peyrat le Château (Haute Vienne).

Tous les plants sont issus du même lot de graines.

- Description stationnelle :

- . Climat : Atlantique ligérien
- . Altitude, topographie : 130 m, terrain plat
- . Substratum géologique : sables et argiles de Sologne
- . Végétation : après travail et traitement du sol (glyphosate) : molinie, callune, genêt, semis de Pin sylvestre
- . Sol : horizon superficiel riche en matière organique, sable jusqu'à 60 cm. A partir de 60 cm, enrichissement en argile.

- Dispositif :

- . en blocs complets, 4 répétitions, plateau unitaire de 7 X 7 plants
- . 2 facteurs : types de plants, époque de plantation
- . 6 modalités prévues

Plantation novembre (1985)

Plantation mars (1986)

Plantation mai (1986)

1 - Hiko (V93)

3 - Hiko (V93)

6 - Hiko (V93)

2 - Racines nues (2+1)

4 - Racines nues (1+1)

5 - Racines nues (2+1)

Densité de 2 500 plants/ha

Surface de l'essai : 61 ares.

- Travaux :

- . Avant l'installation : labour, traitement au glyphosate et à l'asulame, pose d'une clôture contre le lapin et le gros gibier.
- . A l'installation : plantation à la canne pour les mottes Hiko, à la pioche pour les plants à racines nues.

. Après l'installation : traitement Velpar (1987).

LOR 11 bis :

Suite à l'hiver de 1986 et à la très faible survie des plants en motte Hiko, les modalités 3 et 6 ont été remplacées par 4 répétitions de 14 placeaux unitaires de 5 ou 7 plants.

Plantation d'automne (1986)	Plantation mars (1987)	Plantation mai (1987)
1 - Hiko (V93)	6 - Hiko (V93)	11 - Hiko (V93)
2 - Paperpot (408)	7 - Paperpot (408)	12 - Paperpot (408)
3 - Fertiss 4/8	8 - Fertiss 4/8	13 - Fertiss 4/8
4 - Fertiss 5/12	9 - Fertiss 5/12	14 - Fertiss 5/12
5 - Racines nues	10 - Racines nues	

LES RESULTATS

REPRISE ET CROISSANCE

La Marolle en Sologne (fig. 1)

Essai MAR 1	HAUTEURS (cm)				CROISSANCE (cm)		SURVIE (%)	
	1986	1987	1988	1989	86-89	88-89	1987	1989
MODALITES								
Racine nue nov.	13,2	23,1	58,5	100,5	87,3 .	42,0 .	99	99
Hiko nov.	3,0	10,3	34,3	70,8	67,8 .	36,4 .	99	98
Paperpot nov.	7,9	14,9	39,9	75,9	68,0 .	36,1 .	99	98
Fertiss nov.	4,6	10,5	36,8	73,3	68,7 .	36,5 .	98	97
Racine nue mars	13,2	21,4	59,3	104,2	91,0 .	45,1 .	97	96
Hiko mars	2,6	9,2	33,2	69,2	66,6 .	35,3 .	98	98
Paperpot mars	5,9	11,7	38,0	75,5	69,6 .	37,5 .	96	94
Fertiss mars	4,9	9,5	33,9	70,0	66,0 .	36,2 .	90	89
MOYENNE	6,8	13,8	41,8	79,9	73,1	38,1	97	96

. Test des intervalles de confiance au seuil de 5 %, méthode de DUNCAN

D'une manière générale le taux de la survie est très bon. Il faut signaler que la mise en place en novembre des plants en racines nues a été très soignée: arrachage le 17/11, livraison le 18/11 aux Barres, conservation en chambre froide, plantation le 19/11. Le taux de survie des plants installés en automne est légèrement supérieure à celle des plants de printemps. La plantation dite d'automne a été en fait tardive car l'automne 1986 fut particulièrement sec; il n'a pas été possible de planter avant le 15 novembre.

L'époque de plantation n'a aucun effet significatif sur la croissance en hauteur. Les plants en racines nues sont nettement supérieurs pour la croissance en hauteur aux autres modalités, qui ne se départagent pas entre elles.

A noter que la croissance en hauteur de 1989 correspond à plus de 50 % de l'accroissement depuis la plantation.

Lors des mesures en mars 1989, nous avons constaté que de nombreux plants avaient été penchés lors de la tempête un mois plus tôt. L'analyse a montré que 50 % des plants en racines nues étaient inclinés de plus de 30 degrés, les chiffres variant de 1 à 5 % pour les plants en conteneurs. Déjà lors de la plantation, de très nombreuses déformations en crosse (liées au repiquage) avaient été constatées sur les racines nues et la plantation à la pioche n'a rien arrangé.

Lorris (fig. 2)

L'essai de Lorris consistait au départ à comparer des plants élevés en motte Hiko à des plants à racines nues d'âges différents. Il est aujourd'hui scindé en deux, les modalités Hiko plantation en mars et en mai ayant été abandonnées du fait du gel des plants en pépinière durant l'hiver 1985-1986. Ces modalités ont été regarnies à l'automne 1986 et printemps 1987 par des plants en conteneurs (Hiko, Paperpot, Fertiss) et des plants en racines nues (essai LOR 11 bis).

Essai LOR 11	HAUTEURS (cm)					CROISSANCE (cm)		SURVIE (%)
	1985	1986	1987	1988	1989	86-89	88-89	89
MODALITES								
Hiko nov.	2,7	10,8	31,2	57,6	78,8	68,1	21,3	96
RN 2+ 1 nov.	7,6	15,1	24,9	42,7	57,0	41,6	13,9	86
RN 2+ 1 mars	8,8	16,2	27,6	45,0	58,5	42,2	13,4	87
RN 1+ 1 mars	5,2	10,1	20,4	38,0	50,7	40,5	12,7	93
MOYENNE	6,1	13,0	26,0	45,8	61,2	48,1	15,3	90,5

• Test des intervalles de confiance au seuil de 5 %, méthode de DUNCAN

La supériorité des plants Hiko est très nette aussi bien pour la croissance en hauteur que pour le taux de survie.

La première saison de végétation, les plants 2+1 ont donné de meilleurs résultats que les 1+1, la différence s'est sensiblement réduite.

Les résultats de croissance en hauteur sont en contradiction avec ceux de l'essai de la Marolle en Sologne.

Essai LOR 11 bis	HAUTEURS (cm)				CROISSANCE (cm)		SURVIE (%)
	1986	1987	1988	1989	86-89	88-89	1989
MODALITES							
Hiko oct.	3,4	11,5	32,4	44,6	41,3	12,2	89
Paperpot oct.	6,1	13,2	29,0	40,2	34,0	11,2	96
Fertiss 4/8 oct.	4,4	12,3	32,3	44,2	40,3	13,7	75
Fertiss 5/12 oct.	5,9	15,5	39,4	55,5	50,3	19,9	75
RN oct.	16,4	26,1	41,0	57,8	41,4	16,2	96
Hiko mars	4,6	7,9	21,3	30,1	25,5	8,8	96
Paperpot mars	9,8	15,1	30,1	40,4	30,4	10,0	96
Fertiss 4/8 mars	5,2	8,0	22,1	31,0	25,6	8,9	79
Fertiss 5/12 mars	6,6	11,5	27,9	38,1	31,5	10,2	86
RN mars	15,3	22,9	39,4	53,8	38,5	15,0	100
Hiko mai	2,2	9,5	25,2	35,1	32,9	10,0	86
Paperpot mai	7,7	13,9	28,9	39,3	31,6	10,5	100
Fertiss 4/8 mai	3,8	8,7	22,7	27,4	22,9	6,9	68
Fertiss 5/12 mai	6,0	12,5	31,6	44,4	38,4	13,2	96
MOYENNE	7,0	13,5	30,9	41,6	34,6	11,9	88

• Test des intervalles de confiance au seuil de 5 %, méthode de DUNCAN

Les modalités se départagent peu entre elles mais les chiffres sont à manipuler avec précaution étant donné le faible nombre d'individus par modalité (20 à 28 plants). Malgré tout un ralentissement sensible de la croissance de tous les plants en conteneurs est mis en évidence par rapport aux années précédentes en 1989.

Un léger avantage est constaté pour la plantation d'automne par rapport à celles de printemps.

ANALYSE DES SYSTEMES RACINAIRES (FIG. 3)

Une étude de systèmes racinaires a été réalisée en fin de saison 1989.

L'arrachage des plants s'est fait suivant un échantillonnage systématique déterminé à l'avance. Dans chaque plateau, un plant par ligne devait être prélevé afin d'avoir un nombre suffisant d'exemplaires, sans pour autant remettre en cause l'avenir de la plantation.

Chaque plant a été classé dans l'une des 6 catégories (fig. 3) définies selon les critères suivants: la présence ou non d'un pivot, le nombre, la forme et la répartition des racines (pour que des racines latérales soient bien réparties, il faut qu'elles occupent au moins les trois quart d'un cercle dont le centre est représenté par la tige du plant.

Les résultats sont les suivants :

La Marolle en Sologne

- Hiko (14 plants) : tous les plants ont un pivot vertical, dont 43 % ont des racines latérales bien réparties.

- Paperpot (14 plants) : tous les plants ont un pivot vertical, dont 43 % ont des racines latérales bien réparties.

- Fertiss (14 plants) : 93 % des plants ont un pivot vertical, dont 43% ont des racines latérales bien réparties, 7 % ont des racines en crosse.

- Racines nues (14 plants) : aucun plant n'a de pivot, 50 % ydes plants ont des racines en crosse, 33 % ont peu de racines et/ou mal réparties et 17 % seulement ont des racines latérales nombreuses et bien réparties.

Lorris (les deux essais ont été associés sachant qu'une déformation racinaire ne peut se rétablir) :

- Hiko (47 plants) : 91 % des plants ont un pivot, dont 48 % des racines latérales bien réparties.

- Paperpot (5 plants, LOR11 bis uniquement) : 4 plants ont un pivot, dont 2, des racines latérales bien réparties, 1 n'a pas de pivot et peu de racines latérales et/ou mal réparties.

- Fertiss (10 plants, LOR11 bis uniquement) : 6 plants ont un pivot, dont 3, des racines latérales bien réparties, 1 n'a pas de pivot et peu de racines latérales et/ou mal réparties et 2 ont des racines qui remontent (forme de J).

- Racines nues (82 plants) : 4 % des plants ont un pivot, 7 % ont malgré tout des racines latérales bien réparties, 71 %, peu de racines et/ou mal réparties, 18 % des racines en crosse.

Cette étude des systèmes racinaires s'est avérée très intéressante.

- D'une part les plants éduqués en conteneurs possèdent quasiment tous un pivot et un système racinaire relativement bien équilibré. Il reste cependant un doute quant au devenir des racines entrelacées au niveau de la motte d'élevage. La présence dans les plants en motte Fertiss de racines en crosse est sans doute due au fait que le trou de plantation n'était pas assez profond et que le planteur a tordu la motte dans le fond du trou. Les mottes moins grandes comme la Fertiss 4/8, Hiko, et Paperpot n'ont pas subi ces dommages.

- D'autre part, très peu de plants à racines nues ont été mis en place correctement. Ceci amène à penser que la plantation à la pioche telle qu'elle est pratiquée couramment induit toujours ou presque des racines en forme de crosse, ou en tout cas un système racinaire mal équilibré. Bien entendu, les travaux à la pépinière ne sont pas innocents, et la plantation n'est souvent (exemple de La Marolle en Sologne) que l'accentuation d'un phénomène déjà existant.

Il est évident que cela ne peut être sans incidence sur la vie future du peuplement. L'exemple de La Marolle en Sologne est assez significatif vis à vis de la stabilité. Sur les 9 arbres qui ont été penchés par la tempête et dont le système racinaire a été étudié, 8 n'avaient pas de pivot.

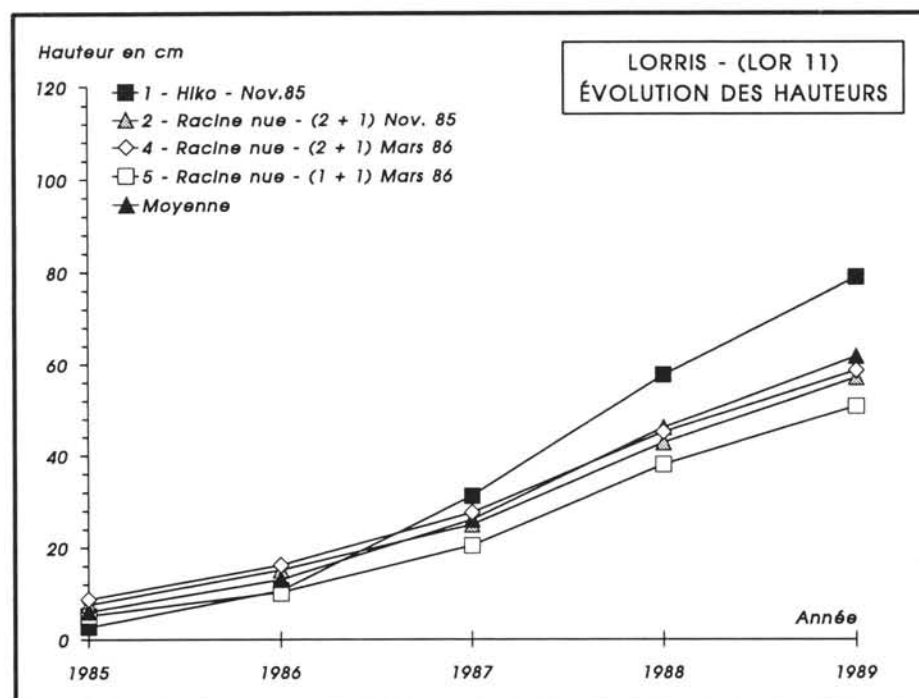
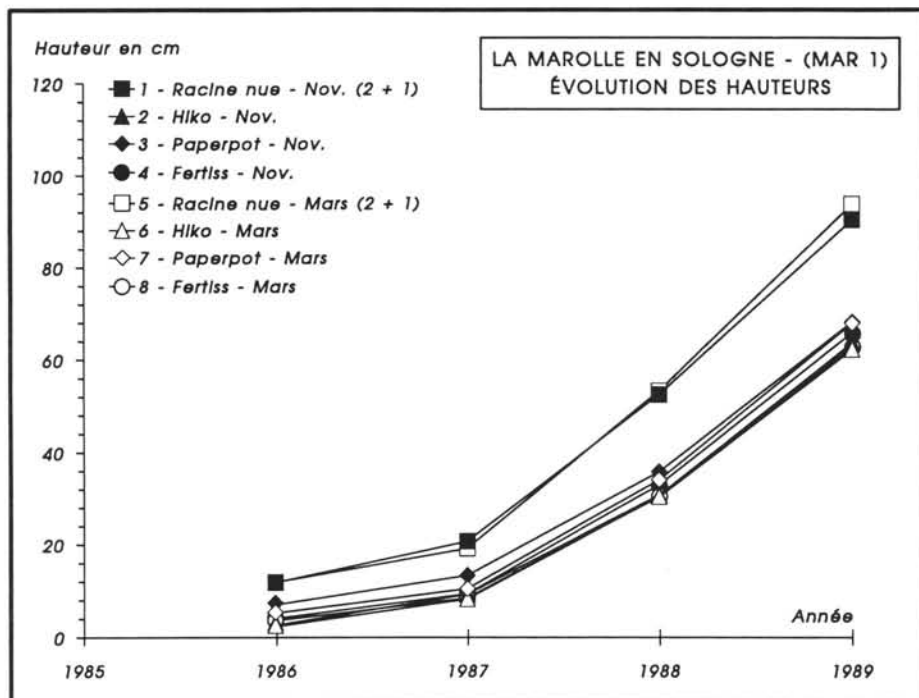
CONCLUSION GÉNÉRALE

On peut tirer plusieurs enseignements de ces essais :

- Grâce à une très bonne organisation du chantier de plantation (arrachage, livraison, plantation), et dans des milieux tels qu'à La Marolle ou à Lorris, les plants en racines nues ont eu une très bonne survie.

- Tant au niveau de la survie, de la croissance, et des déformations racinaires, les plants en conteneurs (Hiko, Paperpot, Fertiss), ont jusqu'à présent un comportement identique.

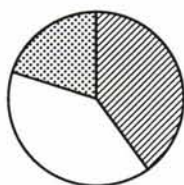
- Les déformations racinaires liées à l'éducation en conteneur ne sont pas à négliger, mais celles-ci semblent bien minimes par rapport à celles causées par la plantation en fente des plants en racines nues.



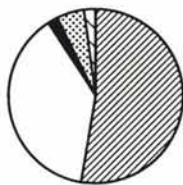
FORME DES SYSTÈMES RACINAIRES PAR TYPE DE PLANT

LORRIS - (LOR 11)

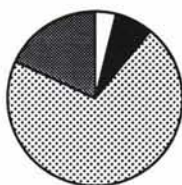
Paperpot



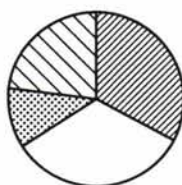
Hiko



Racines nues

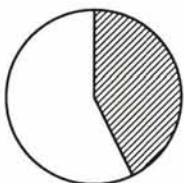


Fertiss

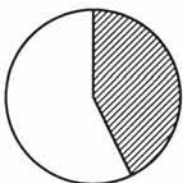


LA MAROLLE EN SOLOGNE - (MAR 1)

Paperpot



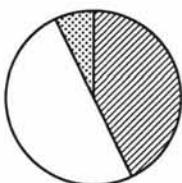
Hiko









Racines nues



Fertiss



-  1 - Pivot + racines latérales bien réparties
-  2 - Pivot + racines mal réparties (voire unidirectionnelles)
-  3 - Absence de pivot + racines nombreuses et bien réparties
-  4 - Absence de pivot + peu de racines et/ou mal réparties
-  5 - Absence de pivot + racines latérales unidirectionnelles (crosse)
-  6 - Racines qui remontent (forme de J)

BIBLIOGRAPHIE

AUBERLINDER V. (1983)

De l'instabilité du Pin maritime.

Annales de recherches sylvicoles de l'AFOCEL 1982, p 139-176.

BEN SALEM B. (1978)

Root form of *Pinus pinea* seedlings grown in paperpot containers, p 96-99 in : Proceedings of root form of planted trees symposium (Victoria, British Columbia, may 16-19, 1978).

Evert Van Eerden, James M. Kinghorn.- (Victoria, Québec) : British Columbia Ministry of Forests, Canadian Forestry Service.- 356 p.- (joint report ; 8).

CEMAGREF . (1987).

Plants forestiers en conteneurs.

Informations techniques du CEMAGREF, n° 6, cahier 7, 4 p.

CHAMP J. DE (1978)

Influence de divers conteneurs sur l'enracinement de quelques résineux plantés en France, p 119-132, in : Proceedings of root form of planted trees symposium (Victoria, British Columbia, may 16-19, 1978).

Evert Van Eerden, James M. Kinghorn.- (Victoria, Québec) : British Columbia Ministry of Forests, Canadian Forestry Service.- 356 p.- (joint report ; 8).

GAGNAIRE-MICHARD J., RIEDACKER A. (1974-75).

Compte rendu des séminaires du groupe d'étude des racines (24-25 octobre 1975, Grenoble).

Méthodologie, morphogénèse.- (s.l.), (s.n.).- Tome 2, p 64.

INSLEY H., PATCH D. (1980).

Root deformation by biodegradable containers.- London : Her Majesty's Stationery Office.- 4 p.
Forestry Commission Arboriculture Research Note n° 22.

PERSSON P. (1978).

Some possible methods of influencing the root development of containerized tree seedlings, p 295-300, in : Proceedings of root form of planted trees symposium (Victoria, British Columbia, may 16-19, 1978).

Evert Van Eerden, James M. Kinghorn.- (Victoria, Québec) : British Columbia Ministry of Forests, Canadian Forestry Service .- 356 p.- (joint report ; 8).

VAN ERDEEN E., ARNOTT J.T. (1974).

Root grown after planting, p 393-397, in : Proceedings of the North American containerized Forest Tree seedling symposium (Denver, Colorado, August 26-29, 1974).

Richard W. Tinus, William I. Stein, William E. Balmer.- (s.l.) : (s.n.).- 458 p.- (Great Plains Agricultural Council Publication n°68).

UN RESEAU D'ESSAIS SUR LE DEPRESSAGE ET LES ECLAIRCIES PRECOCES DES RESINEUX

C. GINISTY - R. CHEVALIER
Division Techniques Forestières
Nogent sur Vernisson

Bon nombre de peuplements résineux de plus de 20 ans, plantés à des densités supérieures à 2000 tiges à l'hectare, se trouvent dans une impasse quant au choix de sylviculture à leur appliquer car trop denses, trop fragiles : il est impossible de dynamiser leur sylviculture ; seules des éclaircies prudentes sont alors faisables.

Devant ce constat, les divisions Techniques Forestières de Nogent-sur-Vernisson et de Rom, en collaboration avec l'IDF, ont décidé en 1984 d'étudier les possibilités d'interventions fortes et précoces dans les peuplements résineux d'origine artificielle ; suivant un protocole précis, un réseau d'essais a, petit à petit été constitué ; il comporte aujourd'hui une cinquantaine de dispositifs expérimentaux de terrain sur 4 essences : pin laricio, douglas, épicéa et pin sylvestre.

LES OBJECTIFS DU RESEAU

Il s'agit d'étudier les meilleures façons de conduire les premières coupes dans les plantations résineuses, en tenant compte du contexte socio-économique. La voie d'étude choisie est donc l'expérimentation de terrain, en différents sites et sur des peuplements existants, à différents stades. Les interventions sylvicoles testées (traduites par un nombre de tiges restant après la coupe) sont comparées entre elles ; un témoin sans intervention est toujours conservé à titre de référence. Les mesures et notations effectuées au moins pendant 6 ans permettent de quantifier la croissance en circonférence et en hauteur, de suivre l'évolution de la qualité du peuplement (forme des tiges, grosseur des branches) et d'évaluer le coût des opérations.

Pour assurer la cohérence du réseau, un protocole précis d'installation et de suivi des placettes, a été construit. Nous en donnons ci-après les grandes lignes.

LES PRINCIPAUX POINTS DU PROTOCOLE

Les essences étudiées sont le douglas, le pin laricio, l'épicéa commun, le pin sylvestre.

Deux traitements sont distingués :

- . le dépressage pour des peuplements de hauteur dominante comprise entre 2 et 8-10 m,
- . la première éclaircie pour les peuplements de hauteur dominante comprise entre 8-10 et 15 m.

La différence entre les essais de dépressage et d'éclaircie se situe surtout au niveau des mesures effectuées.

Deux types de dispositifs expérimentaux sont distingués : les dispositifs dits "simples", sans répétition des modalités, et les dispositifs dits "statistiques", avec au moins 3 répétitions de chaque modalité.

D'un commun accord, les différents partenaires se partagent les tâches d'installation :

- l'IDF installe des essais simples sur douglas, pin laricio et épicéa, en principe en forêt privée, en condition de plaine et de moyenne montagne.
- Le CEMAGREF installe des essais statistiques et simples, en principe en forêt soumise :
 - . Division "Techniques Forestières" de Riom : en moyenne montagne, sur douglas et épicéa commun,
 - . Division "Techniques Forestières" de Nogent/Vernisson: en plaine, sur pin laricio et pin sylvestre.

Les essais étant destinés à étudier l'effet de la première intervention, la durée de suivi fixée est d'environ 12 ans. Compte tenu de cette faible durée, les placettes de mesure doivent être d'une taille minimum de 9 ares pour le cas d'un dépressage et de 11 ares pour le cas d'une éclaircie. Chaque placette de mesure doit être entourée d'une zone d'isolement d'une largeur minimum de 8 mètres, traitée de la même manière.

Une attention particulière est accordée à l'homogénéité de la station, ce qui conduit à prospecter de nombreux peuplements avant de trouver celui propice à l'installation de l'essai souhaité.

Les mesures et notations se font tous les deux ans. Dans les placettes de mesure, chaque arbre est suivi individuellement ; pour de nombreux essais, la position exacte de chaque arbre est connue par un système de coordonnées.

4 types de données sont prélevées :

->Les données dendrométriques :

Dans tous les essais, 2 mesures sont effectuées :

- circonférence à 1,30 m de tous les arbres,
- hauteur des arbres dominants (par définition les 100 plus gros arbres à l'hectare).

->Les données qualitatives :

Elles sont relevées seulement dans les essais de dépressage, en effet, ces données nous ont paru moins importantes pour les essais d'éclaircie, où les arbres ont leur bille de pied déjà "formée" lors de l'installation de l'essai.

Ces notations qualitatives portent sur :

- la rectitude du tronc, notée de 1 à 4,
- l'aspect de la branchaison, noté de 1 à 4,
- le nombre et la hauteur des fourches et des noeuds plongeants.

->Les données économiques :

Lorsque cela a été possible, les temps d'exploitation et les volumes de bois sortis ont été notés, de façon à faire le bilan économique de l'opération.

Ces données sont primordiales pour étudier la viabilité économique de l'opération sylvicole pratiquée.

->Les données techniques :

Il s'agit surtout d'observations qui ont pu être faites lors de l'installation et de la gestion des essais.

RÉSEAU D'ESSAIS D'ÉCLAIRCIES RÉSINEUSES IDF-CEMAGREF
Installations au 1/01/1991

Essence	N° d'essai	Départ.	Type d'essai	Organisme responsable	Densité de plantation	Année plant.	Age / Année install	Ho install	Nbre plac.	N / ha après 1 ^{re} éclaircie
PIN LARICIO	DR 13	50	Dép. simple	IDF	1600	P 78	6 / P 84	2,5	2	T, 800
	DR 31	45	Dép. simple	CEMAGREF Nog	2500	P 78	9 / P 87	4,0	2	T, 800
	DR 19	45	Dép. statist.	CEMAGREF Nog	2500	P 76	11 / P 87	5,0	12	T, 1100, 800, 500
	DR 11	41	Dép. simple	IDF	2500	P 73	11 / P 84	6,0	4	T, 800
	DR 52	60	Dép. simple	IDF	2400	P 79	11 / P 90	6,5	3	T, 800, 500
	DR 16	60	Dép. simple	IDF	2200	P 72	13 / P 85	7,0	2	T, 800
	DR 18	45	Dép. simple	CEMAGREF Nog	2500	P 72	15 / P 87	7,5	5	T, 1100, 800, 500
	DR 15	45	Dép. simple	CEMAGREF Nog	2500	P 72	13 / P 85	8,5	4	T, 900, 800
	ER 27	60	Ecl. simple	IDF	2400	P 71	14 / P 85	9,5	2	T, 800
	ER 45	45	Ecl. simple	CEMAGREF Nog	1800	P 73	16 / P 89	9,5	4	T, 1000, 900
	ER 40	45	Ecl. statist.	CEMAGREF Nog	2500	P 70	18 / P 88	9,5	20	T, 1400, 1100, 800, 500
	ER 64	41	Ecl. simple	IDF	2200	P 73	17 / P 90	9,5	3	T, 700, 500
	ER 42	41	Ecl. simple	CEMAGREF Nog	2500	P 69	20 / P 89	10,5	4	T, 1400, 1100, 800
ER 41	72	Ecl. simple	CEMAGREF Nog	3000	P 66	23 / P 89	12,0	3	T, 1300, 900	
PIN SYLVESTRE	DR 32	45	Dép. simple	CEMAGREF Nog	5000	P 79	11 / P 90	6,0	5	T, 2000, 1500, 1000
	ER 44	67	Dép. simple	CEMAGREF Nog	Semis	P 77	12 / P 89	7,0	4	T, 3000, 2000, 1000
	ER 23	45	Ecl. simple	CEMAGREF Nog	10000	P 67	18 / P 84	9,0	3	3400, 3000, 2000
	ER 24	45	Ecl. simple	CEMAGREF Nog	4400	P 67	18 / P 84	10,0	3	2200, 1900, 1300
	ER 25	45	Ecl. simple	CEMAGREF Nog	2500	P 67	18 / P 84	10,5	2	1300, 1000
	ER 26	45	Ecl. simple	CEMAGREF Nog	1300	P 67	18 / P 84	10,0	1	900
DOUGLAS	DR 12	55	Dép. simple	IDF	1300	P 79	5 / P 84	4,0	4	T, 800, 500
	DR 55	41	Dép. simple	IDF	1000	P 82	7 / P 89	5,0	3	T, 700, 500
	BROU	69	Dép. simple	CEMAGREF Riom	1300	P 76	11 / P 87	6,0	3	T, 800, 500
	DR 17	54	Dép. simple	IDF / FVFE	1600	P 78	8 / P 86	6,5	2	T, 800
	DR 51	03	Dép. simple	IDF	1300	P 76	9 / P 85	7,0	3	T, 700
	DR 56	67	Dép. simple	IDF/FVFE	2000	P 79	11 / P 89	7,0	3	T, 800, 500
	LARUE	87	Dép. statist.	CEMAGREF Riom	1300	P 77	10 / P 87	7,5	12	T, 800, 500
	DR 54	59	Dép. simple	IDF	1900	P 76	13 / P 88	8,5	3	T, 800, 500
	DR 14	63	Dép. simple	IDF	1300	P 73	11 / P 84	9,0	2	T, 700
	DR 53	70	Dép. statist.	IDF / FVFE	1300	P 77	10 / P 87	9,5	10	T, 800, 500
	DR 57	67	Dép. simple	IDF / FVFE	2500	P 77	11 / P 88	9,5	2	T, 500
	LONGEV.	69	Ecl. statist.	CEMAGREF Riom	1300	P 74	13 / P 87	11,5	9	T, 800, 500
	ER 21	55	Ecl. simple	IDF	1100	P 70	14 / P 84	11,5	3	T, 700, 500
	ER 61	59	Ecl. simple	IDF	1600	P 74	14 / P 88	11,5	3	T, 800, 500
	ER 28	60	Ecl. simple	IDF	1300	P 71	14 / P 85	13,5	3	T, 700, 500
ER 63	41	Ecl. simple	IDF	1600	P 71	20 / P 89	14,5	3	T, 700, 500	
ÉPICÉA COMMUN	DR 58	21	Dép. simple	IDF	1800	P 80	9 / P 89	5,0	3	T, 800, 500
	DIENNE	15	Dép. statist.	CEMAGREF Riom	2500	P 68	20 / P 88	7,5	9	T, 1300, 800
	DR 50	60	Dép. simple	IDF	3300	P 73	13 / P 86	8,5	2	T, 800
	MANSON	63	Ecl. statist.	CEMAGREF Riom	2500	P 70	19 / P 89	9,5	9	T, 1300, 800
	ER 20	02	Ecl. simple	IDF	2300	P 67	13 / P 81	10,5	1	1200, 1000, 700, 570
	MAZA	19	Ecl. statist.	CEMAGREF Riom	2500	P 67	19 / P 86	11,0	12	T, 1300, 800, 600
	ER 22	88	Ecl. simple	IDF	3300	P 60	24 / P 85	14,5	3	T, 2000, 1300



Photo CEMAGREF - R. CHEVALIER

Dégradation de la forme du tronc suite à un dépressage intensif sur pin laricio.

Ces observations concernent notamment : l'espacement des cloisonnements, l'observation des chablis, les problèmes sanitaires, la désignation et l'élagage des arbres d'avenir.

LE RESEAU ACTUEL

Le tableau ci-contre présente les installations existantes à la date du 1er janvier 1991.

Les peuplements, support de ces essais, ont été choisis après prospection dans les régions où les essences étudiées sont fortement représentées en peuplements artificiels ; ainsi les essais de pin laricio sont essentiellement en régions Centre, Pays de Loire et Normandie ; les essais de douglas et d'épicéa sont dans l'est de la France et dans le massif central ; les essais de pin sylvestre sont en régions Centre et Alsace (pour cette essence, la Normandie n'a pas été prospectée mais devrait l'être dans les années à venir).

Début 1991, le réseau commun IDF/CEMAGREF comprend 43 essais, regroupant 195 placettes, ce qui représente une surface expérimentale d'environ 50 ha.

La présentation du réseau essence par essence, donne une idée du travail accompli :

Pin laricio

Le réseau est terminé pour cette essence. Les installations comptent 14 essais regroupant 70 placettes, soit environ 18 ha d'expérimentations :

- 8 essais de dépressage dont 1 statistique (hauteur dominante à l'installation comprise entre 2,5 et 8,5 m),

- 6 essais d'éclaircie dont 1 statistique (hauteur dominante à l'installation comprise entre 9,5 et 12,0 m).

Douglas

Le réseau comprend 16 essais regroupant 68 placettes, soit environ 17 ha d'expérimentations :

- 11 essais de dépressage dont 2 statistiques (hauteur dominante à l'installation comprise entre 4,0 et 9,5 m),

- 5 essais d'éclaircie dont 1 statistique (hauteur dominante à l'installation comprise entre 11,5 et 14,5 m).

Epicea commun

Le réseau comprend 7 essais regroupant 39 placettes, soit environ 10 ha d'expérimentations :

- 3 essais de dépressage dont 1 statistique (hauteur dominante à l'installation comprise entre 5,0 et 8,5 m),

- 4 essais d'éclaircie dont 2 statistiques (hauteur dominante à l'installation comprise entre 9,5 et 14,5 m).

Le réseau mériterait d'être complété par 3 essais simples de dépressage, mais la bonne rémunération des premières éclaircies pour cette essence à bois blanc ne milite pas en faveur du dépressage.

Pin sylvestre

Le réseau comprend 6 essais regroupant 18 placettes, soit environ 5 ha d'expérimentations :

- 2 essais simples de dépressage (hauteur dominante à l'installation comprise entre 6,0 et 7,0 m),

- 4 essais simples d'éclaircie (hauteur dominante à l'installation comprise entre 9,0 et 10,5 m).

C'est pour cette essence que le réseau est le moins complet, un effort devrait être fourni pour installer des essais statistiques mais les terrains susceptibles de supporter de tels essais sont rares.

PREMIERS RESULTATS

Les premiers dispositifs installés, suivis donc depuis 6 ans, fournissent des résultats qu'il est possible d'analyser sur le plan qualitatif et quantitatif. Les dispositifs les plus récents n'ont d'intérêt pour le moment que pour l'aspect économique (coût de l'intervention) et technique (risques de chablis et d'attaques de scolytes).

A titre d'exemple, les premiers enseignements de ce réseau pour le pin laricio sont les suivants :

- l'effet de l'éclaircie sur l'accroissement en circonférence à 1,3 m n'est marqué que dans les peuplements de plus de 5 m de hauteur ; même des peuplements assez âgés, qui sont dans un état de forte concurrence réagissent bien. Au sein d'un même peuplement, tous les arbres profitent de l'éclaircie, ce sont les plus gros qui ont les plus forts accroissements.

- un dépressage intensif dans un peuplement de hauteur inférieure à 6 m, provoque une dégradation de la forme du tronc. Une intervention précoce favorise l'accroissement en grosseur des branches, en particulier sur les stations fertiles.

- les risques de chablis sont peu importants et surtout liés aux tempêtes qui pourraient se produire pendant l'année qui suit l'éclaircie.

- les problèmes d'attaques de scolytes sont très importants, ils sont liés aux techniques d'exploitation.

- le coût de l'opération est lié au stade de développement du peuplement, il varie entre 800 F pour un peuplement de 4 m de hauteur et 4000 F pour un peuplement de 8 à 10 m de hauteur.



Photo 2 : Peuplement de pin sylvestre en forêt domaniale d'Orléans, 5 ans après une 1ère éclaircie forte. Photo CEMAGREF - R. CHEVALIER



3



4

Photo 3 : Essai de dépressement d'épicéas de Dienne (15) : densité 500 tiges/ha
Photo 4 : Essai de dépressement de douglas de Brou (69) : densité 500 tiges/ha

Finalement, l'intervention précoce dans un peuplement résineux, se justifie lorsque le gestionnaire forestier a un objectif de sylviculture dynamique ou très dynamique. Les éclaircies suivantes peuvent alors être fortes, sans risque de chablis, ainsi pour un même objectif de production et par rapport à une sylviculture classique, la durée de révolution des peuplements peut être raccourcie. Une donnée reste cependant importante : la qualité des bois produits ; elle n'a pas été étudiée pour le moment dans les dispositifs du réseau mais le sera dans les années à venir.

CONCLUSION

Au total, ce réseau est un lourd investissement de recherche appliquée qui commence seulement à porter ses fruits : comme dans toutes recherches forestières, il convient d'être patient. Il doit permettre dans quelques années de proposer pour chaque essence et selon son stade, selon l'objectif du propriétaire, des éléments de réponse aux questions : "quand dois-je faire ma première éclaircie?", "combien de tiges dois-je enlever ?", "quelles en seront les conséquences ?". Mais outre cet intérêt (immédiat), les milliers de données accumulées avec rigueur sur ces dispositifs sont autant de chiffres qui pourront être utilisés pour la modélisation de la croissance des peuplements et ce réseau peut probablement servir à la coopérative de données qui est en cours de constitution sous l'égide de l'Institut National de la Recherche Agronomique et de l'Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts.

Il convient pour terminer de remercier les gestionnaires forestiers, dont l'Office National des Forêts et les propriétaires forestiers privés sans qui ce réseau n'aurait pu être construit. Ils devraient pouvoir bénéficier rapidement pour leur gestion, des résultats de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

BUFFET M., DUPLAT P. (1980)

Protocole d'observation des dépressages et éclaircies dans les jeunes peuplements résineux - ONF Section Technique - 30 p. + annexes -

CHEVALIER R. (1990)

Pour des sylvicultures du Pin Laricio en Région Centre - CEMAGREF - Rapport de stage BTS - 38 p. + annexe -

CTGREF (1974)

Traitement des peuplements résineux d'origine artificielle - Premières éclaircies - Note technique N° 24 - 24 p. -

DECOURT (1973)

Protocole d'installation et de mesure des placettés de production semi-permanentes CNRF (INRA) - 25p. -

RIOUNIVERT P., GONIN P. (1984)

Expérimentation de dépressage et d'éclaircie forte et précoce dans les plantations de résineux - Protocole détaillé - IDF - 15 p. -

IMPORTANCE ET ROLE DU BOIS DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES DE MOYENNE COMBRAILLE

J.L. GUITTON

Division Techniques Forestières moyenne montagne
Clermont-Ferrand

CONTEXTE DE CETTE ETUDE

La division Techniques Forestières du groupement CEMAGREF de Clermont-Ferrand mène depuis trois ans avec la station INRA de Clermont-Theix des études et expérimentations d'agroforesterie. Il s'agit de définir et mettre au point des associations viables de spéculations agricoles (d'élevage) et de production de bois d'oeuvre.

Le schéma de base, (GUITTON, de MONTARD, 1988) objet des recherches, consiste en la **plantation sur prairie d'une centaine d'arbres à l'ha d'espèces adaptées** susceptibles de fournir rapidement (35-50 ans) des grumes de bois de qualité déroulage-tranchage : des feuillus précieux tels que érables, merisier, frêne, noyers, voire des résineux tels que le mélèze.

Ce schéma comprend :

- la protection contre le bétail dans le jeune âge par des tube-abris,
- des soins à la plantation, un sous-solage si possible, et un traitement herbicide localisé
- la conduite des arbres par des tailles de formation et d'élagage, pour former un fût de 3 à 6 m droit, sain et sans noeuds;
- le maintien d'une flore herbacée productive valorisée par le bétail

Cette association arbre-herbe-bétail doit être profitable et permettre :

- un complément de revenu pour l'éleveur par les aides publiques, une réduction de loyer en contrepartie du travail de surveillance et de taille des arbres et enfin le bois produit s'il est propriétaire;
- un meilleur étalement entre saisons de la production herbacée et sa meilleure valorisation par le bétail qui profite de l'abri des arbres contre les intempéries;

- **le contrôle de la végétation sur des prairies peu chargées en bétail;**

- **le maintien d'une vie rurale active** dans le cadre d'une diversité de productions : bois, lait et viande principalement.

Cette association n'est pas nouvelle puisque des paysages tels que le bocage ou la forêt claire pâturée associent l'arbre et l'agriculture. Cependant, dans la plupart des cas, les productions ne sont pas menées de façon intensive et les produits, surtout le bois, sont de mauvaise qualité.

La volonté de produire à la fois du bois et de l'herbe de bonne qualité conduit à utiliser de nombreuses techniques en dehors de leurs champs traditionnels (GUITTON, BRETIERE, SAAR, 1990) et donc à les tester par des essais en grandeur réelle, ce que le CEMAGREF, avec l'aide financière de la DRAF Auvergne, met en place depuis trois ans. Le résultat de ces études et expérimentations sera la définition d'une méthode d'implantation et de gestion de ces prairies complantées.

L'étude technique n'est pas suffisante car ces nouvelles formes de mise en valeur de la terre doivent pouvoir s'insérer dans l'organisation générale dans le temps et dans l'espace des exploitations agricoles. Des études microéconomiques et sociologiques de régions contrastées de moyenne montagne doivent permettre d'analyser les contraintes des structures agricoles et les freins socioculturels à dépasser pour développer l'agroforesterie.

C'est dans ce contexte que **Alain DUNET**, étudiant de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, a effectué en complément du travail demandé d'analyse des systèmes d'exploitation agricole et de leurs évolution (DUNET, TORRES-MERINO, 1990), une étude de l'importance et du rôle du bois dans les exploitations agricoles de Moyenne Combraille (DUNET, 1990).

Le présent article ne développe que ce dernier aspect.

LA MOYENNE COMBRAILLE

La Combraille est un vaste plateau sur socle hercynien (micaschistes et granite) de 60 km de long pour 20-30 km de large, s'étendant de part et d'autre de la Sioule, au nord-ouest du département du Puy de Dôme. Il est parcouru en son centre par un sillon houillier (bassin de St Eloy-les-mines). Il s'incline du sud vers le nord depuis le Massif du Sancy au sud, jusqu'au Bassin Parisien.

La Combraille est en fait divisée en trois parties par tranches d'altitude :

- au nord, la Combraille Bourbonnaise orientée vers l'élevage bovin viande,
- au sud, la Haute Combraille, séparée par la vallée du Sioulet de la Moyenne Combraille, tournée vers l'élevage laitier,
- au centre, la Moyenne Combraille, comprise entre 600 et 750-800 m d'altitude. Deuxième région agricole du Puy de Dôme par sa superficie (19 % du département), elle n'est pas spécialisée dans une production unique mais présente toutes sortes d'élevage, bovin-lait, bovin-viande, bovin-mixte, bovin/ovin.

Le paysage y est bocager; le climat est océanique frais de par l'altitude ($T = 7^{\circ}\text{C}$, $P = 850$ à 1000 mm); les sols sont relativement légers, acides et pauvres en phosphore.

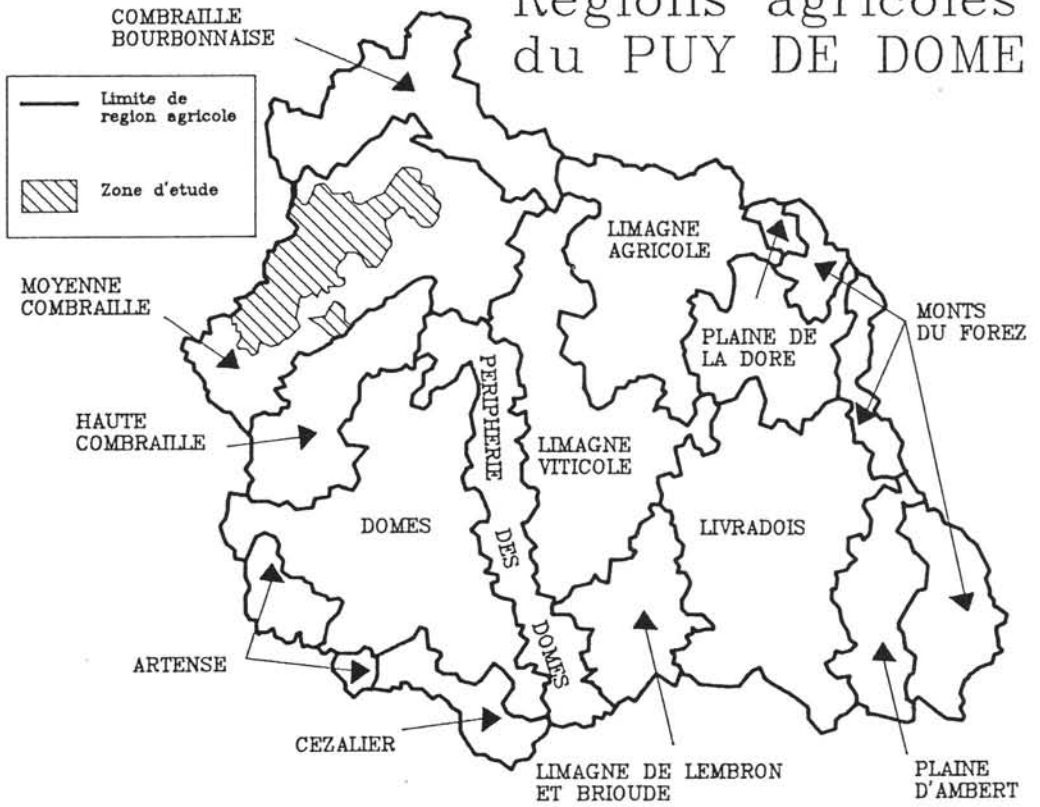
La forêt occupe 28 % de la surface soit un peu moins que la moyenne du département (29,4 %). Les landes et friches couvrent 5 % du territoire; elles sont envahies par le genêt à balais ou les ronces.

Les feuillus sont prédominants (68 %) : il s'agit principalement du chêne, rouvre ou pédonculé (46 %), et du hêtre (10 %). Les conifères sont représentés par le pin sylvestre (14 %) et l'épicéa commun (12 %). Le mode d'exploitation le plus répandu est le mélange taillis-futaie.

91 % de la surface forestière appartiennent à des propriétaires privés. La forêt publique soumise au régime forestier (9 %) est constituée principalement de futaies de conifères.

13 % des bois ont moins de 25 ans : 7,6 % sont des boisements résineux neufs pris sur des terres agricoles et le complément vient de la transformation de taillis.

Regions agricoles du PUY DE DOME



RESULTATS DE L'ENQUETE

Après une reconnaissance de la diversité géographique de la Moyenne Combraille, un territoire limité d'une dizaine de communes a été considéré représentatif. Il est reporté sur la carte de la région : il est compris entre les gorges de la Sioule à l'est, la limite départementale à l'ouest, deux lignes St Gervais d'Auvergne/Espinasse au nord et Pontaumur/St Avit au sud.

L'enquête a été réalisée auprès de 58 agriculteurs, ce qui correspond à un échantillonnage de 1/8. Les principaux résultats sont les suivants :

une constante de propriété boisée dans les exploitations agricoles

Neuf exploitations agricoles seulement, dont cinq en fermage, sont sans bois.

Les 49 exploitations ayant des parcelles boisées ont en moyenne : 51,2 ha de terres et 4,3 ha de bois. Cette moyenne doit être nuancée car la surface de bois est très variable, de 0,5 à 8,7 ha.

Il apparaît une relation entre les surfaces de terre et de bois (coefficient de corrélation de 0,497), qui montre que la taille du bois augmente avec la taille de l'exploitation :

$$\text{surface en bois} = 0,056 \text{ surface agricole} + 1,21 \text{ (ha)}$$

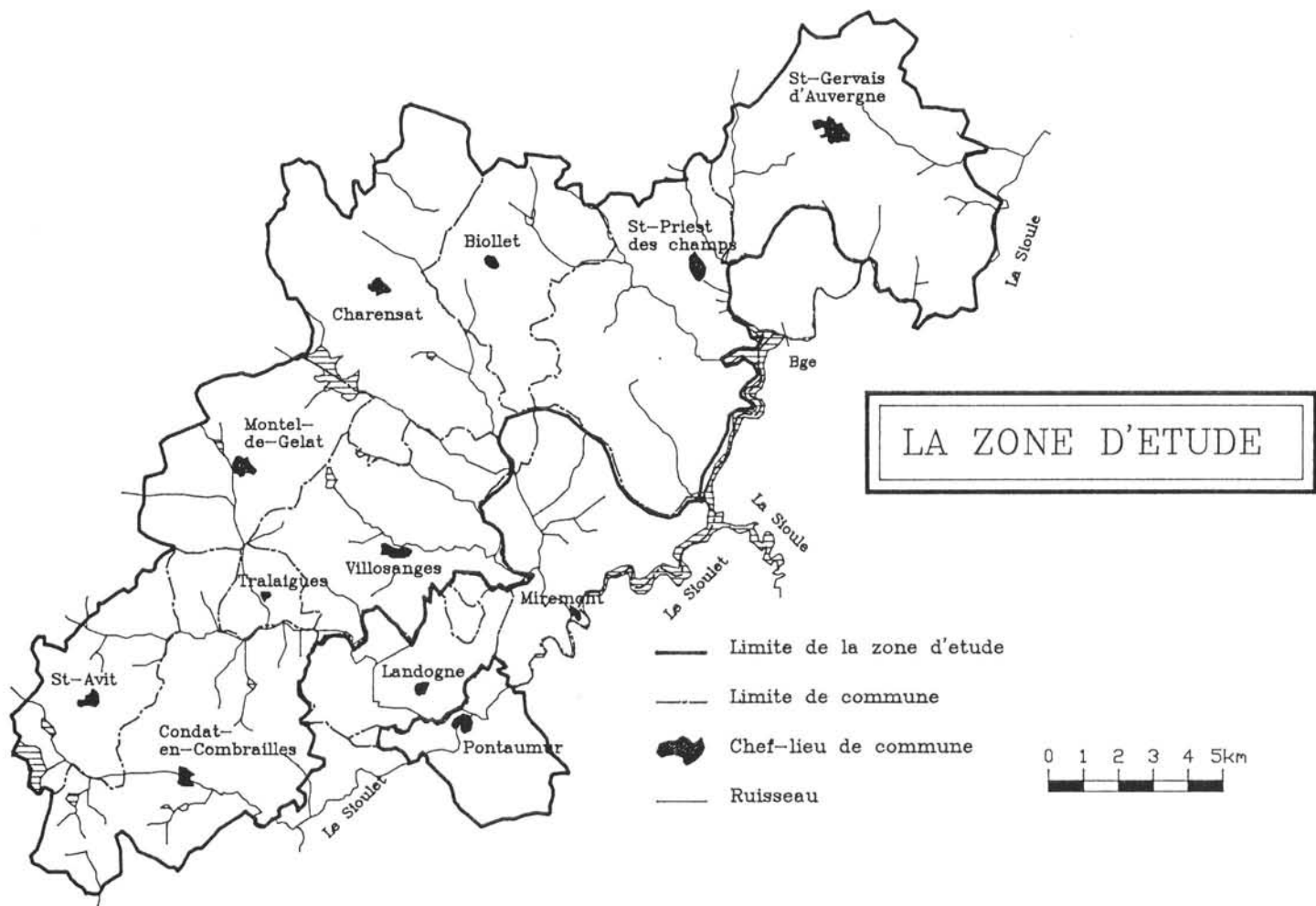
La parcelle moyenne boisée est de 0,85 ha.

Les bois de l'exploitation sont presque toujours d'origine familiale, hérités ou apportés lors du mariage.

la priorité, le bois de chauffage

La composition en essences des parcelles boisées traduit déjà cette priorité. On trouve :

feuillus uniquement	= 22 cas
feuillus/résineux	= 22 cas
résineux uniquement	= 5 cas



Les surfaces de bois en feuillus/résineux sont plus grandes que celles en feuillus uniquement, 6,25 ha contre 2,9 ha. Il s'agit toujours d'une parcelle distincte de conifère adjointe au taillis feuillu. Il semblerait qu'au dessus d'un certain seuil de surface en feuillus, on plante des douglas et épicéas, mais l'examen des plantations récentes oblige à nuancer cette observation :

Sur les 14 agriculteurs qui ont fait des plantations récemment, de petite taille (1,26 ha), 13 ont, en fait, remplacés des peuplements détruits par la tempête de 1982 par des plantations résineuses qui bénéficiaient d'aides.

Les haies et les forêts sectionnales (appartenant à des hameaux ou sections de commune) sont les deux sources de bois de chauffage, souvent les plus importantes, pour les exploitations.

Le capital "haies" n'a pas pu être quantifié au cours de cette étude mais plusieurs renseignements permettent d'en apprécier l'importance : les neuf exploitations sans parcelles boisées s'approvisionnent sans difficultés chaque année en bois dans les haies bordant les terrains agricoles. Les chênes, hêtres, frênes épars au milieu de noisetiers leur apportent, ainsi qu'à la majorité des autres exploitations, la quarantaine de stères nécessaire annuellement.

Il apparaît cependant que le capital s'amenuise, que les haies sont de plus en plus pauvres en arbres de haut-jet qui ne se renouvellent pas. Globalement, le capital bois de chauffage se maintient du fait de l'agrandissement constant des surfaces agricoles par exploitation et par conséquent du linéaire de haies. Le remembrement également qui permet de tripler la taille des parcelles d'exploitation divise d'autant le linéaire de haies et abaisse cette ressource en dessous du niveau d'approvisionnement des agriculteurs.

Pourtant, les éleveurs se déclarent tous attachés au maintien des haies pour la protection des bêtes contre les intempéries et le soleil, pour l'aspect "patrimoine" hérité des parents.

Les sectionnaux. Sur les 48 villages (hameaux) où ont été menées les enquêtes, 26 ont encore des bois sectionnaux. Les autres ont été aliénés pour subvenir à des besoins financiers (électrification, remembrement).

Les 237 ha de bois sectionnaux recensés profitent à 139 foyers (soit 1,7 ha en moyenne par foyer). Ces bois souvent feuillus sont exploités à des rotations variables selon leur contenance et procurent un complément de bois de chauffage. Les quelques grumes récoltées servent à payer des dépenses communes du village.

Majoritairement, un faible recours aux parcelles boisées

Dans cinq cas sur dix, les parcelles boisées ne font l'objet d'aucun entretien, d'aucun prélèvement, excepté quelques piquets de cloture. Le bois de chauffage est alors fourni uniquement par les haies en abattant chaque année quelques gros arbres.

Dans deux cas sur dix, le bois et les haies se complètent pour alimenter l'exploitation en combustible.

Dans deux cas sur dix, le bois de chauffage ne vient plus que des bois. Il s'agit des communes remembrées ou des villages dans lesquels on a arraché beaucoup de haies. Les agriculteurs se contentent seulement de les entretenir pour qu'elles ne s'élargissent pas trop au dépens des champs.

Enfin, dans un cas sur dix, l'agriculteur se chauffe au mazout. Des contraintes de travail, la disparition des haies sont des raisons de cet abandon du bois comme combustible.

Ainsi, si de façon traditionnelle le bois de chauffe provient des haies, leur disparition et leur appauvrissement en grands arbres contraint les agriculteurs à attaquer leur capital forestier ou à passer à d'autres sources d'énergie.

Il s'agit d'une exploitation minière du capital, non d'une gestion incluant des travaux de renouvellement de la ressource.

un chantier important de l'exploitation

En moyenne, le besoin annuel de bois de chauffage est de 35 à 40 stères par exploitation. Cela représente un mois de travail en période creuse après les travaux de l'étable (4 heures par jour en hiver).

L'équipement de base, la tronçonneuse est présent partout. L'équipement plus spécialisé, tailleuse, débroussailleuse, fendeur de bûches, se trouve dans une exploitation sur deux. Les autres les possèdent en CUMA.

Le calendrier du travail du bois et des haies est bien intégré entre les périodes d'activité de l'exploitation agricole :

- décembre à janvier-février : bois de chauffage avant les vèlages,
- mars-avril : entretien périodique des haies et parcelles boisées avant les semis et la mise à l'herbe des animaux,
- juillet-août : reprise du bois pour le fendre, le scier à taille de poêle et le rentrer à l'abri entre foin et moisson.

CONCLUSION

Cette étude cherchait à **cerner les rapports actuels des agriculteurs de Moyenne Combraille avec les arbres des haies ou de bois**. Il apparaît que dans leur majorité :

- la relation à l'arbre est en premier une relation utilitaire pour la recherche de bois de chauffage;

- l'arbre ne se cultive pas, il se récolte : l'arbre rejette de souche ou se sème spontanément dans les haies et après plusieurs décennies on peut l'abattre.

Cette pratique ancestrale semble toutefois mise en défaut par l'appauvrissement de la ressource. Garder intactes les parcelles boisées permettra demain de subvenir aux besoins...

Certains, cependant, ont conscience des divers rôles de la haie, de l'appauvrissement du patrimoine et soignent leurs parcelles boisées.

L'étude voulait également **mesurer le degré de réceptivité à des pratiques agroforestières** :

- l'examen précédent des pratiques actuelles des agriculteurs met en évidence une absence de culture des arbres et des bois, peu favorable à la réalisation annuelle de travaux de taille et d'élagage indispensables en agroforesterie.

- l'état d'esprit général n'est pas favorable à des investissements qui ne soient pas très rapidement productifs et donc à des plantations qui rapportent dans 35-50 ans.

- la taille des exploitations plutôt faible n'incite pas à l'extensification et à des plantations associées.

- enfin cette région a toujours émis beaucoup de réserve aux idées neuves venues de l'extérieur.

A l'inverse, l'extrême diversité des systèmes de production agricole et une assez forte pression foncière doivent obligatoirement faire émerger dans la décennie à venir un système dominant capable de valoriser les quelques atouts microrégionaux . La production de viande bovine semble être la base future, étant donné le retard et les blocages engendrés par les mesures de limitation de la production laitière. Elle pourrait assez facilement, car les terroirs s'y prêtent, être associée à des plantations d'arbres à bois précieux, d'autant que les éleveurs recherchent pour leurs bêtes des abris que les haies ne fournissent plus.

L'étude montre deux exigences pour le développement de l'agroforesterie, le financement des coûts de plantation et de protection et la vulgarisation des méthodes d'implantation et de taille.

Le revenu agricole étant très lié au nombre d'UGB par travailleur (DUNET 1990), la tendance est à la surcharge de travail pour les soins des animaux de plus en plus nombreux. Par ailleurs, on a vu que les périodes creuses sont utilisées à faire du bois de chauffage.

Pour ces raisons, la culture d'arbres à bois précieux doit être également peu coûteuse en main d'oeuvre, mise à part la phase d'implantation qui nécessite une aide et des allègements d'impôts suffisants pour être incitatifs.

Une autre voie de développement de l'agroforesterie serait le soutien à la rénovation du bocage en enrichissant les haies par la plantation d'arbres de haut jet d'essences précieuses.

Dans tous les cas, des incitations financières, des techniques simples et robustes, des formations et un suivi des plantations seront indispensables pour motiver les agriculteurs intéressés et leur permettre de produire du bois d'oeuvre de grande qualité.



Paysage des Combrailles : Chênes éparses dans les haies

BIBLIOGRAPHIE

DUNET A., 1990.

Importance et rôle du bois dans les exploitations agricoles de Moyenne Combraille.
Rapport Groupement CEMAGREF de Clermont-Ferrand, 13 p.

DUNET A., TORRES-MERINO C., 1990

Histoire, évolution et situation actuelle des systèmes de production agricole en Moyenne Combraille
Rapport du stage INA PG-CEMAGREF, Groupement CEMAGREF de Clermont-Ferrand, 222 p.

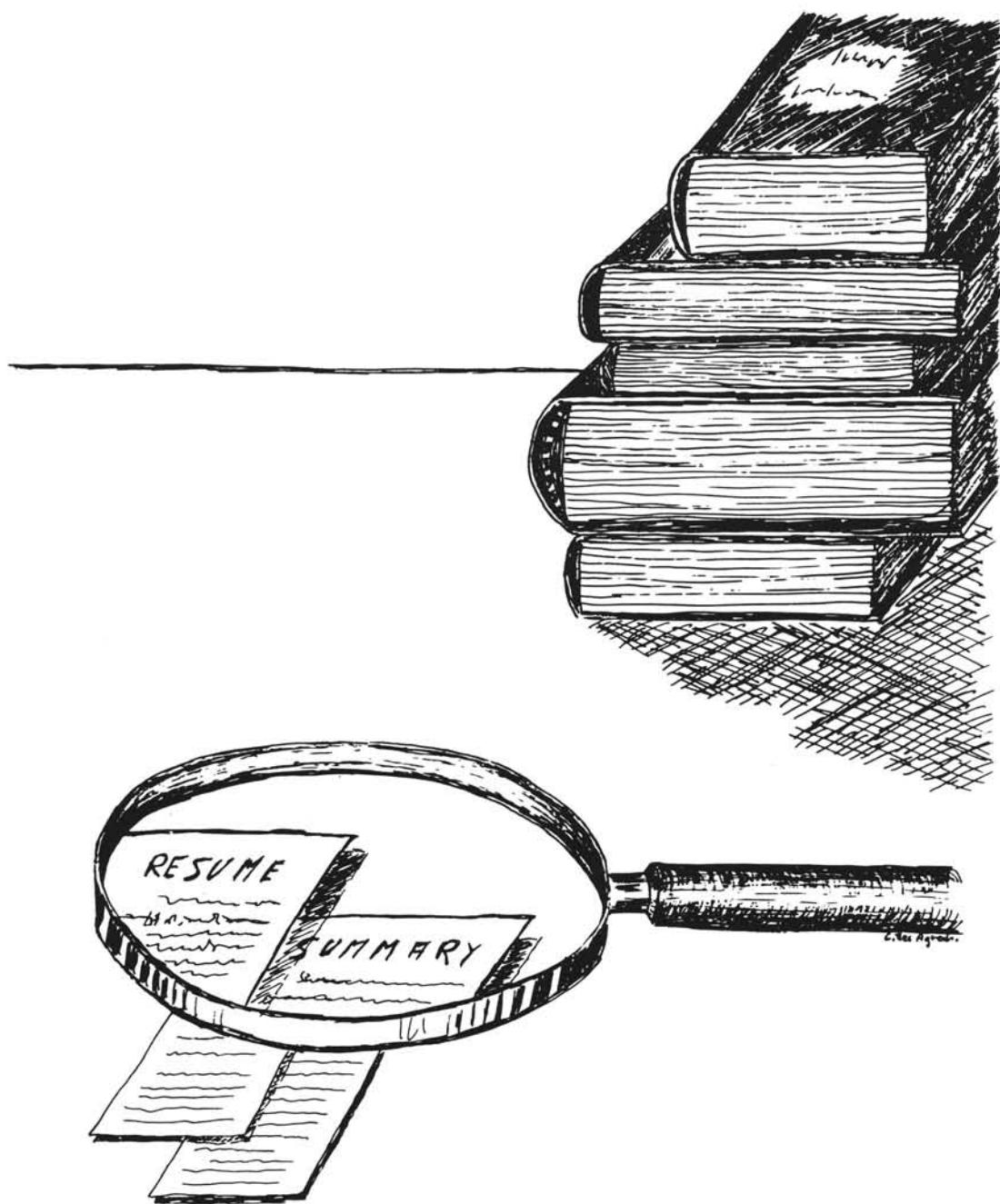
GUITON J.L., DE MONTARD F.X., 1990.

Conception d'une agroforesterie en moyenne montagne.
IUFRO Congrès de Montréal 1990, 14 p.

GUITON J.L., BRETIERE G., SAAR S., 1990.

Culture d'arbres à bois précieux en prairies pâturées en moyenne montagne humide.
Etude n°4 FORET du CEMAGREF, 119 p.

5. Résumés/Summaries



CONTRIBUTION FOR SETTING UP NEW METHODS OF MANAGEMENT OF ROE DEER POPULATIONS

APPLICATION IN THE MASSIF OF THE " LANDES DE GASCOGNE"

BALLON PH., GUIBERT B., MAIZERET CH., BOUTIN J.M.

Managing wild ungulate animals, in which roe deers, obliges to be able to estimate in quantity and quality their populations and to determine the feeding capacity of the biotope. In the Landes de Gascogne, owing to the difficulty to estimate the level of abundance of roe deer, searchers have been looking for some biological parameters (the bio indicators) which could account for the animal pression on the environment.

The analysed parameters are :

- roe deer browsing on maritime pine, the main commercial forest species used in this area,
- roe deer browsing pressure on the main underwood species,
- body condition of roe deer (live weight); it indicates if the population level allows a normal body development.

The article describes the works made in 1990 to estimate as well roe deer population that studied bio indicators to look after a link between the animal abundance and these biological parameters.

After one year of studies good correlations are measured; if they were still verified in 1991, these bio indicators could be used and would make the management of roe deer populations easier.

**CONTRIBUTION A LA MISE AU POINT DE
NOUVELLES METHODES DE GESTION
AUX POPULATIONS DE CHEVREUILS.**

APPLICATION AU MASSIF DES LANDES DE GASCOGNE

BALLON PH., GUIBERT B., MAIZERET CH., BOUTIN J.M.

La gestion des populations des ongulés sauvages dont le chevreuil, nécessite de pouvoir apprécier quantitativement et qualitativement leur population et d'estimer la capacité d'accueil des biotopes.

Devant la difficulté, dans le massif des Landes de Gascogne d'estimer le niveau d'abondance des chevreuils, on s'est intéressé à certains paramètres biologiques (les bioindicateurs) qui pourraient rendre compte de la pression des animaux sur le milieu;

Les paramètres analysés sont :

- le taux d'abrouissement du pin maritime (principale essence forestière du massif) ;

- le taux d'abrouissement des principales espèces végétales du sous-bois ;

- l'indice de condition physique des animaux : leur poids plein permet d'apprécier si le niveau des effectifs conduit à un développement corporel normal.

L'article décrit le travail effectué en 1990 pour estimer tant les populations de chevreuils que les bioindicateurs préssentis afin de rechercher un lien entre l'abaondance des animaux et ces paramètres biologiques.

Il apparait après une année d'étude de bonnes corrélations qui permettraient si elles se vérifient en 1991, d'utiliser à l'avenir ces bioindicateurs et faciliter la gestion des populations de chevreuils.

WEED FIGHT IN FOREST; TECHNICO-ECONOMICAL CONTEXT OF THE USE OF HERBICIDES

C. BARTHOD, M. BUFFET, N. SARRAUSTE DE MENTHIERE

This article aims at precisising technico economical reasons for using herbicides in forest, estimating the actual importance of their utilization and contributing to clarify the debate they arouse.

The main reason for using herbicides is to diminish costs of the works which traditionnaly were manual and selective or mechanical and blind. The stop of the increase of afforestation costs after 1985 is linked to the popularization of these methods for cleanings before and after plantation and for natural restockings. Forest tree nurseries and fire stops are too places of intensive utilization of these products.

In spite of popularization notes, the long time of fabrication of numerous products, herbicides are often bad mastered; their consommation does not increase; supporters and merchants sometimes sustain resounding failures which destroy the confidence in these technics.

Even if the quantity spread in forest is insignificant regarding with the total woodlands area, herbicide user will always come up against the public opinion which refuses all artificial products in this wild and pure sites. He must adapt every application to the complicated ecological context of the forest parcel. Finding the right place of herbicides in the forester panoply is a necessity which will oblige a lot of efforts from research and development organisms.

LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES EN FORET CONTEXTE TECHNICO-ECONOMIQUE DE L'EMPLOI DES HERBICIDES

C. BARTHOD, M. BUFFET, N. SARRAUSTE DE MENTHIERE

L'objectif de l'article est de préciser les raisons technico-économiques de l'emploi des herbicides en forêt, d'estimer l'importance réelle de leur utilisation et de contribuer à clarifier le débat qu'ils suscitent.

Le principal motif de l'utilisation des herbicides est l'abaissement en coût de travaux qui traditionnellement étaient manuels et sélectifs ou mécaniques et aveugles. L'arrêt de l'augmentation des coûts de reboisement après 1985 est très lié à la vulgarisation de ces méthodes tant dans les dégagements avant ou après les plantations que pour les régénérations naturelles. Les pépinières forestières et les pare-feux sont également des lieux d'utilisation intensive de ces produits.

Malgré des notes de vulgarisation, l'ancienneté de la fabrication de nombreux produits, les herbicides sont souvent mal maîtrisés ; la consommation n'augmente pas ; partisans et commerciaux connaissent parfois des échecs retentissants qui font s'envoler la confiance mise dans ces techniques.

Même si la quantité répandue en forêt est insignifiante au regard de la surface boisée totale, l'utilisateur d'herbicides se heurtera toujours à l'opinion qui refuse qu'on touche à ce milieu "sauvage et vierge".

→ Il doit raisonner l'application dans le contexte écologique complexe qu'est chaque parcelle.

→ Trouver la juste place des herbicides dans la panoplie des outils du forestier est une obligation qui nécessite de nombreux efforts des organismes de recherche et de développement.

REARING OF INOCULATED DOUGLAS FIR SEEDLINGS

GENERE B., AMIRAUT J.M.

Artificial inoculation of Douglas fir seedlings with the selected mycorrhizal strain of *Laccaria laccata*, S 238, being well controled, the study concerns the rearing cycle in bareroot nurseries, lasting 2 years. Four trials are described, allowing to separate two main explicative factors, which are the nursery effect (Les Barres or Peyrat-le-Château) and the seedling type (with or without transplanting).

Stem length and ectomycorrhizal development with *Laccaria laccata* on roots, are both measured at the end of each year, by sampling. The final results are varied.

The growth of inoculated seedlings is increased by 32 %, compared to the control, after 2 years at Peyrat-le-Château nursery without any transplanting. This result was gained for the two thirds during the first year of rearing. Conversely, at Les Barres nursery, or for transplanted Douglas fir at Peyrat-le-Château, mycorrhizal inoculation has no significant effect on seedling height.

The mycorrhizal rate on inoculated plots was generally high, at the end of the first growing season. Later, it decreased, until 20 to 50 % in Peyrat-le-Château and less than 10 % in Les Barres. In this last site, 3 to 50 % of the plantable inoculated seedlings had no *Laccaria laccata*, on their root tips, compared to 0-20 %, in Peyrat-le-Château.

At last, conventional transplant had no negative effect on mycorrhizal rate, and a great improvement can even be obtained if the transplant bed is fumigated.

L'ELEVAGE DU DOUGLAS MYCORHIZE AU SEMIS : INFLUENCE DE LA PEPINIERE ET DU TYPE DE PLANT

GENERE B., AMIRAULT J.M.

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 d'une part, et le taux de mycorhization des racines courtes par *Laccaria laccata*, d'autre part, sont mesurés à la fin de chacune des deux années d'élevage, par échantillonnage.

Les résultats obtenus sont contrastés :

→ la croissance des plants inoculés a été améliorée de 32 % par rapport au témoin après deux ans d'élevage à Peyrat-le-Château sans repiquage, ce résultat ayant été acquis pour les deux-tiers en première année. En revanche, sur le site des Barres, ou pour des Douglas repiqués à Peyrat-le-Château, la mycorhization contrôlée n'a pas eu d'effet significatif sur la hauteur.

→ les taux de mycorhization observés sur les modalités inoculées sont généralement élevés en fin de première année. Ils ont ensuite diminué pour atteindre 20 à 50 % à Peyrat-le-Château et moins de 10 % aux Barres, en sortie de pépinière. Sur ce dernier site, 3 à 50 % des plants inoculés sortables ne sont plus mycorhizés par *Laccaria laccata*, contre seulement 0 à 20 % à Peyrat-le-Château. Enfin, le simple repiquage n'a pas eu d'effet dépressif sur le taux de mycorhization final, un effet nettement favorable étant même observable, lorsque les planches de repiquage sont désinfectées.

AN EXPERIMENTAL NETWORK ON FIRST AND EARLY THINNINGS IN CONIFEROUS STANDS

GINISTY C., CHEVALIER R.

Since 1984, the CEMAGREF, in collaboration with IDF (Institute for forest popularization) has been establishing about 50 first thinnings experiments in coniferous stands (Scott and Laricio pines, Norway spruce and douglas).

Thinning a coniferous stand (loosening up when the stand height is comprised between 2 and 8-10m) aims at first diminishing density to concentrate growth on a smallest number of selectionned trees and getting it more stable. Heavy thinnings make lose something in global production but allow a dynamic sylviculture in reducing time to obtain the average wanted diameter.

Studying reactions of the four quoted species to rough interventions (which diminish the density to levels of 500 and 800 stems/ha) is the purpose of comparative simple or statistical tests.

The article describes the protocol of installation and following up in growth and tree form and gives the state of this network at the beginning of 1990 ; it presents the types of results which managers and scientists can expect.

UN RESEAU D'ESSAI SUR LE DEPRESSAGE ET LES ECLAIRCIES PRECOCES DES RESINEUX

GINISTY C., CHEVALIER R.

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

L'éclaircie d'un peuplement résineux (dépressement 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 40 à 600 tiges/ha) est l'objet des tests comparatifs simples ou statistiques.

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

IMPORTANCE AND PART OF WOOD IN FARMS OF THE "MOYENNE COMBRAILLE"

GUITTON J.L.

The development in low mountains of agroforestry, especially associations on the same land of breeding and culture of forest trees to product great quality timber wood, requires adjusting adapted technics ; it demands knowledge of abilities too to insert them in farm systems and of traditionnal links between farmers and trees.

It is why Alain DUNET achieved, as part of his final stage for INA-PG, an analysis of the importance and part of wood in farms of the "Moyenne Combraille" (Puy de Dôme).

After a description of this area of Auvergne, the article presents the main conclusions of the study :

→ Hedges, first of all, woods of the farm and of the village furnish fire wood used by nine farmers per ten.

→ Cutting down trees and shaping some fourty steres of wood annually burnt constitute a big work for around one month well inserted in the farming calender.

→ Relations with trees are mainly mining crop of wood. It means an impoverishment of the capital, little perceptible because of the diminution of the population. Workings to care and improve woods are scare.

In spite of the omnipresence of trees, the farmers of this country are consequently little prepared to innovate in plantations of grazed pastures for a parallel production of timber wood. Moreover, schemes of farm evolution are always traditionnal ones for specialization. Soil and farm structures are inversely more favorable.

Agroforestry must stand on simple and safe techniques, effective popularization and plantation subsidies.

IMPORTANCE ET ROLE DU BOIS DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES DE MOYENNE COMBRAILLE

GUITTON J.L.

Le développement en moyenne montagne de pratiques agroforestières, d'associations sur un même terrain de l'élevage et de la culture d'arbres d'espèces forestières pour la production de bois de grande qualité exige la mise au point de techniques adaptées; il nécessite également la connaissance des possibilités d'insertion dans les exploitations agricoles et des liens traditionnels des agriculteurs avec l'arbre.

C'est dans cet esprit que Alain DUNET a réalisé dans le cadre de son stage de fin d'étude de l'INA-PG une analyse de l'importance et du rôle du bois dans les exploitations agricoles de Moyenne Combraille (Puy de Dôme).

L'article, après avoir décrit cette région d'Auvergne, présente les principales conclusions de l'étude :

→ Les haies en premier lieu, les bois de l'exploitation et les bois sectionnaux (des hameaux) fournissent le bois de chauffage utilisé par neuf agriculteurs sur dix.

→ Le travail d'abattage et de façonnage des quelques quarante stères consommés annuellement constitue un gros chantier d'environ un mois qui s'insère bien dans le calendrier de l'exploitation.

→ La relation à l'arbre est essentiellement la récolte minière du bois. Elle se traduit par un appauvrissement du capital, peu perceptible du fait de la diminution de la population. Les travaux d'entretien et d'amélioration des bois sont rares.

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 doit s'appuyer sur des techniques simples et sûres, une vulgarisation efficace et des aides à la plantation.

**FOREST IN THE CANTON OF "LA CHAISE-DIEU" (AUVERGNE)
AN EXAMPLE OF PRODUCTION AND EMPLOYMENT
POTENTIAL**

GUITTON J.L.

Among the four areas studied by the CEMAGREF in Auvergne to appreciate farmlands forsaking, the canton of "La chise-Dieu" takes a particular place by its high woodlands rate, because the greater part of the 10 500 ha of forest is an adult fir woodland. The importance of forest and wood sector for local economy has conducted to study precisely the wood production structure and links with the transformation industry.

The article summaries the conclusions of the J.M. ESCURAT's study.

So long as fir woodlands, with its average growing rythm and site conditions has one of the highest productions of France (10-12 m³/ha/y), private owners (there are only 500 ha of public woodlands) have a conservative behaviour : they continue to constitute a patrimony and the crop is only half the production. Stands have a very great capital since one can count 407 m³/ha, what in a next term could create windfalls and sanitary problems if they were not limited by the very parcellised structure. First transformation industry employs only one hundred persons (whose farmers in dual employment); it is constricted to grow and limits employment.

Adopting a new sylviculture more dynamic which would crop the equivalent of the annual production (100 000 m³) could create about sixty new posts; it would give the wood sector the right place regarding with the occupied surface. It is not impossible but it is necessary to suppress numerous jamming points.

LA FORET DU CANTON DE LA CHAISE DIEU UN EXEMPLE DE POTENTIEL DE PRODUCTION ET D'EMPLOIS

GUITTON J.L.

Parmi les quatre petites régions étudiées par le CEMAGREF en Auvergne pour apprécier les risques de déprise agricole, le canton de La Chaise Dieu occupe une situation particulière par son fort taux de boisement (60 %) parce que la majeure partie de 10 500 ha de forêt est une sapinière adulte récoltable.

L'importance de la forêt et de la filière bois pour l'économie locale a conduit à étudier de façon précise la structure forestière, la production et la liaison avec les industries de transformation.

L'article résume les conclusions du rapport de J.M. ESCURAT :

Tandis que la sapinière de par son âge moyen et les conditions de production a un rythme de croissance des plus faibles en France (10 à 12 m³/ha/an), les propriétaires privés (il n'y a que 500 ha de forêt publique) ont un comportement conservateur de constitution de patrimoine et ne récoltent qu'une petite moitié de cette production. Les peuplements sont surcapitalisés puisqu'on y compte en moyenne 407 m³/ha, ce qui à terme entraîne des risques phytosanitaires et de chablis heureusement limités par la structure très parcellisée.

L'industrie première de transformation qui n'emploie qu'une centaine de personnes (dont des agriculteurs double actifs) est gênée pour accroître ses capacités et limite les emplois.

L'adoption d'une sylviculture plus dynamique qui récolterait l'équivalent de la production annuelle soit 100 000 m³/an permettrait de créer une soixantaine d'emplois nouveaux et de donner à la filière bois la place qu'elle mérite dans ce canton ; cela n'est pas impossible mais nécessite de supprimer de nombreux blocages.

FOREST SITE STUDY : CONTRIBUTION OF PEDOLOGY AND FOREST DYNAMISM

HUBERT A.

This paper presents the methodological aspects of a forest site study in southwestern France, on the foothills of the pyrenean mountains.

First, because of the past history of fluvial deposits in the Quaternary period, it is compulsory to take into account the paleosol for site evaluation.

Second, due to the human utilisation of this forested territories, it is necessary to study vegetation with tools related to vegetation dynamics, such as successions.

**TYPOLOGIE DES STATIONS FORESTIERES :
APPORT DE LA PEDOLOGIE
ET DE L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE FORESTIERE**

HUBERT A.

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.

**ENVIRONMENT IN THE EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY
JUST BEFORE THE UNITED EUROPEAN MARKET, LESSONS
OF THE PAST**

DE MONTGOLFIER J.

Basing on what arrived in France during the nineteenth century because of the unification of weights and measures and interior frontiers suppression, the author intends imagining what could happen in Europe after the opening of the united European market.

The concurrence between french regions has led to a positive specialization or a regressive one in the most defavorished countries where rural depopulation appears. Individual production and property rights were exacerbated; a lot of common land developments in various uses have disappeared. Intensification which has followed specialization meant a management by sectors; it has bad effects, does not take into accounts no marketable uses, degrades environment and makes disappear potential uses in the short and long terms.

The author pleagues for setting up a patrimonial management of environment conducted by the concepts of sites conservation and sustainable development. Contrarily to the management by sector, it decentralizes. Nations and E.E.C. should take action and form institutions to set up this patrimonial management. It is a challenge for Europe !

L'ENVIRONNEMENT DANS LA CEE A LA VEILLE DU MARCHE INTERIEUR DE 1992, LES LEÇONS DU PASSE

DE MONTGOLFIER J.

A l'image de ce qui s'est passé en France au XIX^{ème} siècle par l'unification des poids et mesures et la suppression des frontières intérieures, l'auteur se propose d'imaginer ce qui pourrait arriver en Europe après l'ouverture du marché unique européen.

La concurrence entre régions françaises a conduit à une spécialisation positive ou régressive dans les régions les plus défavorisées où est apparu l'exode rural. En exacerbant la production individuelle et le droit de propriété, de nombreuses mises en valeur sélectives en multiusage ont disparu. L'intensification qui a suivi la spécialisation s'est traduit par une gestion par filière dont les effets dommageables sont la non prise en compte des usages non marchands, la dégradation de l'environnement et la disparition d'usagers potentiels immédiats ou à long terme.

L'auteur plaide pour la mise en place d'une gestion patrimoniale de l'environnement liée aux concepts de la conservation des milieux et de la reproductibilité des ressources. A l'inverse de la gestion par filière, ce fonctionnement est décentralisateur. Les états et la CEE doivent prendre les mesures et créer des institutions pour mettre en place cette gestion patrimoniale. C'est un défi que doit relever l'Europe en 1992.

UTILIZATION OF WASTE WATERS IN MEDITERRANEAN FOREST : RESULTS OF THE TRIAL OF COGOLIN

RIPERT C.

The trial of Cogolin aims principally at testing in situ the possibility and interest of spreading waste water in mediterranean forest after a more and less heavy treatment in a purification station. Woodlands owing to the activity of their ecosystems, particularly their soils, could absorb and purify summer supplementary sewage effluents; they could perhaps valorize them in increasing the growth of forest vegetation. This method does not conduct to downstream pollution and tree poisoning.

The article describes the trial of Cogolin (Var), its functioning during six years, the observed features.

It concludes that spreading waste waters in forest to unblock in summer overloaded stations is possible, efficient, without ecological danger. The restrictions to develop this method come from bad adaptation of mediterranean forest stands to technical constraints (station proximity, topography...)

UTILISATION DES EAUX USEES EN FORET MEDITERRANEENNE BILAN DE L'ESSAI DE COGOLIN

RIPERT C.

L'expérimentation de Cogolin a pour objectif principal de tester en site la possibilité et l'intérêt de l'utilisation en forêt méditerranéenne d'eaux usées domestiques après un traitement plus ou moins poussé en station d'épuration.

L'espace forestier grâce à l'activité de son écosystème et plus particulièrement de son sol pourrait absorber et épurer les effluents supplémentaires ; il pourrait peut-être les valoriser par un gain de croissance de la végétation forestière. Ce processus ne doit cependant pas induire de pollution à l'aval ni de dépérissement forestier.

L'article décrit l'essai de Cogolin, son fonctionnement pendant 6 ans, les caractéristiques observées.

Il conclut que l'épandage d'eaux usées en forêt pour dégager en période estivale des stations surchargées est possible, efficace, sans danger écologique. Les restrictions du développement de cette méthode tiennent à la mauvaise adaptation du peuplement forestier aux exigences techniques (proximité de la station, conditions topographiques...)

**A TRAP FOR LARGE PINE WEEVIL (HYLOBIUS ABIETIS L.)
(COLEOPT.; CURC.) POPULATIONS MONITORING**

SAINTONGE F.X, MALPHETTES C.B.

The describes experiment (carried out in 1990) was the first step of a study aimed to develop a method for forecasting the large pine weevil attacks in young reforestation areas.

The used trap was designed by swedish scientists. It is of pitfall type with a lure containing kairomones.

In this paper, the authors show that this trap design catches a valuable quantity of weevils provided that lure would be replenished once very week, in the french latitudes.

This trap seems to attract the weevils from a few meters. A patttern with 20 traps would be suitable to reflect the density evolution of the insect populations, in the field during the growing season.

**UN PIEGE POUR SURVEILLER LES POPULATIONS D'HYLOBES
(HYLOBIUS ABIETIS L.) (COLEOPT.; CURC.)**

SAINTONGE F.X, MALPHETTES C.B.

Les auteurs rapportent les résultats d'une campagne de piégeage faite à l'aide de pièges artificiels appâtés 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.

**CHEMICAL CONTROL TRIAL AGAINST MELAMPSORA
PINITORQUA ROSTR.
TEST OF THE EFFICIENCY OF SIX FUNGICIDES.**

SOUTRENON A.

The pine rust Melampsora pinitorqua Rostr. poses a serious problem in young pine plantations because of permanent deformations and drying up of shoots.

The study described in this article sets the evaluation of chemical control trials carried out in 1989 for the first time in France on Scots Pine. The efficiency of six fungicidal products (propiconazole, flutriafol, fenpropimorphe, triadimefon, oxycarboxine, mancozobe) has been tested and compared.

Results are the very sharp efficiency of triadiméfon (from the triazole family) towards this rust; they show that this disease can be well controlled by only one preventive triadimefon treatment made at the beginning of the sensible degree of pines (phenological stage B 2)

The results of the complementary trials made in 1990 confirm the efficiency of triadimefon, in fact with the smallest tested dose and the lowest brought solution; besides, they reveal that Scots Pine can be infected till 2.50 m in hight at the least.

**ESSAI DE LUTTE CHIMIQUE CONTRE LA ROUILLE
COURBEUSE DES PINS - TEST D'EFFICACITE DE SIX
MATIERES ACTIVES FONGICIDES.**

SOUTRENON A.

La rouille courbeuse des pins (Melampsora pinitorqua Rostr.) pose un sérieux problème dans les jeunes plantations (déformations permanentes ou dessèchement 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 très nette efficacité du triadiméfon (familles des triazoles) vis à vis de cette rouille ; ils soulignent qu'une bonne maîtrise 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.

**THE CHOICE OF A POPLAR' CLONE FOR PLANTATIONS
SUBSIDIZED BY NATIONAL FUND FOR FORESTRY.**

TERRASSON D., DEBOISSE G.

To be subsidized by National Fund for Forestry owners must choose poplar's clones from a list established for each administrative region.

Those lists have been renewed in 1990 in order to avoid main pathological events, but also to reduce the commercialization of oldest and low productive varieties.

Advices are given for the choice of poplar clones according to edaphic conditions, with a particular attention to recently registered cultivars.

**LE CHOIX D'UN CULTIVAR DE PEUPLIER DANS LES
REBOISEMENTS FINANCES PAR LE FONDS FORESTIER
NATIONAL**

TERRASSON D., DEBOISSE G.,

Pour bénéficier des subventions de l'Etat, les clones de peupliers doivent être choisis sur une liste limitative qui varie selon les régions administratives.

Cette liste a été modifiée afin d'éviter l'apparition de problèmes pathologiques, mais aussi de limiter la diffusion de variétés anciennes peu productives.

Des conseils sont donnés pour le choix du clone en fonction de la station, en insistant sur les variétés inscrites récemment.

**THE USE OF CONTAINERIZED PLANTS OUTWITH THE
MEDITERRANEAN REGION
RESULTS OF TWO EXPERIMENTS USING CORSICAN PINE
(PINUS CORSICANA LOUD).**

VALLEE B.

The use of containerized forest plants is increasing, even in areas outwith the mediterranean region of France. Two experiments were set up in the winters of 1985-86 and 1986-87 by the "Division Techniques Forestières" of the CEMAGREF, Nogent-sur-Vernisson. Both experiments used Corsican pine seedlings, and took into consideration the factors of plant type, (i.e. "Hiko", "Fertiss", "Paperpot", and bare-rooted) and the date of planting (November, March and May).

Differing results were found in the two experiments, when comparing the survival and height growth of bare-root trees and containerized trees. However the results showed that there was no significant differences in survival and height growth between the varying types of container. In one experiment, the survival and height growth of all types of plants was shown to be superior if the plants were planted in autumn, rather than in spring.

In order to study the root systems of each plant treatment, plants were lifted in the autumn of 1989. It was observed that containerized plants had in the main tap roots and a good spacial distribution of lateral roots, the majority of bare-rooted plants had I shape roots.

**UTILISATION DE PLANTS EN CONTENEURS HORS REGION
MEDITERRANEENNE
RESULTATS DE DEUX ESSAIS SUR PIN LARICIO DE CORSE**

VALLEE B.

L'utilisation de plants éduqués en motte ou en conteneur connaît 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.

*achevé d'imprimer
sur les presses de l'imprimerie bialec
54000 nancy, en août 1991
d'après documents fournis*

"Études" du CEMAGREF, série Forêt n° 6, **Annales 90. Département Forêt** - 1991, 1^{re} édition, ISBN 2-85362-242-8. Dépôt légal 3^e trimestre 1991 - Coordonnateur de la série : Jean-François Lacaze, chef de département - Photo de couverture : J.F. Abgrall, CEMAGREF - Impression : imprimerie Bialec, 54000 Nancy - Edition et diffusion : CEMAGREF-DICOVA, BP 22, 92162 Antony Cedex, tél. (1) 40.96.61.32 et CEMAGREF Clermont-Ferrand, division Techniques forestières, Domaine de Lалуas, 63200 Riom, tél. : 73 30 20 52 - Prix : 200 F TTC