

CHOIX DES ESSENCES ET TECHNIQUES DE REBOISEMENT

Sommaire

	Pages
Rapport introductif	90
I. — Choix des essences	91
1. — Les résineux	91
A. — Les pins	91
<i>Fiche : Essences indigènes, essences exotiques</i>	91
a. — Le pin laricio	92
b. — Le pin d'Alep	92
c. — Le pin sylvestre	92
d. — Le pin des Canaries	92
B. — Le cèdre	92
C. — Le mélèze	92
<i>Fiche : Le pin noir, aperçu sur sa sylviculture</i>	93
<i>Fiche : Programme cèdre I.N.R.A.....</i>	94
<i>Fiches : Programme cyprès</i>	94
<i>Programme sapins méditerranéens I.N.R.A.....</i>	95
2. — Les essences à croissance rapide	96
<i>Fiche : Essences pouvant croître rapidement en zone méditerranéenne française A.F.O.C.E.L</i>	96
Les eucalyptus	98
<i>Fiche : Programme eucalyptus I.N.R.A.</i>	98
<i>Fiche : L'expérimentation A.F.O.C.E.L sur les eucalyptus en zone méditerranéenne française</i>	99
3. — Les feuillus	100
A. — Les chênes méditerranéens	100
B. — Les feuillus précieux	100
a. — Le noyer	100
b. — Le merisier	101
c. — Les autres feuillus	101
C. — Essences améliorantes	101
a. — Les acacias	101
b. — L'aulne à feuille en cœur	101
D. — Les arbres fourragers	101
<i>Fiche : Arboretums de l'Estérel I.N.R.A.</i>	102
II. — Techniques de reboisement	105
1. — Mycorhizes	105
<i>Fiche : Intérêt de la mycorhization contrôlée en zone méditerranéenne</i>	105
A. — Résistance à la sécheresse	106
<i>Fiche : Influence du régime hydrique sur les équilibres mycorhisiens chez le pin maritime en conditions expérimentales sur deux types de sols landais</i>	106
<i>Influence de la mycorhization contrôlée sur l'« efficience » de l'eau chez le pin maritime en conditions expérimentales</i>	106
B. — Résistance au calcaire	106
C. — Pratique de la mycorhization	107
2. — Enrichissement et placeaux de dissémination	108
3. — Engrais et fertilisants	109
A. — Essais du C.E.M.A.G.R.E.F.	109
B. — Essais de Mérindol	110
C. — Fertilisation ou pas ?	110
D. — Fertilisation en pépinière	110
E. — Matière organique — litière	111
F. — Cultures intercalaires amélioratrices	111
4. — Préparation du sol et plantations	111
<i>Fiche : — Pédologie. Préparation du sol et choix des essences dans les Alpes du Sud</i>	111
— Principes fondamentaux de travail du sol	112
— Plantations	113
5. — Irrigation et limitation des pertes en eau	114
A. — Irrigation	114
B. — Paillage	114
C. — Hydrorétenteurs	114
6. — Autres questions techniques	115
III. — Compte rendu de la tournée	116
1. — Le reboisement des Blaquières	116
2. — Les reboisements du Massif de la Gardiole	120
Conclusion générale	122

Le groupe de travail « Choix des essences et techniques de reboisement » a été animé par

Daniel ALEXANDRIAN,

Ingénieur civil des forêts.

Division Protection des forêts contre l'incendie
Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts.

Groupement d'Aix-en-Provence.

Le Tholonet
13603 Aix-en-Provence cedex

et **Pierre FERRANDES**

Directeur du domaine expérimental de l'Institut national de la recherche agronomique
83230 Bormes les mimosas

assistés de

Bruno LE VOYER

Ingénieur écologue.

Association « Espaces forestiers méditerranéens »
6, rue Sainte Ursule
04200 Sisteron

Rapport introductif

par Daniel ALEXANDRIAN

Chers amis,

Une fois n'est pas coutume, permettez-moi de commencer cette introduction par la lecture de trois courts textes un petit peu techniques, que je soumets à votre réflexion.

Premier texte : *Le cèdre, faut-il le semer ? Faut-il le planter ? Au bout de 6 mois de végétation dans un sol bien meuble, comme celui des pépinières, le cèdre a une racine pivotante d'une longueur de 20 à 25 cm. La transplantation exige alors des soins particuliers et devient impossible lorsque le sol a peu de profondeur. D'autre part, tous les cèdres élevés en pot garnissent l'intérieur de racines enchevêtrées les uns aux autres. Pour les transplanter, on leur fait subir des mutilations fâcheuses, et ils ne deviennent pas des arbres aussi beaux et aussi vigoureux que ceux que le hasard fait naître en liberté et en massif. Aussi, le semis de cèdre est préférable à la plantation pour reboiser plus rapidement, plus sûrement et plus économiquement.*

Deuxième texte : *La récolte de graines de pin d'Alep. La sécherie d'Aubagne, qui appartient au département des Bouches du Rhône, délivre gratuitement des graines de pin d'Alep aux habitants du département qui veulent reboiser des terrains leur appartenant. Les cônes proviennent des forêts situées dans les communes voisines et sont ramassés le plus souvent par les gardes forestiers et des personnes qui se joignent à eux. Il résulte d'expériences faites dans les forêts des environs d'Aubagne, que les graines de la sécherie ont toujours donné de meilleurs résultats que celles qui venaient de partout ailleurs. Il faut l'attribuer à la qualité du séchage pratiqué; peut-être aussi au fait qu'elles proviennent de cônes cueillis sur des arbres de la localité, qui ont cru dans les mêmes terrains que ceux dans lesquels elles sont semées.*

Troisième et dernier texte : *Le pin laricio de Corse. Le pin laricio de Corse s'accorde assez de toutes les terres, mais quelles sont celles qu'il préfère ? Monsieur Pépin lui désigne les terrains calcaires et siliceux. Monsieur Dupuis, professeur à Grignon, les terrains granitiques et siliceux. Monsieur Lorentz, dans son cours de culture des bois, complété par Monsieur Parade, dit qu'un sol léger est celui qui lui convient le plus. Le professeur de Nancy, Monsieur Mathieu, croit trouver les meilleures conditions dans les graviers argileux résultant de la désagrégation et de la décomposition des terrains. On doit toutefois se ranger à l'opinion de Monsieur De Saporta qui pense que le terrain le plus favorable à la culture du laricio est une terre profonde, un peu fraîche; il vient à toute exposition, préfère le Nord, se plait dans les terres fortes, les sables gras et même l'argile, et il dépérît dans les sols calcaires, desséchés et brûlants.*

Voilà. Comme vous avez pu vous en douter, ces textes ne sont pas récents. Ils ont été écrits entre 1860 et 1870 et sont extraits de la Revue agricole et forestière de Provence, qui est un peu l'aïeule de notre revue Forêt méditerranéenne.

Mon intention, en vous les lisant, était de vous montrer que, malgré le temps, ils conservent un certain caractère d'actualité, car bon nombre des questions posées ne sont pas définitivement résolues et sont encore à l'ordre du jour :

— l'élevage des plants en conteneurs,

- la sélection et la récolte des semences,
- les exigences écologiques des essences de reboisement.

Et je puis vous assurer que j'aurais pu multiplier les citations.

Que faut-il en conclure ? Le savoir forestier a-t-il peu progressé depuis plus d'un siècle ? A-t-il même quelque peu régressé dans certains domaines où des techniques traditionnelles sont tombées en désuétude pour être « redécouvertes » aujourd'hui ? Il est effectivement indéniable que depuis l'époque glorieuse des reboisements des Alpes, du Ventoux et de l'Aigoual, il y a eu plusieurs dizaines d'années marquées par une perte d'intérêt pour la forêt méditerranéenne. Votre présence ici, et le nombre d'inscrits au groupe 1 « Choix des essences et techniques de reboisements » que j'ai le plaisir d'animer avec Pierre Ferrand et Bruno Le Voyer, démontrent heureusement que ce n'est plus le cas aujourd'hui. Depuis 15 ans, en effet, les travaux de recherche ont repris dans la région et commencent à porter leurs fruits. Les méthodes de reboisement ont également évolué. Récemment, les aides de la Communauté européenne sont venues amplifier les efforts déjà entrepris.

Tout ceci est très positif et très encourageant. Gardons-nous malgré tout d'être trop optimistes car il y a plusieurs ombres au tableau et je crois qu'il faut aussi les rappeler, même si l'on s'agit parfois de banalités.

— Tout d'abord, on constate une certaine uniformité des reboisements, notamment dans le choix des essences. En Provence-Alpes-Côte d'Azur, qui est la région que je connais le mieux, le pin noir d'Autriche et le cèdre de l'Atlas occupent à eux seuls plus des 2/3 des plantations.

— Cette uniformité, c'est évident, augmente le risque de propagation de maladies ou de parasites sur de grandes surfaces.

— Ce risque vient s'ajouter à celui déjà élevé que fait peser en permanence le danger d'incendie, réduisant à un faible nombre d'années, dans les secteurs les plus exposés, l'espérance de vie des arbres mis en terre.

— Enfin, les objectifs des reboisements et les techniques employées ne sont pas toujours parfaitement accordés. Dans l'arrière-pays méditerranéen, soumis à une sécheresse atténuée, l'objectif de production de bois est généralement très clair et ne présente aucune ambiguïté. Par contre, dans la zone littorale, il cède souvent la place à d'autres objectifs, notamment aux soucis de protection des sols ou d'amélioration du paysage. Le gestionnaire doit alors être amené à modifier ou adapter ses méthodes de travail, comme il le fait pour la Restauration des Terrains en Montagne.

L'idée maîtresse qui s'est d'ailleurs dégagée des réunions du groupe préparatoire à ces rencontres — et ce sera ma conclusion — est que le forestier méditerranéen, quelle que soit sa passion pour les arbres, doit prendre garde à ne pas considérer le reboisement comme une finalité en soi, mais comme une action d'aménagement répondant à un but bien précis et dotée de moyens suffisants pour être garantie de succès. Cette idée en a une autre pour corollaire, qui peut se résumer en trois mots : « peu mais bien ».

Merci de votre attention. Je vous souhaite d'avoir trois journées d'échanges très fructueux.

I. — Choix des essences

Sur ce sujet, particulièrement important, la plus grande partie de l'information technique disponible figure dans les fiches rédigées au préalable et n'est pas reprise lors des Rencontres. Par souci d'efficacité, la sylviculture des peuplements existants est volontairement écartée, mais le souhait est formulé qu'une plus large place leur soit accordée lors de prochaines Rencontres. Finalement, les débats portent davantage sur des essences secondaires ou sur des questions plus complexes souvent sans réponse. Une interrogation a été lancée sur l'intérêt d'introduire des essences exotiques en grand nombre et sans objectifs précis (M. Etienne). Cependant, certaines d'entre elles peuvent présenter de très bons **potentiels génétiques** et avoir dans certains domaines des qualités supérieures aux essences locales, comme c'est le cas de la plupart des plantes cultivées dans le domaine agricole (R. Chabrol). Elles peuvent aussi servir d'**essences pionnières**, de façon transitoire, grâce à leur rusticité dans des conditions de sol dégradé (Y. Birot). L'**objectif de l'aménagement doit donc être clairement défini**, la même essence pouvant être utilisée dans des conditions différentes avec des objectifs différents (D. Alexandrian).

1. — Les résineux

A. — Les pins

Pierre Choillot propose que nous recherchions parmi les pins à deux feuilles (*laricio, salzmann, brutia, eldarica, pithyusa*) et à cinq feuilles (*griffith*) des remplaçants éventuels du pin d'Alep et du pin maritime. Selon Yves Birot, les pins américains sont décevants, mis à part des origines du Sud Est. Tous les pins sont sensibles à la processionnaire, le pin pignon étant le plus résistant. Certaines races de pins maritimes sont résistantes au *matucoccus* (origines du Sud de l'Espagne, Cuenca, et du Nord du Maroc, en altitude, Tamjout). D'autre part, le *Pinus insignis* (ou *P. radiata*) s'avère souvent inadapté à nos conditions.

Essences indigènes, essences exotiques; L'opinion d'un lecteur

La revue Forêt méditerranéenne publie (naturellement, et à juste titre) des articles sur les essais de plantation d'essences allochtones à la région méditerranéenne française.

Personne n'a encore souligné les risques liés à l'introduction des essences exotiques (eucalyptus, sapins méditerranéens, pins, chênes rouges ou féviers d'Amérique...). Les exemples d'introductions catastrophiques de végétaux ou d'animaux de par le monde sont bien connus. Y a-t-il des études scientifiques prouvant qu'il n'y a pas de risque de dominance de telle ou telle espèce introduite en France ?

L'association Forêt méditerranéenne par le biais de sa revue ou des Rencontres se doit de provoquer une réflexion générale sur le bien fondé de telles introductions.

Les arguments en faveur de telle introductions sont connus :

- développement d'une production sylvicole rentable en région méditerranéenne,*
- recherche d'essences peu combustibles (ex. : « résineux d'ombre ») dans le cadre de la défense des forêts contre l'incendie.*

Cette tendance à aller chercher à l'étranger ce que l'on ne veut pas trouver ici révèle :

— l'absence totale d'une sylviculture spécifique pour nos chênes (verts, blancs et lièges) par manque d'intérêt de la part des pouvoirs publics et par manque de motivations de la part des responsables forestiers,

— l'attrait de l'exotisme et la passion pour l'acclimatation.

Les forestiers français ont été attirés par les essences exotiques soi-disant pour contrecarrer les faibles potentialités de nos essences. D'où l'intérêt porté à l'épicéa de Setha, le Douglas, le mélèze du Japon, et dans le Midi les Abies méditerranéennes, l'eucalyptus, etc. De même aux U.S.A., les forestiers américains ont largement introduit l'épicéa commun, le pin sylvestre ou le pin noir d'Autriche, espèces européennes !!! Il s'agit donc plus de passion pour l'acclimatation que de réelle nécessité.

Toute introduction est une transgression anti-écologique, qui modifie l'intégrité de l'écosystème. Personne n'apprécie les aberrations telles un chalet savoyard en Provence, ou une copie modèle réduit d'un château de la Loire en Bretagne. La banalité s'installe, dans les jardins, de Dunkerque à Bonifacio, on retrouve les mêmes haies de lauriers-cerises, de pyracanthas ou de thuyas. Les monocultures d'eucalyptus pénètrent (dès 1985) dans les Pyrénées Orientales et l'Aude, ainsi que l'enrésinement des taillis de chênes, uniformisent le paysage.

Il est temps de respecter la nature et les composants de nos écosystèmes et de mettre au point une sylviculture adaptée à nos chênes pour obtenir de belles futaines, résistantes au feu et productrices de bois. Trop d'apports extérieurs bouleversent profondément le patrimoine végétal et paysager originel de notre région.

Jean-Claude LACASSIN

a. — Le pin laricio

Malgré quelques incertitudes sur l'identification exacte de tous les peuplements, l'étude menée par le Centre national de machinisme agricole du génie rural des eaux et des forêts (le C.E.M.A.G.R.E.F.) sur tous les boisements existants en région méditerranéenne tend à confirmer que le **pin laricio de Corse** supporte les sols calcaires. Sa croissance y est cependant inférieure à celle obtenue sur sol acide tout en étant meilleure que celle du pin noir dans les mêmes conditions (B. Le Voyer). D'après les essais de l'Institut national de la recherche agronomique (I.N.R.A.) il semble préférable d'utiliser le **pin laricio de Calabre** sur les sols calcaires, sa reprise étant meilleure (Y. Birot). Il réussit très bien en jeunes reboisements dans la Drôme (J. Bouilles). La Direction départementale de l'agriculture des Hautes-Alpes a fait planter avec succès beaucoup de pin laricio de Corse dans ce département. La reprise peut être très bonne, s'il est planté immédiatement après l'arrachage en pépinière, dans un délai d'un à deux jours au maximum (M. Machado, D.D.A. des Hautes-Alpes, réunion de préparation).

b. — Le pin d'Alep

Le pin d'Alep et ses espèces voisines (*P. brutia* et *P. eldarica*) sont étudiées dans des dispositifs de comparaison de provenances. Il est encore trop tôt pour en tirer des conclusions (P. Ferrandes). Cependant, dans le pourtour méditerranéen, ces pins ont souvent une meilleure conformation que celle qu'on observe en France (pin d'Alep en Israël et en Syrie (J. Mouillard), pin brutia en Turquie (P. Ferrandes). En attendant d'avoir des graines sélectionnées de provenances connues, on ne peut que recommander la récolte de graines sur de beaux peuplements locaux (Y. Birot). Les Grecs envisagent la mise en place de vergers à graines sélectionnées avec des crédits européens (R. Marill).

c. — Le pin sylvestre

Cette essence assez peu répandue dans les pays méditerranéens forme souvent des peuplements de très mauvaise qualité. Les avis sont très controversés. Pour Monsieur Tessier, certains écotypes méditerranéens peuvent former de très beaux peuplements à basse altitude (La Sainte Baume). Pour Robert Marill, il s'agit d'une **essence pionnière** qui, comme le pin maritime et le pin d'Alep, s'étend naturellement sur des terrains abandonnés, à végétation dégradée, et qui n'est pas forcément la mieux adaptée au climat. Dans certains beaux peuplements, dans le Ventoux sa croissance peut être supérieure à celle du pin noir et du cèdre (J. Toth), on peut pratiquer une **sylviculture d'amélioration** (M. Girard). Par contre, les peuplements colonisant les landes de l'arrière-pays (Alpes et Cévennes) ne semblent pas avoir d'autre avenir économique que la **coupe rase**. En effet, ils ont de graves défauts pouvant être d'ordre génétique (hybride possible avec le pin à crochet ?) ou bien causés par un écimage fréquent pour la récolte des bourgeons, les semis naturels étant plus rectilignes (D. Alexandrian). Cette essence a d'autre part une plus grande sensibilité à la chlorose que le pin noir quand le peuplement prend de l'âge et que la concurrence s'accroît (B. Martin). Par expérience, les forestiers lui ont préféré le pin noir d'Autriche qui a pu constituer de véritables forêts dans les Alpes du Sud (R. Marill). En conditions plus méditerranéennes, d'autres essences comme le pin laricio de Corse semblent plus prometteuses (B. Martin). La station I.N.R.A. d'Orléans entreprend cependant des récoltes de graines dans des stations méridionales (Espagne et Turquie) (Y. Birot).

d. — Le pin des Canaries

Intéressant par sa résistance à l'incendie, il rejette de souche. Il est aussi très sensible au froid, selon les provenances puisqu'il peut atteindre l'altitude de 2 000 m aux Canaries (J. Mouillard). Madame Cazal qui a essayé ce pin près de Montpellier précise qu'il est très sensible à la processionnaire et qu'il a effectivement rejeté de souche après l'incendie, mais qu'il faut alors faire un recépage vigoureux.

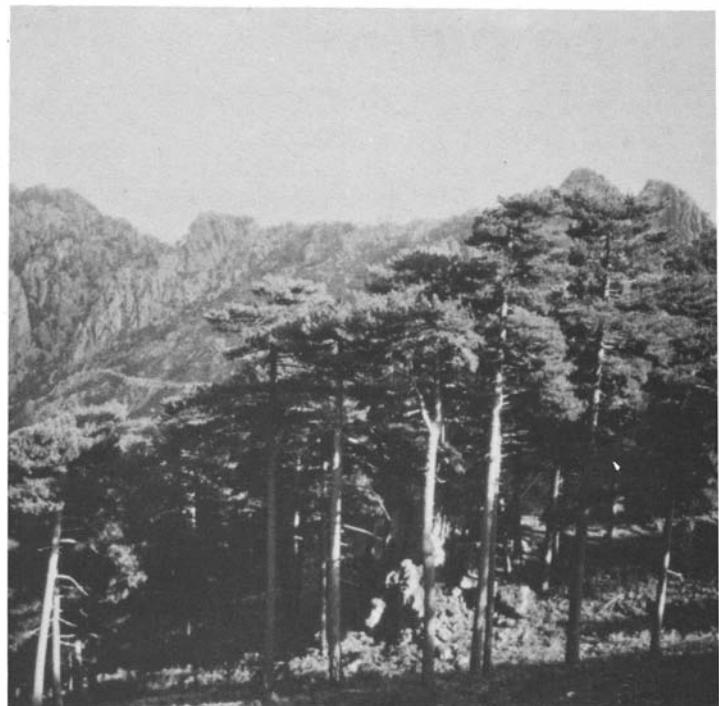


Photo 1. (Boisement de Pin Laricio en Corse). Cette essence s'adapte parfaitement à moyenne altitude sur le continent.

Photo Bruno Le Voyer.

B. — Le cèdre

Pour Jean Toth, le **cèdre de l'Atlas** peut être considéré comme une essence à croissance rapide dans certaines stations très favorables (plaine ou vallon) en climat méditerranéen. Ainsi, il atteint 24 à 26 m de hauteur dominante à 58 ans à la Bruguière, et 20 à 22 m à 30 ans dans l'arboretum des Courtines à Avignon. D'autre part, dans des boisements anciens tels que celui du Luberon, on remarque que les régénérations actuelles ont une croissance plus rapide (8 à 9 m³/ha/an) à cause de l'amélioration naturelle des conditions forestières. Il peut atteindre une production de 14 m³/ha/an en forêt de Saou, en altitude, sur d'anciens terrains agricoles. Dans le Luberon et dans le Ventoux, des cèdres agés de 100 ans environ séchent parfois en cime. Ce phénomène semble lié à des années de sécheresse et à des attaques de pucerons.

Le **cèdre de l'Himalaya** (*C. deodara*) ne semble pas à sa place en conditions xériques méditerranéennes. Suivant les provenances, les origines de l'Afghanistan doivent être plus xérophiles. Cette espèce ainsi que les provenances libanaises de cèdre du Liban présentes dans les arborets de l'I.N.R.A. gélent fréquemment au printemps car leurs débourrages sont précoces. Il convient de leur préférer les provenances turques (Taurus). Le **cèdre de Chypre** (*C. brevifolia*) est par contre nettement xérophile, mais sa croissance est très lente (Y. Birot).

C. — Le mélèze

Cette essence est évoquée pour sa belle croissance à altitude moyenne (800 m dans la région de Villefort). Cependant, d'après Alain Franc, 90 % des mélèzes plantés dans ces conditions en Lozère, il y a 80 ans, sont morts ou ont dépéri. Il ne reste que quelques très beaux sujets ayant profité de conditions très favorables (bord de ruisseau).

Le pin noir : Aperçu sur sa sylviculture

0. — Avertissement important

Cette fiche est un condensé-interprété d'un travail de J.M. Decoud : « Le pin noir d'Autriche dans le Sud-Est de la France, intérêts et problèmes », C.E.M.A.G.R.E.F./E.N.I.T.E.F., juillet 1983, 105 p. + annexes, auquel le lecteur est vivement encouragé à se référer.

1. — Ecologie

- Etage supraméditerranéen et/ou montagnard dans son aire naturelle en formation primaire.
- Sa plasticité et son dynamisme dans les formations secondaires en font une excellente essence de reboisement, y compris en conditions subméditerranéennes.
- Tolère très bien l'ensemble des substrats sauf sables et argiles compacts; marque une tolérance remarquable aux substrats magnésiens (dolomies, gabbros, etc.).

2. — Choix de sylviculture

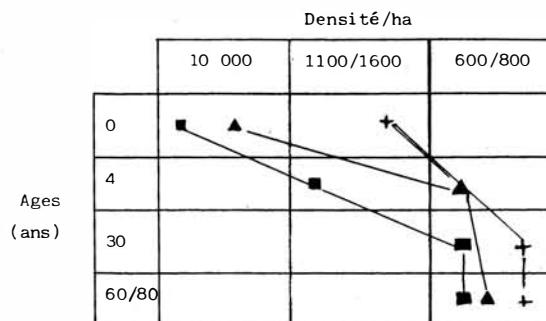
- Il n'existe pas de recette « naturelle ». En fonction de son terrain, de ses possibilités financières, des objectifs, le propriétaire peut choisir une sylviculture entre les deux « pôles » présentés ci-dessous.

a. — Révolution rapide (prospective)

- C'est une sylviculture peut pratiquée aujourd'hui, testée sur placettes d'expériences dans le département des Alpes-de-Haute-Provence.
- Objectif : production rapide aux moindres frais. Recherche de l'optimum économique.
- Contrainte : Pas d'objectifs autres que la production.

Pas de risque de mortalité accidentelle des jeunes plants (concurrence végétale, agents pathogènes, dégâts de gibier).

• Histoire des peuplements :



- — régénération naturelle avec un dépresso à 4 ans et une seule éclaircie à 30 ans avant récolte finale.
 - ▲ — régénération naturelle avec dépresso à la densité finale du peuplement.
 - + — plantation avec une seule éclaircie à 30 ans.
- Risques : l'attention du lecteur est attirée sur les risques de cette sylviculture encore expérimentale. Notamment, le fait que le pin noir à grands écarts devient un « pommier », et qu'un tel choix demande donc l'entretien d'un peuplement de bourrage qui peut détruire la rentabilité financière de l'opération.

b. — Révolution lente

- C'est une sylviculture plus classique, actuellement rodée.
- Objectif : production de bois d'œuvre et satisfaction des fonctions écologiques et récréatives de la forêt.
- Contraintes : demande plus d'investissement pour les entretiens.

N'est pas l'optimum économique.

• Histoire des peuplements :

- Densité de plantation : 2 000 à 2 500 plts/ha (2 + 1 racines nues).

• Si régénération naturelle : un ou deux dépressions ramenant la densité des semis à ce chiffre.

• Une première éclaircie enlevant environ le tiers des tiges. Il reste donc environ 1 500 tiges/ha.

- Quelques coupes d'amélioration, à périodicité longue, peu nombreuses, avant coupe de régénération à 120/140 ans, à 700/800 tiges/ha.

c. — Conclusion

- Il est probable que, vu les risques de la première solution et les coûts de la seconde, la solution pour un propriétaire se situe au milieu du chemin, avec des plantations à 1 500/1 800 tiges/ha récoltés vers 80/100 ans.

3. — Régénération

a. — Naturelle

- Demande des exigences écologiques plus strictes que l'introduction : bioclimat humide et station de bonne fertilité. Souvent sur plateaux ou pentes nord et est.

- Essence de « demi-ombre » : les semis demandent un couvert à l'état juvénile qui doit être retiré très rapidement (à la quatrième année).

• Peut se faire avec deux méthodes :

- coupes progressives avec un seul (à la rigueur deux) coupe secondaire;
- coupes rases par bande de largeur d'environ la hauteur du peuplement (abri latéral).

- Est onéreuse par le ou les dépressions indispensables dès la quatrième année.

b. — Artificielle

- Il existe seize peuplements classés dans cinq régions de provenance en France.

- Les plantations se font généralement en 2 + 1 à racines nues.

- Les plantations à fortes densités et plants plus jeunes sont déconseillées.

4. — Amélioration

a. — Des peuplements adultes de première génération

Ce sont des peuplements trop serrés en général. En fonction des risques de chablis, ils nécessitent :

- Une première éclaircie par le bas enlevant tous les brins et les ficelles.

- Une succession (de un à trois passages selon la densité initiale) d'éclaircie dans l'étage dominant à intervalles rapprochés (environ 10 ans) au profit des plus belles tiges pour amener le peuplement à densité de régénération (environ 800 tiges/ha).

b. — Des peuplements de seconde génération

Il n'existe pas en France d'expérience de ce type. Les indications suggérées au paragraphe II (qui ne sont pas des règles) sont donc, soit de la prospective pour la révolution courte, soit une prudence peut-être excessive pour les révolutions longues. Quoi qu'il en soit l'expérience des premières générations sensibilise à l'importance d'exécuter la première éclaircie à l'âge voulu, qui ne pourra être déterminé précisément que par sondages à la tarière.

Alain FRANC

Ingénieur du génie rural, des eaux et des forêts
Centre de Mende, Office national des forêts
Quartier Mirandol, B.P. 12, 48002 Mende

Programme cèdres

Objectifs généraux

— Sélection de provenances des diverses espèces de cèdres, en vue d'orienter l'approvisionnement en graines, l'objectif étant de créer des reboisements adaptés et aussi productifs que possible.

— Information sur les zones d'introduction du cèdre, en utilisant éventuellement la variabilité infraspécifique des caractères d'adaptation.

Dispositifs installés

Il s'agit de plantations comparatives de provenances relevant de 4 espèces (*Cedrus atlantica*, *libani*, *brevifolia*, *deodara*).

Des placeaux de faible effectif ont également été implantés dans divers arboretums, en particulier en forêt domaniale de l'Estérel (siliceux), forêt communale de Ceyreste (calcaire), et à Fos, donc à très basse altitude.

Résultats provisoires

Bien qu'il s'agisse d'une expérimentation encore très jeune, il est possible de tirer les quelques conclusions générales suivantes :

— L'espèce *C. atlantica* est globalement plus vigoureuse au stade juvénile que les espèces orientales (*C. libani*, et surtout *C. brevifolia*). Ces dernières se caractérisent aussi par un débourrement végétatif précoce (un mois de décalage avec *C. atlantica*).

— Les provenances des espèces orientales manifestent une supériorité pour la résistance à la sécheresse. Cependant, les provenances de *C. libani* (origine : Turquie, Taurus) se distinguent de celles du Liban par un débourrement végétatif plus tardif, et semblent mieux adaptées aux sols marneux.

— Les sources de graines françaises testées (*C. atlantica* ou *libani*) se classent parmi les meilleures pour la croissance.

— Le comportement des diverses provenances de *C. atlantica* du Maroc indique une variabilité infraspécifique marquée. Les sources du Moyen Atlas (ex.

Ijdrane) sont plus vigoureuses, mais semblent moins résistantes à la sécheresse que certaines sources du Grand Atlas (ex. *Idikel*).

Une première conclusion pourrait donc se résumer en deux points :

— Privilégier les sources françaises (peuplements artificiels) pour les reboisements en zone « classique » d'introduction du cèdre.

— Introduire du *C. libani* (origine Liban) dans les stations les plus xérophiles.

Poursuite du programme

Plusieurs voies méritent d'être explorées.

1. — Expérimentation des sources françaises. En effet, près de 1 200 ha de peuplements de cèdres viennent d'être classés comme porte-graines, ce qui représente une production potentielle de cônes appréciable. Ceci s'est traduit cette année par la création de 2 plantations de 2 ha (Alpes-de-Haute-Provence et Hérault).

2. — Eventuellement, et dans l'hypothèse d'une intensification du programme cèdres visant à créer une ou plusieurs variétés synthétiques de cèdres, il faudrait, dans une première étape, évaluer la variabilité génétique individuelle dans les provenances jugées les plus performantes (au moins une provenance satisfaisante en zone classique et une provenance xérophile). Concrètement et très schématiquement, il conviendrait alors de procéder aux opérations suivantes :

— Choix des critères à sélectionner.

— Création de 3 plantations comparatives de descendances de 5 ha chacune, chaque descendance étant constituée par des plants issus de graines récoltées et individualisées pour chaque arbre sélectionné. Une plantation comparative de 30 descendances du Mont Ventoux a déjà été installée au Treps (Var).

Institut national de la recherche agronomique.

Centre de recherches d'Orléans,
Station d'amélioration des arbres forestiers,
Ardon, 45160 Olivet

Programme cyprès

Objectifs généraux

Il s'agit de sélectionner un matériel végétal susceptible de prendre le relais à basse altitude (zone littorale, sol carbonaté ou siliceux) du cèdre et des sapins méditerranéens, en vue de créer des peuplements à couvert sombre (donc réduisant la végétation au sol) et susceptibles de s'étendre par régénération naturelle.

Les critères de sélection, quelle que soit l'espèce en cause, se résument comme suit :

- bonne adaptation;
- branchaison horizontale et longue;
- résistance (ou tolérance) au chancre des cyprès (*coryneum*);
- forte production.

Compte tenu de la sélection effectuée depuis fort longtemps en faveur des cimes columnaires ou à branches courtes, il n'existe pratiquement pas en France un peuplement susceptible d'être utilisé comme porte-graines. C'est la raison pour laquelle ce programme

inclut la fabrication de variétés synthétiques :

- voie végétative : variétés multiconnues;
- voie générative : variétés issues de vergers à graines.

Dispositifs installés

Une première étape a consisté à examiner le comportement de la plupart des espèces qui sont représentées dans les essais d'élimination, et qui sont en cours d'examen.

La deuxième étape concerne des essais de provenances-descendances d'arbres échantillonnes dans les aires naturelles des espèces *C. sempervirens* (îles grecques), *C. arizonica* (Etats-Unis, reboisements français), *C. atlantica* (Maroc).

Troisième étape : presque simultanément, des individus des deux premières espèces répondant aux critères de sélection fixés ont été repérés dans des reboisements français, puis multipliés végétativement (greffage) et installés en parcs à clones en vue de

commencer des séries de croisements contrôlés (3 campagnes déjà effectuées). Ces croisements ont pour but.

— De découvrir le mode de transmission des caractéristiques de branchaison, et de vérifier qu'un phénotype à branches horizontales et longues (rare en France) transmet bien ce caractère.

— D'obtenir éventuellement une certaine vigueur hybride, en particulier par croisement interspécifique.

— De découvrir des paramètres génétiques, guides utiles à la sélection.

Les dispositifs correspondant à la deuxième étape ont été répétés sur sol siliceux et sol calcaire.

Poursuite du programme

Dans la mesure où le financement du projet sera assuré (convention avec la Direction des Forêts), nous envisageons les opérations suivantes.

a. — Croisements contrôlés

Au minimum, 4 campagnes supplémentaires (intra et interspécifique).

b. — Plantations comparatives de descendances (biparentales)

2 plantations par an (sol calcaire et sol siliceux) de 2 ha de chacune des descendances issues de croisements contrôlés, et cela pendant 5 ans.

c. — Sélection de nouvelles provenances/descendances dans l'aire turque de *C. sempervirens*.

d. — Sélection de phénotypes dans les diverses plantations comparatives en particulier de provenances/descendances : 50 à 100; multiplication de ce matériel pour enrichir les parcs à clones.

e. — Dès que les Pathologistes disposeront de méthodes précoces et rapides d'inoculation de *coryneum*, application généralisée de celles-ci, en particulier aux collections de clones et aux familles qui en sont issues.

f. — Crédit à partir de 1986 de deux vergers à graines de première génération, ayant les caractéristiques suivantes :

C. sempervirens :

- 100 clones sélectionnés phénotypiquement en France pour leur caractère branches horizontales et longues.

- Surface : 3 ha.

- Possibilité d'éliminer les clones qui se révèleraient peu tolérants à *coryneum*, ou jugés peu satisfaisants en fonction des résultats des tests de descendances biparentaux.

C. arizonica :

- 60 clones sélectionnés phénotypiquement dans les tests de provenances/descendances.

- Surface : 3 ha.

- Possibilité d'élimination comme précédemment.

L'objectif est donc de créer aussi rapidement que possible deux sources de graines correspondant à des variétés encore très imparfaites, mais de toute manière très supérieures à celles actuellement disponibles pour le reboisement.

On peut espérer créer dans 10 à 20 ans des vergers de deuxième génération fournissant des variétés plus performantes, plus résistances à *coryneum*, avec éventuellement une spécialisation variété pour sol calcaire et pour sol décarbonaté.

g. — Autres sorties

Les cyprès jouent un rôle non négligeable pour la constitution de brise-vent ou comme arbres d'ornement. Compte tenu de l'importante variabilité de forme de branchaison enregistrée dans nos essais, on est assuré de trouver rapidement des phénotypes ayant l'architecture, l'esthétique ou la couleur désirées (encore faudra-t-il s'entendre sur les normes à appliquer).

Par contre, il conviendra de ne livrer ces clones au réseau commercial qu'après avoir vérifié leur résistance ou tolérance à *coryneum*, et la tenue au vent de plants issus de boutures.

On peut aussi imaginer, à des fins forestières (en particulier pour forêts récréatives), de créer des variétés polyclonales (multiplication par boutures).

Résultats provisoires

Le seul résultat à attendre d'un tel programme est donc la fourniture de graines ou de boutures. Le schéma décrit ci-dessus suppose, si tout se déroule normalement, un délai d'au moins 4 ans pour les premières boutures, et 8 ans pour les premières graines. On notera ici une différence importante avec les programmes Sapins ou Cèdres, dont la sortie principale consiste à recommander l'acquisition de graines récoltées sur peuplements (provenances) sélectionnés en France ou à l'extérieur. Cette voie courte s'avère malheureusement impossible pour les cyprès.

Ceci dit, l'examen des premiers essais permet de tirer les premières conclusions optimistes suivantes.

- Grande variabilité pour tous les caractères étudiés, donc possibilité de sélection.

- Adaptation générale très convenable des cyprès aux stations choisies (malgré des sécheresses exceptionnelles).

Institut national de la recherche agronomique
Station d'amélioration des arbres forestiers d'Orléans

Programme sapins méditerranéens

Objectifs généraux

Il s'agit de sélectionner un matériel végétal qui puisse constituer une alternative au cèdre dans les opérations d'enrichissement des forêts méditerranéennes.

Dans ce cas, nous ne disposons pratiquement d'aucune référence, c'est-à-dire de peuplements âgés multistationnels. Les quelques individus signalés ça et là relèvent fréquemment d'une identité botanique douzeuse (hybrides forestiers).

Il en résulte que l'objectif est double :

- Sélectionner des provenances adaptées, donc susceptibles d'être le point de départ de sapinières sèches à l'image de celles existant encore dans le bassin méditerranéen, et, en particulier, en Grèce.

— Déterminer les zones potentielles d'introduction en commençant par celles actuellement dévolues au cèdre, afin de diversifier les espèces de reboisement (intérêt écologique et économique). A altitude égale, il semblerait qu'il faille encore continuer à réservier aux sapins les situations les plus fraîches.

Dispositifs installés

L'expérimentation a été concentrée sur *Abies cephalonica* avec quelques références d'espèces diverses : *Abies pinsapo*, *A. cilicica*, *A. numidica*, *A. bornmuelleriana*, *A. nordmanniana*, *A. alba* (sud de l'aire), *A. concolor* (sud-ouest des Etats-Unis) et quelques hybrides interspécifiques obtenus par croisements contrôlés.

Résultats provisoires

Les premières analyses permettent de tirer les conclusions ci-après :

— Au niveau de l'étage du chêne vert, ou de l'étage inférieur du chêne pubescent, il est recommandé d'utiliser des provenances jugées xérophiles d'*A. cephalonica* qui correspondent au Mainalon (Pénopole), et plus particulièrement celles désignées sous les noms *Vhahica* et *Kapota*. (éviter au moins les zones gélives : débourrement précoce).

— A l'étage supérieur du chêne pubescent et au-delà, il semble préférable de s'adresser aux provenances (région au nord de Bolu) d'*Abies bornmulleriana*, notamment plus xérophiles que celles de l'espèce Nordmanniana et beaucoup plus tardives que toutes celles de l'espèce *Cephalonica*.

Les sources de graines citées sont, en principe, accessibles par voie commerciale (Service des Forêts de Grèce et de Turquie).

Il faut souligner qu'au moins au cours des 10 premières années, la croissance de tous ces sapins se situe à un niveau très inférieur à celle d'autres espèces disponibles, et, en particulier, du cèdre. A plus long terme (15-20 ans), ce classement pourrait s'inverser.

Poursuite du programme

Le programme déjà réalisé sur ce thème, bien qu'enclume modeste, n'a probablement pas d'équivalence dans le monde. Il faut signaler qu'à côté des plantations comparatives de provenances, quelques placeaux conservatoires de surface limitée de sapin de Nordmann (y compris *A. bornmulleriana*) et même des

vergers à graines de sapin de Céphalonie (St-Lambert-84 et Tuchan-11) ont, d'ores et déjà, été installés.

Problèmes à résoudre

Problèmes techniques et reboisement

— Les premiers essais engagés révèlent que nous maîtrisons assez mal l'élevage de ces sapins xérophiles, destinés à des reboisements méditerranéens (en particulier *A. cephalonica*).

Il est urgent de mettre au point les techniques appropriées (type de plants racinés nus ou en godets, âge, repiquage, cernage, etc.).

Il ne semble pas que nous puissions obtenir une réponse des pays des aires d'origine, où ces espèces ne jouent qu'un rôle très secondaire en reboisement proprement dit.

— L'aptitude de ces sapins à coloniser l'espace par régénération naturelle ne fait aucun doute. Encore faudrait-il pouvoir « accrocher » des groupes de semenciers, y compris dans des stations non mécanisables (pentes). D'où la suggestion d'étudier des techniques de plantation sur préparation ponctuelle du sol, et sans destruction généralisée de la végétation préexistante.

Bien que ne disposant pas d'un recul expérimental suffisant, la création de sapinières xérophiles adaptées au climat méditerranéen n'est pas un objectif utopique. Ce type de formation forestière devrait mieux résister aux incendies que les pinèdes. Faut-il ajouter que les forestiers devront ici faire preuve d'une certaine patience (croissance initiale lente) ?

Institut national de la recherche agronomique
Station d'amélioration des arbres forestiers d'Orléans

2. — Les essences à croissance rapide

Essences pouvant croître rapidement en zone méditerranéenne

Pour obtenir une production valable ou une biomasse aérienne annuelle valable (12 t/ha de matière sèche est le minimum) avec un coût minimum en culture intensive il faut, sous ce climat, faire appel à un matériel végétal différent de ce que les ressources génétiques de la forêt spontanée mettent à la disposition du planter.

La France possède une pauvre flore ligneuse d'arbres de première grandeur, conséquence des différentes avancées glaciaires très destructives. Il faut opérer un tri variétal à partir d'une gamme assez large d'espèces locales et exotiques avant de pousser plus avant dans la sélection.

Après quelques tâtonnements méthodologiques, nous sommes convaincus que la production intensive de biomasse à courte rotation exige l'emploi de variétés synthétiques polyclonales spécialisées et de méthodes culturelles spécifiques.

Nous avions retenu en 1970, 27 espèces feuillues et 18 résineuses pour toute la France, soit 300 lots de graines ou de boutures mis en essai. Ainsi dès la première année des espèces se « mettaient en avant » par une vigueur juvénile, caractère primordial de la sélection pour une croissance rapide.

Dans le Midi, nous mettions beaucoup d'espoir dans les platanes pour remplacer avantageusement les peupliers en sols secs, surtout en sols calcaires. Au terme de plusieurs campagnes d'essai nos espoirs furent déçus mais par contre quelques espèces d'eucalyptus furent retenues.

L'expansion des eucalyptus en France est limitée par les gelées et la prédominance des sols calcaires qui

ne conviennent pas à la plupart de ces arbres. Il a fallu, par des essais d'élimination, faire un tri parmi les différentes espèces des régions tempérées. Puis la qualité de certaines mères issues d'arbres repérés dans les anciens peuplements français a été éprouvée par leurs descendants. Les meilleurs parmi ceux-ci ont été multipliés végétativement. Ce programme est spécialement mis en place dans la région Midi-Pyrénées dans l'Aude et les Pyrénées Orientales où un développement important s'opère avec l'aide de l'Etat.

Parmi les résineux, quelques espèces sont susceptibles de fortes productions en zone méditerranéenne et sont actuellement essayées par l'Association forêt cellulose.

• Le Séquoia géant : *Sequoiadendron giganteum*

Le Séquoia géant est une espèce originaire de l'Ouest de l'Amérique du Nord. Son aire naturelle s'étend sur 420 km, du 35^e parallèle Nord (latitude de Tanger) au 39^e (latitude Lisbonne). On le rencontre entre 1 400 et 2 100 m d'altitude.

En France cette espèce a été introduite vers 1880. On retrouve actuellement des individus dans de nombreux parcs et jardins.

On ne lui connaît pas dans notre pays de limites écologiques très nettes, puisqu'il tolère bien le froid de l'Est, les sécheresses du Sud-Est et les courtes saisons de végétation de la Haute-Margeride. Il semble d'autre part pouvoir pousser tant en terrain calcaire que siliceux.

Dès son jeune âge, l'écorce de Séquoia géant s'épaissit rapidement, ce qui le protège des effets des incendies encore très fréquents dans son aire d'origine.

Le bois de séquoia géant est un bois tendre, mais de bonne qualité mécanique grâce à la longueur de ses fibres.

L'A.F.O.C.E.L. a installé en zone méditerranéenne depuis 1982 un certain nombre d'essais de provenances dans les stations les plus difficiles (Gréoux les Bains (04), Pignan (34), Aigues-Mortes (30), Montaren (30)). Les plants étaient issus d'une récolte de graines dans l'aire d'origine effectuée par M. Franclet (A.F.O.C.E.L.) en 1981. Ils ont été élevés en serre de l'A.F.O.C.E.L., en motte Melfert avant leur plantation.

Les pourcentages de reprise de ces essais varient entre 40 et 80 %. Pour la croissance il est encore trop tôt pour annoncer des résultats.

A partir de ces semis nous avons sélectionné un certain nombre d'individus remarquables que nous avons multipliés par bouturage. Ces différents clones ont été mis en place sur le terrain depuis 1983, dans des tests clonaux. Nous attendons les résultats. Parallèlement nous avons récolté dans les parcs et jardins de la zone méditerranéenne un certain nombre d'individus âgés présentant de bonnes potentialités que nous rajeunissons actuellement.

• Le *Séquoia sempervirens*

Le *Séquoia sempervirens* comme le *Séquoiadendron giganteum* est une espèce originaire de l'Ouest de l'Amérique du Nord. Cependant le *Séquoia sempervirens* a une aire d'origine typiquement côtière qui couvre 4,7 millions d'hectares de forêt exploitable. On le trouve poussant depuis le niveau de la mer jusqu'aux environs de 900 m d'altitude.

De par son origine côtière cette espèce supporte mal les froids intenses. Cependant certains clones semblent plus résistants que d'autres.

Le *Séquoia sempervirens* est assez largement répandu dans l'Ouest de la France à l'état isolé dans des parcs ou sous forme d'allées. Dans la région méditerranéenne, il en existe quelques exemplaires dans des parcs (Gréoux-les-Bains, l'Isle-sur-Sorgue, Béziers, Montpellier...).

Le bois de séquoia sempervirens est un bois tendre de bonne résistance mécanique grâce à ses fibres longues.

L'A.F.O.C.E.L. s'intéresse depuis un certain temps à cette espèce à croissance rapide et forte, qui présente la particularité de rejeter de souche à n'importe quel âge, c'est-à-dire d'émettre des rejets une fois que l'arbre a été coupé. Nous avons installé à partir de 1982 un certain nombre de tests clonaux de *Séquoia sempervirens*, dans plusieurs stations du midi méditerranéen (Massif des Maures, Tarascon, Aigues-Mortes, Châteauneuf-du-Rhône, Les Cévennes...).

• Le *Métaglyptostroboïdes*

C'est une espèce originale de Chine, découverte en 1948 dans la haute vallée du Shui-hsa-pa. Son aire naturelle est très restreinte puisqu'elle n'est plus constituée que d'environ un millier d'arbres, soit isolés, soit en bouquet.

C'est un résineux à feuilles caduques très peu répandu en France actuellement. Il est utilisé comme essence de reboisement en Chine.

Le bois de métaséquoia n'est pas connu en Europe. Cependant il semblerait qu'il soit comparable à celui du *Séquoia sempervirens* et du *Séquoiadendron giganteum*. Il s'agit d'un bois léger mais mécaniquement résistant du fait de la très grande longueur de ses fibres.

Sa vigueur juvénile est très forte, dépassant même celle des mélèzes hybrides, comme l'attestent les résultats d'essais de l'A.F.O.C.E.L. installés dans le Sud-Ouest (Marquet). Cette espèce ne supporte pas les terrains calcaires.

De même que le *Séquoia sempervirens*, le métaséquoia est une espèce capable de rejeter de souche.

L'A.F.O.C.E.L. a pu collecter à travers l'Europe des ramets d'une centaine d'arbres âgés qui depuis sont multipliés par bouturage.

Nous avons installé en 1983 deux tests clonaux dans les Cévennes (Banne 07, St-Etienne-Vallée-Française 48). Nous comptons en installer prochainement dans le massif des Maures et de l'Estérel.

• Le *Calocèdre* : *Calocedrus decurrens*

Le calocèdre est une espèce originale de l'Ouest de l'Amérique du Nord. Son aire naturelle s'étend du 31° au 46° parallèle de latitude Nord. On le rencontre entre 900 et 2 500 m d'altitude.

Il est très utilisé en reboisement aux U.S.A. et ce, à cause de sa rusticité et de son adaptation dans les sites difficiles (terrains calcaires, peu profonds, secs...).

Comme celle du séquoia géant, l'écorce du calocèdre est épaisse, atteignant 20 cm, ce qui constitue une excellente protection contre les feux de forêts très fréquents dans son aire d'origine.

Le bois de calocèdre est considéré comme bois précieux. Il est utilisé pour les parements intérieurs des maisons et le mobilier.

En France cette espèce a été introduite vers 1850. Depuis elle a été répandue dans de nombreux parcs et jardins, en particulier en zone méditerranéenne (Gréoux-les-Bains, Châteauvert...).

L'A.F.O.C.E.L., grâce à un récolte de graines effectuée en 1981 dans l'aire d'origine, a pu installer dans un certain nombre de stations de la zone méditerranéenne des essais de provenances depuis 1982. (Plants élevés en motte Melfert dans les serres de l'A.F.O.C.E.L.). Il en ressort que cette espèce a un taux de reprise excellent dans toutes les stations, variant de 70 à 100 %.

A partir de ces semis de 1981 nous avons sélectionné un certain nombre d'individus remarquables que nous avons multipliés par bouturage. Ces différents clones sont mis en place dans des tests clonaux depuis fin 1983.

L'Association forêt-cellulose, organisme de recherche forestière créé en 1961 à l'initiative des fabricants de pâtes à papier, s'intéresse plus particulièrement aux essences à croissance rapide susceptibles de produire dans le minimum de temps et avec le moindre coût le meilleur bois pour la Trituration mais aussi pour des utilisations « nobles ». Actuellement, sa serre de Marvejols en Lozère élève et sélectionne les essences résineuses ci-dessus mais aussi certains cyprès. Outre l'élevage de plants à partir de semis, sont essayées différentes méthodes de bouturage. L'eucalyptus par contre est concentré à Cugnaux près de Toulouse.

Alain BAILLY
Claude BARNÉOUD
Association forêt cellulose sud-est
2, place Ferber 69000 Lyon

Bibliographie A.F.O.C.E.L.

- Le *Séquoia sempervirens* : Informations-Forêts n° 4, 1978, fascicule 116.
- Le *Séquoia géant* : Informations-Forêts n° 2, 1980, fascicule 149.
- Annales A.F.O.C.E.L. 1981, p. 241-251.
- Les *Eucalyptus* en France. Annales A.F.O.C.E.L. 1981, p. 35-71.
- Le *Métaglyptostroboïdes* : Informations-Forêts n° 4, 1981, fascicule 186.
- Culture de Biomasse Ligneuse, 1981.
- Le *Calocèdre* : Informations-Forêts n° 3, 1983, fascicule 230.
- Les *Eucalyptus* dans les pays riverains de la France : Informations-Forêts, n° 1, 1983, fascicule 215.
- Introduction de Platanes dans le Sud de la France. Rapport final.

Les eucalyptus

Beaucoup d'espoirs portent sur ce genre représenté par de très nombreuses espèces, chacune ayant une grande variabilité dans son pays d'origine. On leur en demande beaucoup compte tenu de nos connaissances actuelles : résistance au froid et au calcaire, production de bois et élimination de la broussaille (D. Alexandrian).

Ses effets sur le sol sont peu connus en France où les plantations sont assez récentes. Il est certain qu'il n'améliore pas son potentiel biologique, cependant parler de stérilisation semble excessif. Certaines espèces (*E. Pauciflora* et *E. linearis*) éliminent la broussaille ou diminuent la poussée de l'herbe et peuvent être utilisées pour constituer des pare-feux arborés (P. Ferrandes). Au Maroc, sa repousse se ralentit au bout de 2 ou 3 exploitations en taillis et l'herbe ne repousse pas, il faut alors envisager une rotation avec un acacia ou la fertilisation (M. Kathouri).

Vis à vis de la résistance au calcaire, le choix des provenances (populations) à l'intérieur d'une même espèce est important, comme c'est le cas pour *E. Dalrympleana* et *E. Gunnii*. En général, ils poussent mieux sur sols acides (Y. Birot et A. Bailly). L'intérêt de la mycorhization est étudiée par l'A.F.O.C.E.L.

La production de biomasse que l'on peut en attendre est encore mal connue en France. C'est vers un débouché créé par une usine de trituration que se développent les plantations en Midi-Pyrénées. En Provence, on s'oriente plutôt vers une production de bois d'œuvre avec des espèces comme *E. Nitens* et *E. Delegatensis* (espèce majeure utilisable du niveau de la mer jusqu'à des zones plus froides). *E. Linearis* est également bien adapté à nos régions, il est magnifique dans l'Estérel. D'autres espèces pourraient être étudiées pour des régions plus chaudes et sèches (A. Bailly et J.N. Marien).

Photo 2. Eucalyptus Darlympleana planté en 1954, ravin des Caunes, Bormes-les-Mimosas, 83. On demande beaucoup aux eucalyptus compte tenu de nos connaissances actuelles.

Photo Daniel Alexandrian.



Programme eucalyptus

Objectifs généraux

Ceux-ci sont difficiles à décrire en peu de mots, compte tenu des « fluctuations » des décideurs à l'encontre du problème de l'introduction des eucalyptus, aussi bien en France que dans le Sud-Est.

Au cours des années 1955/60, il s'agissait de sélectionner des espèces adaptées en vue :

- de créer des peuplements productifs de bois (d'industrie ou d'œuvre);
- de constituer des pare-feu arborés.

Quelques années plus tard, le genre *Eucalyptus* était l'objet d'une indifférence, voire d'une hostilité quasi-générale.

Depuis un certain temps, il est l'objet d'un regain d'intérêt, notamment en vue de produire de la biomasse à court terme, mais les investissements prévus (et engagés) concernent une tout autre région (Midi-Pyrénées, voire Limousin) !

Techniquement et scientifiquement, ce programme est conduit à un rythme réduit, avec l'objectif de sélectionner un matériel de reboisement adapté (y compris au froid et aux sols carbonatés).

Dispositifs installés

Les premiers essais d'élimination (1955/60) : Gratadis dans l'Esterel, Ravin des Caunes et la Londe dans les Maures, ont porté sur une trentaine d'espèces.

Ces collections ont subi des froids sévères (1956, 1962/63), et n'ont pas toujours été installées dans de bonnes conditions (élevage des plants défectueux).

Une deuxième série d'essais de ce type a été incluse dans le programme général de sélection d'espèces entrepris après 1970.

90 espèces d'eucalyptus ont été introduites au cours de la deuxième phase.

L'étape suivante a consisté à découvrir la variabilité infraspécifique (provenances) d'espèces jugées intéressantes (*E. dalrympleana*, *E. delegatensis*, *E. nitens*), essentiellement sur sol siliceux, exceptionnellement sur sol carbonaté.

En outre, 4 petites plantations isolées monospécifiques ont été créées, en vue de satisfaire les besoins locaux en graines botaniquement fiables (*E. dalrympleana*, *E. rubida*, *E. gunnii*, *E. macarthurii*).

Résultats provisoires

La première série d'essais d'élimination a permis de détecter l'intérêt d'au moins 3 espèces :

	Résistance au froid	Tolérance au calcaire dans le sol	Forme	Production
<i>E. dalrympleana</i>	— 15°	possibilité de sélection	excellente (cime trop étroite pour des pare-feu arborés)	forte
<i>E. gunnii</i>	— 18°	"	très variable	faible
<i>E. macarthuri</i>	— 12 — 15°	nulle	correcte (cime ample, satisfaisante pour pare-feu arborés)	assez forte

La deuxième série d'essais a permis de déceler d'autres espèces potentiellement intéressantes pour les Maures, et surtout l'Esterel. Il convient néanmoins de souligner qu'aucune sélection sérieuse pour le froid ne s'est exercée depuis leur introduction. Il s'agit des espèces suivantes :

- *E. linearis*
- *E. urnigera*
- *E. cordata*
- *E. camphora*
- *E. laevopinea*.

Les plantations comparatives de provenances les plus anciennes ont démontré la possibilité d'obtenir des gains appréciables chez *E. dalrympleana* pour la vigueur, la réduction du défaut fibre torse, la résistance au froid et la tolérance au calcaire dans le sol. Il en est de même pour *E. delegatensis* pour la résistance au froid.

Poursuite du programme

— Création d'un petit verger local à graines de clones d'*E. dalrympleana* destiné à produire une variété « sol siliceux » résistante au froid, incorporant une certaine correction du défaut fibre torse (1 ha).

— Création d'un petit verger local à graines de clones d'*E. dalrympleana*, destiné à produire une variété tolérante au calcaire et résistante au froid (1 ha) à partir de sélections effectuées à Gonfaron. Il conviendra, au préalable, de vérifier cette tolérance par un test clonal précoce des clones sélectionnés.

— Création d'un petit essai « biomasse » à court terme à base d'*E. dalrympleana*, *E. gunnii* et *E. macarthuri*, traités en taillis à courte révolution avec une forte densité de plantation.

Ces programmes consistent donc à « valoriser » les résultats obtenus.

Imaginant que les eucalyptus puissent jouer un rôle comme base de pare-feu arborés, il conviendrait de poursuivre la sélection chez *E. macarthuri* et *E. linearis*. Si, au contraire, la production de biomasse était privilégiée, c'est sur *E. dalrympleana*, *E. nitens* et surtout sur des hybrides interspécifiques qu'il faudrait porter l'effort. Si enfin l'obtention de bois d'œuvre retenait l'attention, c'est sur *E. dalrympleana* et surtout *E. delegatensis* qu'il faudrait travailler.

**Institut national de la recherche agronomique
Station d'amélioration des arbres forestiers d'Orléans**

L'expérimentation A.F.O.C.E.L. sur les eucalyptus en zone méditerranéenne française

Les Eucalyptus ont été introduits depuis fort longtemps en zone méditerranéenne et on en compte à l'heure actuelle plus d'un million d'hectares. Ces plantations, si elles ne représentent qu'un peu plus de 1,4 % de la surface boisée, produisent 12 % du bois exploité par les pays riverains.

La France a été un des précurseurs puisqu'on peut voir de nombreux arbres d'âges et de tailles respectables dans certains parcs (en particulier à la Villa Thuret INRA d'Antibes). Les forestiers français, sous l'impulsion de Métro, ont entamé, entre 1954 et 1962 une campagne de plantations soit de parefeu, soit de collections d'espèces. Les fortes gelées de 1956 et 1962 ayant ralenti l'enthousiasme, la surface plantée, qui était d'environ 1 500 ha, a stagné et le désintérêt qui s'en est suivi a provoqué des pertes importantes.

Les nouveaux acquis de la recherche, en particulier en ce qui concerne la connaissance de l'aire naturelle,

la sélection de génotypes adaptés et le succès des techniques de propagation végétative, permettent d'envisager l'avenir avec plus d'optimisme.

Les différents caractères que nous avons cherché à améliorer sont principalement :

- la résistance au froid
- la productivité (matériel végétal et techniques culturales)
- la tolérance aux sols carbonatés ou salins.

Les premiers essais ont été installés au début de 1974, près de Carcassonne. A l'heure actuelle, les implantations expérimentales en zone méditerranéenne sont au nombre d'une quarantaine.

Les renseignements tirés de ces essais sont nombreux. Comme dans les autres régions, le choix du matériel végétal est un des facteurs clés de réussite. Nous avons reporté ci-après une liste des espèces prometteuses :

CROISSANCE	
Espèces moyennement vigoureuses	Espèces très vigoureuses
<i>antipolitensis</i>	<i>obliqua</i>
<i>blakeli</i>	<i>regnans</i>
<i>muelleri</i>	<i>unialata</i>
<i>camaldulensis</i>	<i>bicostata</i>
<i>aggregata</i>	<i>nitens</i>
<i>cordata</i>	<i>vimdal</i>
<i>ovata</i>	<i>globulus</i>
<i>rubida</i>	<i>st-johnii</i>
<i>urnigera</i>	<i>viminalis</i>
<i>delegatensis</i>	<i>dalrympleana</i>
<i>glaucescens</i>	<i>macarthurii</i>
<i>gunnii</i>	<i>gundal</i>
<i>bridgesiana</i>	
<i>johnstonii</i>	
<i>rodwayi</i>	
<i>archeri</i>	

FROID	
Moyennement résistant	Très résistant
<i>aggregata</i>	<i>coccifera</i>
<i>bridgesiana</i>	<i>gunnii</i>
<i>cinerea</i>	<i>gundal</i>
<i>cordata</i>	<i>neglecta</i>
<i>dalrympleana</i>	<i>niphophila</i>
<i>johnstonii</i>	<i>pauciflora</i>
<i>nitens</i>	<i>stellulata</i>
<i>ovata</i>	<i>urnigera</i>
<i>perriniana</i>	<i>archeri</i>
<i>rodwayi</i>	
<i>rubida</i>	
<i>vimdal</i>	

CALCAIRE	
Espèces moyennement sensibles	Espèces peu sensibles
<i>aunnii</i>	<i>cordata</i>
<i>urnigera</i>	<i>globulus</i>
<i>bridgesiana</i>	<i>st-johnii</i>
<i>aggregata</i>	
<i>ovata</i>	
<i>rodwayi</i>	
<i>viminalis</i>	

Il est indispensable de noter qu'à l'intérieur de chaque espèce existent des différences très importantes de comportement, en fonction de la provenance utilisée, c'est-à-dire de l'origine des graines. Nous pouvons citer les résultats d'un essai de provenance de *E. globulus*. Les hauteurs à 1 an varient de 55 cm à 1,21 m en fonction de la provenance. Dans un essai voisin, sur *E. viminalis*, la proportion des plants ayant résisté au froid varie de 20 à 90 % !

Le gain de production qu'on peut être en droit d'espérer par le choix de graines de bonnes provenances est donc très important et permet d'éviter de nombreux échecs.

Cependant, la sélection continue entreprise depuis 1974 nous a permis de chercher à combiner des caractères complémentaires. C'est par le biais des hybridations que nous pouvons espérer les gains maxima, après sélection et propagation végétative des individus performants. Les hybrides actuellement en cours de propagation ou d'essais sont assez nombreux, et nous travaillons principalement sur les croisements suivants :

- E. gunnii* × *E. dalrympleana*
- E. gunnii* × *E. globulus*
- E. gunnii* × *E. viminalis*

Les premiers résultats des tests clonaux installés sur différents sites sont encourageants et confirment les espoirs mis dans la sélection.

L'ensemble de ces travaux de sélection nous permet de penser qu'il n'est pas utopique de penser à reboiser une partie de la zone méditerranéenne dans un but avoué de production avec du matériel végétal adapté aux conditions particulièrement rudes du milieu naturel. L'exemple des boisements réalisés depuis 1981 dans l'Aude et qui sont de l'ordre de 100 ha par an sera suivi, on peut l'espérer, par beaucoup d'autres. Les aides mises en place par l'état français et le Fonds européen d'orientation et de garantie agricoles (F.E.O.G.A.) ont permis le démarrage de ces opérations. Si le reboisement des sols acides peut s'envisager dès maintenant, il faut encore attendre quelques années avant de penser aux boisements sur sols calcaires. Cette possibilité, qui deviendra réalité d'ici 3 ou 4 ans environ contribuera à la mise en valeur d'une partie des garigues actuellement totalement improductives.

**Jean-Noël MARIEN
Hugues THIBOUT**
Association forêt cellulose, Sud
6, allée d'Iéna
11000 Carcassonne

3. — Les feuillus

A. — Les chênes méditerranéens

Les essais d'introduction de chênes d'espèces locales (C. vert, C. pubescens, C. liège) sont souvent décevants au bout de quelques années, même si la reprise a été bonne quand la plantation ou le semis a été soigné (D. Alexandrian). De nombreuses espèces différentes existent dans d'autres pays méditerranéens, il est souvent difficile de s'en procurer de la graine. Anne-Marie Cazal a introduit chez elle du chêne blanc de Californie et René Chabrol du chêne zén qui a une croissance très rapide en Cévennes (1 m/an). Il fournit du bois d'œuvre de très bonne qualité.

B. — Les feuillus précieux

a. — Le noyer

Le noyer est-il une essence bien adaptée à la région méditerranéenne ? Ces arbres semblent effectivement plus à leur place dans le Dauphiné, les attaques fréquentes de zeuzères causent également de graves dommages aux jeunes plantations (D. Castaner). Cependant le noyer était certainement plus abondant dans les Alpes du Sud par le passé et son bois de grande dimension a été utilisé couramment dans l'ameublement, les vieilles portes de villes comme Digne et Sisteron en témoignent (P. Choillot).

L'O.N.F. réalise de petites plantations de Noyers (*Juglans regia*) sur d'anciens terrains de culture, mais la reprise est souvent délicate (M. Girard). Les feuillus précieux nécessitent des méthodes d'introduction particulières, on peut parler de véritable « culture ». Les méthodes préconisées par l'Institut pour le développement forestier (I.D.F.) (utilisation de jeunes plants et couverture du sol par un film plastique) devraient permettre une meilleure reprise tout en limitant les entretiens (B. Le Voyer).

b. — Le merisier

Cette essence est l'objet d'un programme de recherche en Languedoc-Roussillon (C. Vigneron). Des plants sélectionnés en culture in vitro ont donné, dans une situation favorable en Corse vers 1 000 m d'altitude, des croissances allant jusqu'à 2 m/an (S. Miquel). Il semblerait cependant plus prudent d'utiliser des races d'origine locale (Y. Birot) et de réaliser une sélection des feuillus méditerranéens (D. Castaner).

c. — Autres feuillus

D'autres essences comme le frêne à fleur ou l'érable de Montpellier sont évoquées. Elles n'atteignent pas dans notre région des dimensions suffisantes pour présenter un intérêt économique de production de bois. Les graines et plants de ces essences plus rares, comme celles de l'alisier terminal ou du charme-houblon peuvent être obtenues en cherchant un peu. Le sorbier domestique (cormier) pourrait être utilisé en pare-feux (P. Choillot). En Corse, une plantation de cormiers en motte Melfert a donné des résultats comparables aux merisiers cités plus haut.

C. — Essences améliorantes

a. — Les acacias

Légumineuses améliorantes, d'intérêt sylvo-pastoral, ils sont originaires d'Australie et d'Amérique du Sud. L'espèce la plus résistante au froid est l'*Acacia mélanoxyylon*. En plantation comparative, à Bormes les Mimosas, toutes les provenances ont gelé au mois de novembre à 80 m d'altitude, alors qu'elles ont très bien résisté à 600 m, l'arrêt de végétation étant intervenu plus tôt. Il faut donc rester prudent pour introduire cette espèce en attendant les résultats des essais en vraie grandeur établis par l'I.N.R.A. et l'O.N.F. Sa fructification est précoce et des graines peuvent être récoltées en abondance dans l'arboretum de l'Estérel (P. Ferrandes).

Dans les Bouches-du-Rhône, l'*Acacia mélanoxyylon* pourrait être utilisé comme essence à croissance rapide produisant un bois d'excellente qualité. Une provenance d'Italie y a supporté des froids assez forts (-12 °C à -14 °C en plein air) alors que le pin pignon avait gelé en cime (Fontanel).

Cette espèce, ainsi que les *Casuarinas* mériteraient pour Monsieur Marien d'être davantage étudiée. La variabilité des acacias est très grande dans leurs pays d'origine, l'*Acacia dealbata* qui est un arbuste chez nous y est présent sous la forme d'un grand arbre. L'*Acacia caave* pousse dans tous les étages du climat méditerranéen au Chili sur sol acide. Sa croissance est rapide et il produit du bois de chauffage (M. Etienne).

b. — L'aulne à feuille en cœur

Utilisé en association avec du pin noir dans quelques reboisements des Alpes du Sud situés dans l'étage du chêne pubescent, il supporte des sols superficiels marneux, secs et peu perméables. Sa capacité de fixer l'azote lui confère en outre un grand intérêt pour la reconstitution de sols forestiers en association avec un résineux. Il peut être dans ce cas traité en taillis. Dans un autre boisement il se régénère abondamment sous un peuplement adulte de pins laricio de Corse. Le robinier est peu adapté à ces mêmes conditions et semble beaucoup plus exigeant (B. Le Voyer).

En Corse, cet aulne, a été utilisé en intercalaire d'une plantation de merisiers afin d'en diminuer la densité et également le prix de revient des plants. Sur un sol sec et profond, sa croissance est de 1 m/an la première année (S. Miquel).

Dans les arboretums de l'I.N.R.A., en zone littorale, après des débuts très rapides, il est souvent décevant par la suite et il séche en cime lors d'années très sèches. On ne peut donc en espérer une production de bois de qualité que dans des stations bien alimentées en eau (Y. Birot).



Photo 3. L'aulne à feuille en cœur, essence amélioratrice supportant des conditions difficiles. Ici, dans un reboisement de 20 ans sur sol superficiel marneux (Hautes-Alpes), il a une croissance beaucoup plus rapide que le pin noir auquel il est associé (4 à 5 mètres pour 1 à 2 mètres).

Photo B.L.V.

M. Bernard Martin, qui réalise une enquête sur l'aulne à feuille en cœur en France, rapporte qu'en forêt de Saou, il donne de bons résultats et qu'il est exploité pour du bois de palette. Planté couramment dans les zones d'érosion (Marnes), il supporte très bien le calcaire actif et la sécheresse. Il est peu longévif et sa croissance juvénile est très forte. Cette espèce est utilisée pour constituer des pare feux en Italie. Dans la région de Pertuis, il va être planté en mélange avec du pin d'Alep pour fixer le sol et éviter l'érosion superficielle due au sous-solage (M. Rolland). *Alnus subcordata* a de petites particularités par rapport à l'*A. cordata*, sa croissance initiale est également très forte et il se comporte très bien dans l'arboretum du Ruscas. Les hybrides d'*A. cordata* avec les autres espèces d'aulnes pourraient être également intéressants.

4. — Les arbres fourragers

Le février semble décevant en France du point de vue forestier malgré ses bons résultats en Algérie. Cependant, les critères peuvent être différents si l'on escompte une production fourragère (feuilles et fruits). D'autre part cette essence a une très grande variabilité dans son aire naturelle, étendue de la Louisiane aux grands lacs aux U.S.A.

Plutôt que de risquer des introductions hasardeuses (le Caroubier gèle à -4 °C, les graines de février sont astrigentes), Michel Etienne pense qu'il est préférable de s'intéresser aux chênes indigènes, parfaitement adaptés, comme en Espagne où les forêts de chênes contribuent à la ressource pastorale grâce à une sélection de chênes à glands doux et à une sylviculture adaptée. Nous pourrions profiter de cette sélection en introduisant des provenances adaptées aux conditions locales.

Arboretums de l'Esterel

1. — Objectifs et installation

Face aux multiples causes de régression de la forêt méditerranéenne, l'implantation d'arboretum dans l'Esterel a eu pour but, d'une part de déterminer des espèces exotiques capables de pousser rapidement dans les difficiles conditions pédoclimatiques locales et d'autre part de sélectionner à l'intérieur d'espèces connues par leur adaptation dans la région, les provenances les plus intéressantes.

La mise en place de ces arboretums a été réalisée par la Station de Botanique du Centre de Recherches d'Antibes et le Domaine Expérimental du Ruscas à Bormes les Mimosas en collaboration avec la Station d'Amélioration des Arbres Forestiers d'Orléans.

Le financement a été assuré en majorité par le Service des Forêts selon la loi d'orientation sur la forêt méditerranéenne, mais également par l'I.N.R.A. et plus récemment par le Conseil Régional pour des actions ponctuelles.

Les objectifs ont donc conduit, depuis 1971, à l'installation de deux types d'arboretum :

— Les arboretums d'élimination : où sont étudiées de nombreuses espèces nouvellement introduites des zones climatiques du monde comparables à la région méditerranéenne. Chaque espèce est représentée par un plateau de 30 sujets avec autant que possible des répétitions dans les différents arboretums.

— Les arboretums de comparaison : où sont installées des plantations comparatives de provenances et de descendances d'une espèce particulière.

En 1984, on peut considérer que la phase d'installation des arboretums d'élimination est terminée et le bilan permet de chiffrer les réalisations à :

- 10 arboretums couvrant 30 ha
- 686 espèces (appartenant à 172 familles botaniques)

2. — Observations et comportements des espèces forestières

(non comprises celles appartenant aux genres *Abies*, *Cedrus*, *Cupressus*, *Eucalyptus* et *Pinus*, faisant l'objet d'un programme particulier; cf. fiches peuplements).

Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre d'espèces et le nombre de provenances testées.

Il est prématûré de donner au stade actuel des résultats absous, le recul dans le temps est encore insuffisant d'autant qu'il s'agit d'arbres pour lesquels différents facteurs pédoclimatiques agissent en synergie.

Si le froid est le principal facteur d'élimination pour les végétaux subtropicaux, les dégâts jusqu'à présent ont été peu significatifs en raison de la clémence des hivers des douze dernières années.

Par contre la sécheresse que subit le Midi depuis trois années consécutives a eu des répercussions notables sur différentes espèces, en particulier parmi les feuillus.

(Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre d'espèces et le nombre de provenances testées).

• *Acacia « Mimosa » (langage pop.) « Wattle » (17, 29)*

En général limités par les basses températures. Certaines espèces australiennes pourraient présenter un intérêt pour recoloniser temporairement les sols dégradés ou dénudés après incendies ou travaux du fait de la rapidité de croissance et de la facilité d'installation.

A signaler :

• *A. melanoxylon « Acacia à bois noir » Originaire de l'Etat de Victoria, Nouvelle Galles du Sud et Tasmanie.*

Bois d'excellente qualité. Connue dans les jardins de la Côte d'Azur de longue date, cette espèce forme un grand arbre, à croissance rapide. Douze provenances sont installées, en général état satisfaisant et bonne tenue à la sécheresse, mais risque d'être compromis par des froids entre -6° et -10° suivant les expositions en particulier dans les bas fonds.

Cette espèce a été retenue pour essais en vraie grandeur par l'O.N.F.

• *A. subulata Etat de la Nouvelle Galles du Sud (le lot planté est à phyllodes moins linéaires que celles de l'espèce type). Croissance rapide, port en boule, peut être utilisé pour l'ombrage et la protection des sols ou de jeunes plants d'espèces plus fragiles.*

• *A. verticillata Sud de l'Australie et Tasmanie. Acacia à aspect de Genévrier, phyllodes linéaires piquantes, pourraient convenir à la fixation des sols en pente, se resème abondamment. Cependant résistance au froid inconnue.*

• *Acer « Erable » « Maples » (7, 7)*

Toutes les espèces sont limitées ou éliminées par la sécheresse.

• *Alnus « Aulne » « Alders » (8, 11)*

Seules les espèces du Sud de l'Europe ont eu un début de développement satisfaisant, mais très réduit par la sécheresse ensuite. A noter l'intérêt dans des conditions moins drastiques que celles de ces arboretums des espèces suivantes :

• *A. cordata régions de Corse et du Sud de l'Italie.*

• *A. subcordata régions du Caucase et de Perse.*

Ces deux espèces devaient faire l'objet d'essais de provenances par l'O.N.F.

• *A. orientalis* espèce voisine de la précédente originaire de la Syrie assez bon comportement dans l'arboretum du Caneiret.

• *Calocedrus (Heyderia) « Incense Cedar » (1, 6)*

Essai limité mais bonne impression de comportement et de croissance. Une plus large expérimentation est programmée. En 1983 une plantation de 15 provenances a été installée dans l'arboretum du Rouet.

Un autre essai sera installé en 1984 au Rouet, à partir de provenances multipliées par voie végétative par l'A.F.O.C.E.L.

• *Casuarina « Filao » (18, 37)*

Limités à la zone littorale où seulement deux espèces sont cultivées. Les essais ont pour but de mieux cerner les aptitudes du genre qui logiquement devrait être exclu par le froid en zone non côtière.

Dans les arboretums de l'Esterel, le comportement est en général décevant; croissance lente et chlorotique, probablement en raison des mauvaises conditions pédologiques, absence de rhizobacters fixateurs d'azote.

• *Celtis « Micocoulier » « Nettle Trees » ou « Hackberries » (7, 7)*

Tous les lots installés en jeunes plants ont été broutés par les rongeurs et sont à considérer comme pratiquement éliminés. D'autres essais avec des plants plus développés, élevés en pleine terre en pépinière et plantés à racines nues, seraient à faire pour situer les aptitudes des « MICOCOULIERS » dans les conditions présentes.

• *Chamaecyparis « False Cypress » (4, 4)*

Les essais sont trop récents pour juger le comportement dans l'Esterel de ces végétaux qui logiquement devraient être plus exigeants que les CYPRES vis-à-vis de l'humidité.

● ***Cryptomeria* « Japanese Cedar » (1, 2)**

Un essai récent dans l'arboretum du Rouet en 1983 est susceptible d'apporter une indication sur l'adaptation de cet arbre forestier aux conditions locales.

● ***Cunninghamia* (1, 1)**

Implantation récente au Rouet.

● ***Cupressus* « Cyprès » « Cypress » (27, 110)**

128 descendances et 35 clônes.

Espèces	Aire d'origine
1. — Espèces méditerranéennes	
<i>C. sempervirens</i>	Iran, Syrie, Chypre, Grèce
<i>C. sempervirens</i> var. <i>numidica</i>	Tunisie
<i>C. atlantica</i>	Maroc
<i>C. dupreziana</i>	Sahara (Tassili)
2. — Espèces américaines	
<i>C. arizonica</i>	Arizona, Texas, N. Mexique, Mexique
<i>C. arizonica</i> var. <i>glabra</i>	Centre de l'Arizona
<i>C. bakeri</i>	Californie (Siskiyou Mts)
<i>C. bakeri</i> subsp. <i>matthewsii</i>	Californie et Basse Californie
<i>C. forbesii</i>	Californie (Monterey)
<i>C. goveniana</i>	Californie (Santa Cruz Mts)
<i>C. goveniana</i> var. <i>abramiana</i>	Californie (Mendocino county)
<i>C. goveniana</i> var. <i>pygmaea</i>	Ile Guadalupe
<i>C. guadalupensis</i>	Mexique
<i>C. lusitanica</i>	Mexique
<i>C. lusitanica</i> var. <i>benthamii</i>	Mexique
<i>C. lusitanica</i> var. <i>glaucia</i>	Mexique
<i>C. lusitanica</i> var. <i>lindleyi</i>	Mexique
<i>C. lusitanica</i> var. <i>pendula</i>	Mexique
<i>C. macnabiana</i>	Californie (Sierra Nevada)
<i>. macrocarpa</i>	Californie (Monterey)
<i>C. sargentii</i>	Californie (Région côtière)
3. — Espèces asiatiques	
<i>C. cashmeriana</i>	Bhoutan
<i>C. chengiana</i>	Kansu, Szechuan
<i>C. duclouxiana</i>	S.W. Chine, Tibet, Yunnan
<i>C. funebris</i>	Chine
<i>C. torulosa</i>	Himalaya, Nepal
<i>C. torulosa</i> var. <i>corneyana</i>	

● ***Eucalyptus* « Gum Tree » « Eucalypts » (91, 196)**

La grande adaptabilité des EUACALYPTUS à diverses conditions écologiques justifiait l'étude de ce genre dans les essais d'élimination. Un grand nombre d'espèces n'avaient peu ou pas été essayées en région méditerranéenne française.

Les essais installés ont fourni rapidement des résultats intéressants quant à la résistance aux divers facteurs pédoclimatiques qui se sont manifestés dans les arboretums à l'exception du froid.

En général, la croissance n'est égalée par aucun autre genre de feuillus; en dépit de la pauvreté des sols, certaines espèces ont atteint entre 8 et 12 mètres en moins de 10 ans.

La sécheresse très prolongée de ces dernières années qui a nettement marquée la croissance et le développement de la plupart des feuillus, n'a pas eu les mêmes conséquences sur les EUACALYPTUS. Cependant, les espèces suivantes semblent plus sensibles au déficit hydrique : *E. camphora*, *E. dalrympleana*, *E.*

delegatensis, *E. macarthurii*, *E. ovata* (variable suivant les provenances), *E. simmondsii*, *E. niphophila*, *E. robusta*.

Un certain nombre d'espèces sont à signaler pour leur bon comportement : (rapidité de croissance, rusticité, aspect correct du port et du feuillage) *E. aggregata*, *E. bicostata* (*St-Johnii*), *E. coccifera*, *E. cordata* (particulier par la persistance du feuillage juvénile), *E. glaucescens*, *E. gunnii* spp. *archeri*, *E. x. irbyi* (*E. dalrympleana* x. *E. gunnii*), *E. johnstonii* (syn. *E. subcrenulata*), *E. laevopinea* (port régulier, écorce spongieuse), *E. linearis* (syn. *E. pulchella*) et *E. pauciflora* espèces éliminatrices de la végétation naturelle, *E. nicholii* ornemental par son feuillage très fin. *E. nitens*, *E. scoparia*, *E. urginera*, *E. vernicosa* décoratif par son port buissonnant, son feuillage coriacé, vernissé.

● ***Fraxinus* « Frênes » « Ash » (18, 23)**

Si la sécheresse marque le développement de pratiquement toutes les espèces, il faut noter toutefois un assez bon comportement de *F. pennsylvanica*, *F. uhdei*, *F. velutina* var. *toumeyi*.

● ***Gleditschia* « Fevier » (4, 7)**

Etant donné que la totalité des jeunes plants ont été abrutis par les rongeurs, il est impossible de juger les aptitudes de ces végétaux.

● ***Juglans* « Noyer » « Walnuts » (3, 3)**

Essais très limités, mais compromis par la nature du sol et la sécheresse.

● ***Liquidambar* (2, 3)**

Il est encore prématué d'évaluer les possibilités de ces végétaux.

● ***Liriodendron* « Tulipier de Virginie » « Tulip Tree » (1, 1)**

Essais limités.

● ***Melia* « Lilas des Indes » (5, 13)**

Développement irrégulier et en régression; arbres décevants dans les sols trop pauvres.

● ***Morus* « Murier » « Mulberries » (3, 11)**

Un essai de 11 clones greffés de murier à fruits, introduits de Nouvelle Zélande, d'Iran et des U.S.A., dans le but de nourriture pour la faune a été un échec complet qui semble dû d'une part à la sécheresse et peut-être aussi à un manque d'affinité entre porte-greffe et ces variétés.

● ***Platanus* « Platane » (6, 12)**

L'introduction de semences des aires naturelles respectives de *Platanus orientalis* et de *Platanus occidentalis* a permis de constater :

· Le platane d'Occident, c'est-à-dire, des U.S.A. n'est pas tolérant à la sécheresse et tous les placeaux de *P. occidentalis* ont été rapidement éliminés.

· Le platane d'Orient, on observe une meilleure rusticité, mais variable suivant les provenances. A partir d'une multiplication par semis, les plants ont tendance à donner des sujets à tronc court et très ramifiés, très différents des hybrides multipliés végétativement.

Un essai plus important de 3 provenances de Grèce a été installé en 1982 dans un sol plus frais que celui du Caneiret et du Plan Estérel.

● ***Podocarpus* (6, 8)**

Ces conifères de l'hémisphère Sud trouvent dans l'Estérel des conditions défavorables à leurs exigences. Toutefois, il faut noter que *Podocarpus nerifolius* se maintient honorablement.

● ***Populus* « Peuplier » « Poplar » (4, 4)**

· *P. deltoides*. Un essai monoarbre de 30 clones a été négatif par le broutage et l'éciorchage par les cerfs.

· *P. yunnanensis*. S'est révélé assez tolérant à la sécheresse et pourrait s'utiliser surtout dans les fonds de vallées.

- **Prosopis (7, 8)**

Ces arbres sont connus pour leur intérêt fourrager dans les zones subdésertiques, mais l'abrutissement des espèces introduites par les rongeurs n'a pas permis d'évaluer leurs possibilités d'adaptation.

- **Prunus « Prunier » « Cherry » (10, 11)**

C'est surtout sur deux espèces que les essais ont porté :

- **P. ilicifolius.** Originaire de Californie, il forme un petit arbre à feuilles persistantes, coriaces. S'adapte très lentement dans l'Estérel où il souffre de la sécheresse excessive. Existe depuis 40 ans à la maison forestière du Gratadis où ce Prunier se resème naturellement.

- **P. serotina var salicilolia ou Prunus capollin.** Originaire du Mexique, d'introduction ancienne en France, mais peu répandu dans le Midi, cette espèce fait un arbre de bonne taille dans les jardins. Après un bon départ dans les arboretums, le développement a été ralenti par la sécheresse et l'appauvrissement du sol.

- **Pyrus « Poirier » « Pears » (3, 3)**

Seul le *P. amygdaliformis* espèce indigène dans le Midi est rustique, de croissance lente; il peut avec l'âge prendre un bon développement.

- **Quercus « Chênes » « Oak » (32, 44)**

Le but a été de réunir dans ces arboretums un certain nombre d'espèces d'origines diverses, principalement du bassin méditerranéen. Les difficultés de se procurer des semences viables, leur élevage et la lenteur d'installation des Chênes, surtout dans les sols pauvres non humifères, sont autant de facteurs qui rendent toute conclusion prématuée.

La Station du Ruscas a installé un essai de provenances et de mode d'élevage (arboretum du Castelly).

- **Thuya (Thuja) et Biota « Arbor Vitae » (1, 17)**

La mise en place de 9 provenances en 1982 ne permet pas de tirer le moindre enseignement. Des essais antérieurs, les résultats de développement sont médiocres.

- **Zelkova « Orme de Sibérie » (3, 4)**

Il ne semble pas malgré un bon développement initial, que ce genre puisse avoir un intérêt dans les sols trop secs.

Expérimentation annexe sur talus

Les talus des banquettes souvent instables et soumis à l'érosion ont été utilisés pour des essais de fixation de sol.

L'implantation ou le semis direct de quelques 250 espèces herbacées ou ligneuses de couverture soit rampantes, gazonnantes ou drageonnantes, apportent une série de renseignements sur les aptitudes et les possibilités d'installation de végétaux dans ce type de sites.

Institut national de la recherche agronomique

Jacque PINEL

Station d'amélioration des arbres forestiers d'Orléans

Pierre ALLEMAND

Pierre AUGER

Centre de recherches d'Antibes

Station de botanique et de pathologie végétales

41, boulevard du Cap

B.P. 78, 06602 Antibes

II. — Techniques de reboisement

1. — Mycorhizes

Intérêts de la mycorhization contrôlée en zone méditerranéenne

Pratiquement tous les arbres forestiers sont mycorhizés; cela signifie qu'il présentent une symbiose intime entre champignon et racine courte. Cette symbiose peut revêtir différentes formes morphologiques et on connaît depuis longtemps ses influences bénéfiques sur le développement des arbres forestiers.

Très schématiquement, on peut distinguer trois modes d'action :

- amélioration de la nutrition minérale et de l'absorption d'eau;
- intervention dans le métabolisme de la plante hôte et sur le développement du système racinaire;
- amélioration de la résistance aux maladies.

Certains champignons se sont révélés, tout au moins sur de jeunes plants et en conditions contrôlées, beaucoup plus efficace que d'autres, ce qui se traduit le plus fréquemment par un net gain de croissance.

Dynamique de la mycorhization à la plantation

Compte tenu du niveau de fertilité généralement élevé des pépinières, les plants y sont peu mycorhizés. A l'occasion d'un reboisement, les plants mis en place se mycorhisent relativement rapidement avec la flore fongique existante, pour autant que celle-ci soit effectivement présente dans le sol. Ce retard à la mycorhization se rajoute aux phénomènes déjà liés à la crise de transplantation. Par ailleurs l'introduction d'essences exotiques peut se révéler décevante pour peu que les partenaires fongiques n'existent pas. L'exemple des introductions de pin dans les pays tropicaux est révélateur à cet égard : la seule introduction de graine n'a donné aucun résultat; par contre l'incorporation en pépinière de terre en provenance du pays d'origine des essences a permis une croissance normale des plants.

Intérêts de la mycorhization en zone méditerranéenne

En zone méditerranéenne comme ailleurs, l'obtention de gain de croissance dans le jeune âge ne manque pas d'être intéressant et présente de nombreux avantages :

- limitation dans le temps de la concurrence des herbacées et ligneux;
- nombre de dégagements plus faible;
- en pépinière, diminution du temps de production.

Cependant le principal facteur limitant demeure celui de l'approvisionnement en eau.

Le rôle important des mycorhizes dans l'alimentation en eau est encore imparfaitement connu bien que la résistance à la sécheresse de plant mycorhisé soit largement démontré. Plusieurs mécanismes peuvent entrer en jeu.

— augmentation de la surface d'absorption du système mycorhizien. Ce dernier par rapport à un système non mycorhisé pourrait en outre limiter la quantité d'eau absorbée pour fabriquer une même quantité de matière sèche;

— intervention hormonale au niveau du mécanisme d'ouverture des stomates et stimulation de la croissance du système racinaire.

En zone méditerranéenne, la sélection des souches mycorhiziennes pourraient donc s'opérer suivant les critères suivants :

- gain de croissance sur la sélection juvénile;
- amélioration de l'alimentation en eau du plant;
- souches résistantes à la sécheresse.

Il convient en effet que les souches introduites soient à même de supporter des stress hydriques fréquents et importants.

Problèmes posés pour le contrôle de la mycorhization

Outre les critères de sélection ci-dessus énumérés, il convient également de sélectionner les souches sur leur aptitude à se maintenir sous forme de mycorhize sur le système racinaire après la plantation.

La plantation à racines nues, en brisant au moment de l'arrachage puis de la mise en terre, la plupart des racines courtes mycorhizées nuit évidemment au maintien dans le sol des souches introduites.

L'utilisation quasi systématique en zone méditerranéenne de plant en conteneurs est un avantage évident.

L'abjection d'un inoculum au substrat du conteneur :

- permet de le maintenir à proximité des racines courtes;
- permet une infection plus importante des sols en place si la souche choisie est compétitive;
- évite une crise de transplantation trop importante au plant.

De nombreuses équipes de chercheurs, tant en France qu'à l'étranger travaillent à la recherche de souches efficaces et de formules d'inoculation. Cependant, aucune publication n'existe sur les mycorhizations des essences méditerranéennes de reboisement (cèdre, sapins, etc.) et très peu font état de recherche sur le problème de l'alimentation en eau.

Dominique PIOU
Ecole nationale d'ingénieurs des
travaux des eaux et forêts,
Domaine de Barres
45290 Nogent-sur-Vernisson

A. — Résistance à la sécheresse

M. Daniel Mousain expose les résultats d'une expérimentation de l'I.N.R.A. menée dans les Landes sur l'influence positive d'une mycorhization artificielle des pins maritimes sur leur résistance à la sécheresse.

1. — Influence du régime hydrique sur les équilibres mycorhiziens chez le pin maritime en conditions expérimentales sur deux types de sols Landais

Mycorhization initiale par *Pisolithus tinctorius*.

Régime hydrique	ETM	ETM/2	ETM/4	ETM/8
Horizon A, de podzol humique de lande sèche (Sore)	25 %	25 %	40 %	45 %
Sable dunaire de lette (Le Porge)	65 %	65 %	80 %	90 %

Chaque nombre représente le pourcentage moyen de mycorhizes de *P. tinctorius* par rapport au nombre total de mycorhizes. Sur le podzol humique, les mycorhizes autres que celles de *P. tinctorius* sont indéterminées. Sur le sable dunaire, elles appartiennent au genre *Rhizopogon*.

ETM : évapotranspiration maximale (voisine de la capacité de rétention en eau).

Conclusion

D'après cette expérience, la proportion de *Pisolithus tinctorius*, mycorhize introduite dans le milieu à la plantation, s'accroît par rapport aux mycorhizes naturelles quand la sécheresse augmente. *Pisolithus tinctorius* est donc mieux adaptée à la sécheresse que les mycorhizes naturelles de ce milieu.

B. — Résistance au calcaire

Deux facteurs peuvent intervenir dans la résistance au calcaire de certaines essences forestières, l'origine génétique et la mycorhization, comme cela a par exemple été vérifié pour l'*Eucalyptus darlympleana* et le Douglas. Ainsi certains écotypes édaphiques de Douglas (races modélées par le facteur sol) se développent très normalement sur des sols carbonatés, comportant du calcaire actif. Il en est de même pour d'autres essences (*Pinus ponderosa*, *Picea*

2. — Influence de la mycorhization contrôlée sur l'« efficience » de l'eau chez le pin maritime en conditions expérimentales

(Sable dunaire à ETM/4).

Moyennes des paramètres	EC/PA	EC/PR	EC/PT
Mycorhization témoin (<i>Rhizopogon sp.</i>)	164	224	95
Mycorhization par <i>P. tinctorius</i> (80 %) et <i>Rhizopogon</i> (20 %)	132	185	76

EC : eau consommée (en ml)

PA : phytomasse aérienne fraîche (en g)

PR : phytomasse racinaire fraîche (en g)

PT : phytomasse totale fraîche (en g)

Les rapports EC/PA, EC/PR et EC/PT sont significativement plus élevés pour les pins mycorhizés par le *Rhizopogon sp.* que pour les pins mycorhizés initialement par *P. tinctorius* et, après 18 mois d'expérience, par le *P. tinctorius* (80 %) et *Rhizopogon sp.* (20 %). L'« efficience » de l'eau consommée étant en rapport inverse avec ces paramètres, elle est donc meilleure dans ces conditions pour les pins mycorhizés majoritairement par *P. tinctorius*.

Conclusion

La résistance à la sécheresse des pins est donc améliorée par introduction lors de la plantation de *P. tinctorius*.

Daniel MOUSAIN

Institut national de la recherche agronomique
Ecole nationale supérieure agronomique
Laboratoire des Symbioses des racines
9, place Viala, 34060 Montpellier cedex

glauca, hêtre) (Y. Birot). L'utilité des mycorhizes est clairement démontrée pour les pins qui présentent des perturbations métaboliques s'ils en sont dépourvus sur sol calcaire. Par contre les mycorhizes du cyprès ne semblent pas jouer ce rôle puisqu'ils ne présentent pas de différence de comportement sur du sable calcaire et sur du sable non calcaire alors qu'ils en sont dépourvus. Le fait de ne pas introduire les mycorhizes spécifiques d'une essence nou-



Photo 4. Douglas sur sol calcaire dans les Préalpes de Digne.
Photo B.L.V.

velle pourrait donc être une cause de réduction de sa croissance (D. Piou). En effet, certaines mycorhizes permettent aux plantes d'assimiler l'azote, présent surtout sous forme nitrrique dans les sols calcaires. Elles jouent également le rôle de filtre à calcium. Les Eucalyptus présents sur des sols calcaires en Australie en bénéficient. Des recherches pourraient permettre l'extension des eucalyptus sur des sols calcaires en France (J.N. Marien).

M. Jean Toth rapporte qu'en 1970, les semis de cèdre jaunissaient en pépinière dans un sol argileux à taux élevé en calcaire actif (8 à 10 %). Ces semis ont eu un reverdissement spectaculaire après que l'on ait apporté à cette terre de la litière des cèdres du mont Ventoux comportant des filaments blancs. Le pin maritime, par contre déperit au mont Ventoux dans les mêmes conditions. Il pourrait être rendu résistant au calcaire en introduisant une flore adaptée spécifique, celle du cèdre ne lui convenant pas. Il s'agit là d'une recherche fondamentale qui n'a pas grand intérêt sur le plan pratique (D. Mousain).

C. — Pratique de la mycorhization

En France, cette technique est utilisée parfois au moment du semis en pépinière, mais il n'y a pas d'exemple de transfert direct de mycorhize en forêt comme cela se pratique en zone tropicale ou équatoriale ou encore sur des terrils de mine aux U.S.A. L'effet recherché dans une mycorhization contrôlée est un **effet starter** durant les premières années de plantation. Par la suite, la population de champignons va diminuer d'elle-même en raison du couvert; ce qui n'est pas le cas des truffes pour lesquelles on maintient un équilibre favorable à la production (D. Mousain).

D'autres exemples de **mycorhization de pépinières** par apport d'humus forestier sont rapportés. M. Max Robin (cf. photo page suivante) pratique ainsi pour ses semis de Pins noirs. L'abondance de filaments pose parfois des problèmes car les clients croient que ce sont des moisissures. M. Auger relate l'expérience d'une mycorhization naturelle réalisée fortuitement en arboretum sur un lot de proteacées (*Hakea saligna* d'Australie) alors que les plants de cette même espèce étaient chétifs et très chlorosés en pépinière. Depuis lors, on apporte aux proteacées en pépinière de la terre prélevée dans cet arboretum, ce qui rend leur culture facile dans la zone la plus chaude du littoral et leur confère une résistance à la chlorose et à la sécheresse et une vigueur exceptionnelle. Ces mêmes plantes cultivées dans des sols trop humides deviennent chlorotiques car cette mycorhize ne supporte pas les excès d'humidité.

Cependant, tous les problèmes d'introduction d'une essence nouvelle ne proviennent pas de l'absence de mycorhization spécifique. Les **techniques d'élevage des plants et d'introduction** ont également une grande importance. Ainsi le sapin de Céphalonie a connu des réussites variables dans ses introductions dans les arboretums de l'I.N.R.A. sans mycorhization. Certaines réussites ont étonné les forestiers grecs qui connaissent eux aussi des échecs (P. Ferrandes). Ainsi, l'effet positif de l'abri latéral a été démontré, pour les sapins méditerranéens, à cause de son effet sur l'alimentation en eau ou sur les brûlures du soleil (Y. Birot, F. Nouguier). De même, l'introduction de l'*Eucalyptus delegatensis* a connu des échecs marqués jusqu'au moment où l'on a modifié les techniques de pépinières (J.N. Marien).

Jusqu'à présent, seules les mycorhizes de modèles simples ont été étudiées, les pins en particulier. Les essences plus nobles telles les sapins et les cèdres sont des cas plus complexes que l'on connaît mal malgré leur grand intérêt forestier.

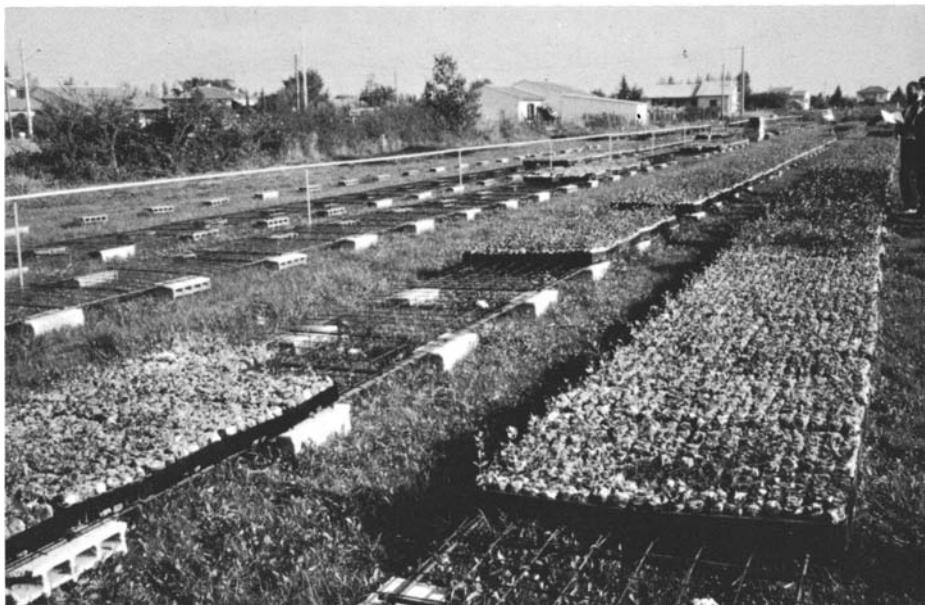


Photo 5. La mycorhization, une technique qui commence à être employée au stade de la pépinière.

Photo D.A.

2. — Enrichissement et placeaux de dissémination

M. Daniel Alexandrian rapporte le bilan que le C.E.M.A.G.R.E.F. réalise avec l'O.N.F. sur les introductions par placeaux réalisées dans le Var il y a une dizaine d'années. Etant donné les surfaces très importantes de taillis et de maquis de ce département, de petits placeaux de cèdres ont été installés, dans le Haut Var en sol calcaire et dans les Maures en terrain cristallin, de façon à permettre, par régénération naturelle, la constitution d'une forêt mélangée.

Les cèdres sont répartis de façon régulière, un placeau par hectare, composé de 3 à 9 plants. Pour cela le taillis est dégagé dans un rayon de 5 mètres, le travail du sol est réalisé à la main, parfois avec de petites cartouches d'explosif. Le prix de revient est environ de 3 000 F par placeau. Les résultats sont assez décevants par rapport à des méthodes plus classiques en plein ou en bandes. En réalité l'accès et l'entretien sont difficiles et les arbres ont de grandes peines à démarrer. De plus, les sangliers attirés par la terre remuée font des dégâts.

M. Yves Birot soulève le problème de la consanguinité dans la descendance, du fait du très faible nombre d'arbres qui porteront des fruits à l'âge adulte, qui risque de se poser à la deuxième génération puisque tous les arbres seront frères ou demi-frères. Des enrichissements, ayant un but de dissémination, réalisés par lignes ou bandes travaillées mécaniquement, et constituant éventuellement des pare feux arborés, sont donc susceptibles de donner de meilleurs résultats pour un coût moindre et avec des entretiens plus aisés (D. Alexandrian). La distance entre les lignes pourrait être de l'ordre de 100 mètres, sachant que le cèdre dissémine abondamment sur 50 mètres dans la direction du mistral et de façon moindre jusqu'à 200 mètres de distance (Toth). Les essences les plus aptes à disséminer naturellement sont le cèdre et le sapin (P. Ferrandes), le cèdre se régénérant mal sous un couvert sombre de chêne vert, mais mieux sous le couvert du chêne pubescent alors que les sapins supportent un couvert épais (F. Nouguier).



Photo 6. Le Cèdre est une essence particulièrement apte à se régénérer naturellement en région méditerranéenne, à découvert.

Photo D.A.

Photo 7. Dans des conditions de couvert plus favorable, les sapins méditerranéens connaissent également des régénération spectaculaires.

Photo B.L.V.

De nombreux exemples de régénérations spectaculaires de cèdres sont cités comme celle du mont Ventoux, sur la commune de Flassan, où les forestiers procèdent actuellement au dégagement des multiples semis issus, après plusieurs générations, de quelques placeaux de cèdres introduits à l'origine (A. Pelissier). La Compagnie nationale d'aménagement du Bas-Rhône-Languedoc a, pour sa part, introduit dans tous ses reboisements du Gard et de l'Hérault 5 % de sapin de Nordmann, certains connaissant de très belles réussites et régénérations (R. Marill). Ce type d'**essai systématique** sur de petites surfaces devrait être généralisé (F. Nouguier). En Lozère, des placeaux de sapins situés en limite de crête se régénèrent actuellement sous les peuplements voisins de pins et de mélèzes.

Le mélèze, qui peut être une essence transitoire, prêtant son couvert léger à la régénération d'une essence mieux adaptée, ne semble pas à conseiller à basse altitude car il dégénère vite et il y a un gros risque de favoriser les problèmes phytosanitaires, cette essence y étant très sensible (M. Rolland).



3. — Engrais et fertilisants

A. — Essais du C.E.M.A.G.R.E.F.

M. Daniel Alexandrian présente les conclusions que l'on peut, dès à présent, tirer d'essais assez récents du C.E.M.A.G.R.E.F. en matière de fertilisation forestière par apport d'enfouissement minéraux ou organiques (boues de stations d'épuration et compost d'ordures ménagères).

Dans la région, les sols sont fréquemment carencés en **phosphore** et cet apport sous forme minérale a un effet significatif sans être spectaculaire : 20 % de croissance supplémentaire au maximum au bout de 5 à 10 ans. L'**azote** apporté seul peut avoir un effet favorable ou défavorable et il convient d'être prudent en situation forestière alors que l'apport azote + phosphore a un effet favorable en pépinière.

Le problème est plus complexe pour les composts urbains selon le type de matière organique apportée :

— les **gadoues vertes** sont des ordures ayant subi un broyage et un criblage avant d'être simplement mises en tas;

— les **composts urbains**, eux, ne contiennent plus de graines indésirables et la matière organique est en partie décomposée grâce à une fermentation contrôlée et à l'échauffement qu'ils ont subi.

Ces deux produits ont des valeurs agronomiques et économiques différentes. Si le premier est un déchet gratuit, le second est un substrat organique qu'il faut acheter.

Sur plusieurs essais âgés de 4 ans, on constate que :

— les composts urbains appliqués à des doses de 100 à 1 000 tonnes par ha ont un **effet dépressif à la plantation** et la reprise est moins bonne que celle du témoin. Apportée en surface, cette couche épaisse de mulch limite l'évaporation du sol, mais peut intercepter les pluies de faible intensité sans qu'elles puissent parvenir au sol et donc aux plants.



Photo 8. Le compost enfoui sur toute la surface (1 200 tonnes/ha, soit 18 cm d'épaisseur) a eu un effet très favorable sur la croissance, mais favorise également la concurrence herbacée (cypres vert de 1 mètres après 1 an de plantation). Essai C.E.M.A.G.R.E.F.

Photo Ripert.

Photo 9. Dans cet essai, grâce à une préparation soignée (décapage très superficiel, épandage de compost régulièrement en surface puis sous-solage), l'effet a été positif sur la croissance sans nuire à la reprise. Essai C.E.M.A.G.R.E.F. Photo Ripert.



Ils ont un effet favorable sur la croissance : on peut ainsi doubler, voire tripler, la croissance en hauteur de certaines essences, le cyprès vert en particulier.

Ce compost épandu en surface a un effet thermique : le sol se réchauffant plus vite, les arbres démarrent plus tôt et les pousses des sapins peuvent être grillées par les gels de printemps. Les débris de plastique et de verre peuvent causer un problème esthétique durant 1 ou 2 ans, ensuite ils disparaissent. Leur effet peut même être favorable sur la structure du sol.

B. — Essai de Merindol

M. Michel Rolland rapporte les résultats très récents d'un essai mené sur la commune de Merindol par le Parc naturel régional du Luberon, la Chambre d'agriculture et l'Office national des forêts. Il s'agit d'une plantation de chêne vert, chêne blanc, cèdre et pin d'Alep fertilisée avec du compost d'ordure ménagère vieux de 6 à 7 mois et avec des boues provenant des déchets d'une usine de gélatine ($\text{pH}=11$, contenant du Chloro et des métaux lourds). Le travail du sol est réalisé par sous-solage et explosif, le compost est enfoui lors de la création du potet. Au bout d'un an, on peut constater que :

— le compost apporté à des doses de 100 à 350 tonnes par ha a un effet positif sur toutes les essences. Le cèdre augmente sa croissance proportionnellement à la dose avec un gain de 120 % pour 350 tonnes, alors que les autres essences présentent parfois un léger effet dépressif aux fortes doses.

Cet apport n'a aucun effet sur le taux de mortalité.

— Par contre les boues ont un effet catastrophique pour toutes les essences sur la croissance et la mortalité, sauf pour le pin d'Alep qui enregistre un gain de croissance très faible.

— Pour ce qui est de la préparation du sol, il semble que la plantation ait été réalisée trop vite après la préparation à l'explosif, la mortalité a été catastrophique dans ce cas.

Contrairement à l'essai précédent, on pourrait penser que le compost enfoui lors du travail du sol a un effet plus favorable. En fait, dans ce cas, l'enfouissement a dû être très léger et l'effet négatif du compost en surface est moindre car les doses sont beaucoup plus faibles. Un labour à la charrue Rome réaliserait une bonne incorporation au sol alors que le sous-solage ne fait qu'écartier le compost de la racine. Daniel Alexandrian précise que, dans un autre essai, le compost enfoui a également eu un effet négatif.

C. — Fertiliser ou pas ?

M. Jean-Noël Marien rappelle qu'il ne sert à rien de faire des apports d'engrais minéraux si un autre facteur limite la croissance, comme la sécheresse par exemple. Une fertilisation en azote peut même être néfaste en favorisant les adventices et donc en aggravant encore la concurrence pour l'eau; elle a pu également causer des déséquilibres physiologiques à la plantation, sur terrain calcaire sous-solé, alors qu'il n'y avait pas de concurrence herbacée; ou bien favoriser le ciste au dépend du pin maritime après discage (M. Rolland). D'autre part un apport d'azote trop important en pépinière sensibilise les plantes au gel d'automne à cause de défauts de lignification (D. Mousain).

Photo 10. Une fertilisation non adaptée (ordures ménagères non compostées et riches en graines de mauvaises herbes, ou même une fertilisation azotée) peut favoriser la concurrence herbacée au dépend des arbres plantés.
Photo D.A.

L'effet de la fertilisation ne devient positif que s'il n'y a plus de problème d'alimentation en eau ou de concurrence. Dans ces conditions, des pastilles d'engrais (de type 5 - 10 - 15) placées sous les plants en cas de plantation manuelle peuvent donner d'excellents résultats (J.N. Marien).

M. Daniel Mousain expose le cas de la fertilisation dans les Landes. Le phosphore est également l'élément le plus intéressant dans les landes à bruyère; de même que l'azote, il peut être positif à condition que l'on ait éliminé la concurrence, car la callune et la bruyère ont des symbioses racinaires plus efficaces que celles des pins pour assimiler le phosphore, de plus elles秘rètent des substances toxiques par leurs racines.

D. — Fertilisation en pépinière

Monsieur Robin ajoute à ses substrats des engrains retard (*Osmocote*) en mélange de façon à ce que la libération soit progressive pendant 18 mois. Cette libération se fait sous l'effet de la température (à partir de 20°C) et il convient d'utiliser des doses assez faibles (2 kg/m^3 au maximum) pour ne pas provoquer de brûlures des racines au mois de juillet. D'autres engrains de ce type ont des libérations plus progressives (M. Rolland).

M. Gérard Perron obtient de très bons résultats en pépinière d'Eucalyptus avec des substrats composés d'écorces de pin des Landes broyées et de cendres, accompagnées éventuellement de sciure de résineux pour un prix de revient intéressant.

E. — Matière organique — Litière

M. Jean Bioulles pose le problème de l'effet de la décomposition d'une litière de pin sylvestre sur une jeune plantation. Il s'agit de pins sylvestres exploités à blanc dans la Drôme, sur un plateau calcaire à 1 000 m d'altitude. Les houppiers et rémanents, mis en andains, ont été broyés et constituent une litière de 10 cm d'épaisseur. Au bout d'un an, la plantation va être réalisée après un sous-solage.

M. Daniel Alexandrian répond que cette litière peut effectivement dégager des produits phyto-toxiques, variables selon les essences. Sa décomposition mobilise également l'azote du sol et risque de causer un manque d'azote.



pour les plants si cette litière est incorporée au sol à moins que l'on ne plante entre les andains de rémanents broyés. Un apport d'engrais azoté pourrait activer les processus de dégradation de cette litière.

M. Robert Marril rappelle que les techniques de travail du sol évoluent depuis 20 ans : le décapage a été remplacé par un gyrobroyeur ou un enfouissement à la charrue à disque. Il faut alors éviter de planter trop vite après pour permettre à la végétation détruite de se décomposer et au sol de se tasser. Ce délai a l'inconvénient de faire perdre de l'argent, il peut aussi permettre de mieux adapter la production de plants s'ils sont commandés dès que l'on a connaissance de l'autorisation de programme des travaux.

F. — Cultures intercalaires amélioratrices

M. Daniel Mousain évoque le problème des cultures complantées avec des légumineuses herbacées comme

en avait réalisé Monsieur Illy dans la dune landaise en 1960. M. Jean-Noël Marien rapporte une expérience réalisée en Margeride de plantation sur arène sèche avec culture intercalaire de trèfle qui a causé un effet dépressif dû à la concurrence en eau. De même la luzerne peut avoir un effet dépressif sur des plantations de peupliers (D. Castaner). Il semble que ces techniques ne soient pas utilisables en région méditerranéenne à cause du déficit en eau.

Des plantations associées d'arbres fixateurs d'azote ne posent pas ces problèmes de concurrence. M. Simon Miquel a réalisé en Corse (étage supraméditerranéen) des plantations, à un écartement de 3×3 , de feuillus précieux intercalés avec des aulnes à feuille en cœur permettant ainsi de réaliser plus rapidement une couverture du sol pour un coût moindre puisque les plants d'aulnes sont beaucoup moins chers. Des plantations de ce type, avec des Noyers, ont eu des résultats assez spectaculaires aux U.S.A. De même dans une plantation de noyers hybrides, en Dordogne, complantée de robiniers; la coupe des robiniers a causé un effet dépressif aux noyers qui sont repartis ensuite. La croissance de ces noyers hybrides de 10 ans était spectaculaire (D. Castaner).

4. — Préparation du sol et plantations

M. Mohamed Khatouri s'interroge sur les problèmes d'érosion causés par le travail mécanique du sol alors qu'au Maroc, il est réalisé à la main avec de bons résultats. Le sous-solage, en particulier, est-il indispensable pour une bonne réussite ? Cette question, débattue lors de la tournée, n'a pas de réponse unique, beaucoup de facteurs entrent en jeu, en particulier les conditions de sol et son aptitude à l'érosion.

Par rapport à certaines techniques abordées précédemment, M. Franck Nouguier insiste sur l'importance primordiale du travail du sol afin de mettre l'arbre en conditions optimales pour qu'il puisse avoir une bonne reprise et une bonne croissance les premières années. Les principes de base font l'objet de fiches et ce sujet n'a été qu'évoqué à diverses reprises lors des débats.

Pédologie — Préparation du sol et choix des essences dans les Alpes du Sud

Voici quelques considérations sur la préparation du sol et le choix des essences dictées par des observations pédologiques et géomorphologiques dans les Alpes du Sud.

Les sols des Alpes du Sud ont des caractéristiques très variables selon leur formation (altération de la roche mère ou bien dépôt de pente), la nature de la roche mère (calcaire pur ou marneux) et leur composition :

— Une forte proportion d'éléments fins argileux ou limoneux (marne) constitue des sols peu aérés.

— Une forte proportion de cailloux et de graviers ou de sable, au contraire, améliore l'aération du sol et le drainage.

— Le pendage, s'il est favorable, permet l'enracinement des arbres entre les strates rocheuses et l'infiltration de l'eau en profondeur; de même pour une roche mère fissurée par rapport à une dalle calcaire peu altérée.

— La matière organique joue aussi un grand rôle pour la structure du sol. Beaucoup de sols peu évolués sont remaniés sans cesse par l'érosion. Ils sont très pauvres en matière organique et leur structure est mauvaise, surtout dans les roches marneuses.

La structure du sol qui détermine son aération et sa perméabilité est un élément déterminant pour le choix des techniques et des essences de reboisement.

Elle est conditionnée essentiellement par la proportion d'éléments fins ou grossiers et par la quantité de matière organique (la vie biologique du sol lui conférant une bonne structure).

Choix des essences

- Certaines essences à enracinement superficiel (Pins et Aulne de Corse par exemple) s'accomodent de sols riches en éléments fins, peu perméables (sols peu évolués sur marne, colluvion de bas de versant).

- D'autres essences à enracinement puissant (Cèdre, Noyer par exemple) exigent des sols profonds et perméables ou parfois des sols superficiels sur des roches fissurées.

Préparation du sol (cf. Fig. 1, p. suivante)

- Pour des sols riches en éléments fins (coupes a, d, i) le sous-solage facilitera l'implantation des arbres et leur enracinement. Sur ce même type de sol, fertile, la lutte contre la végétation adventice sera indispensable les premières années.

- Les sols riches en éléments grossiers (coupe e) et les roches mères fissurées (coupe b) peuvent présenter naturellement des conditions favorables à l'enracinement des arbres et le sous-solage n'est pas toujours indispensable, d'autant plus qu'il remonte de gros blocs en surface. Cependant, certains éboulis ont des consolidations calcaires en profondeur qui, s'ils ne sont pas trop défavorables, doivent être brisées par le sous-solage. La lutte contre la végétation adventice sera d'autant plus limitée que le sol sera pauvre en éléments fins.

Bruno LE VOYER

	COUPE	CARACTÈRES DÉTERMINANTS
I Alteration de la roche mère		
1) Surface structurale (banc épais de calcaire dur) peu incliné	calcaire oolithique lithographique calcaire à silex etc...	(a) altération par dissolution : profondeur du sol sol non calcaire
2) Sédiments stratifiés	calcaire marneux alternance calcaire - marne marnes consolidées	(b) altération par fissuration en surface : intensité et profondeur de la fissuration sol peu ou pas calcaire
3) Marnes	marnes feuilletées terres noires	(c) pente pendage des couches dioclases et fissuration des bancs calcaires altération des bancs marneux et aération du substrat formé évolution du sol par la matière organique
II Dépot de pente		
1) Éboulis	éboulis de gravité	(d) pente profondeur de l'altération formant un substrat meuble aération, porosité et drainage de ce substrat évolution du sol par la matière organique
	éboulis litté	(e) proportion de matrice fine consolidation éventuelle en profondeur
2) Formation de pentes		
3) Coques sédimentaires		(f) proportion d'éléments grossiers texture de la matière fine aération, porosité, drainage
4) Colluvions		(g) idem
		(h) idem
		(i) idem

Fig. 1. — Formations superficielles et aptitudes forestières des versants calcaires des Alpes du Sud.



Photo 11. Travail réalisé lors de la démonstration de matériel par le Crabe. Ce cover-crop réalise ici la destruction d'un maquis bas à bruyère et genêt ainsi qu'un travail superficiel du sol.

Photo B.L.V.

Les principes fondamentaux du travail du sol

En reboisement, bien que les conditions physiques (souches, enrochement, etc.) ou topographiques (pentes) ne se prêtent pas souvent à une mécanisation du travail du sol, il faut malgré tout retenir les mêmes critères qu'en agriculture et tendre à s'en rapprocher le plus possible. Deux opérations sont fondamentales pour une bonne préparation du sol : un sous-solage profond et un ameublissement de la terre végétale de surface.

1. — Décompacter le sol

Le sous-solage ou rippage a pour but de fissurer le sol et d'éclater les couches compactes (tassemement naturel, couche imperméable, semelle de labour ou de piétinement, etc.) et par ce fait il augmente le volume de sol disponible. Il permet ainsi une meilleure infiltration de l'eau (des réserves hydriques plus importantes qu'il ne faut pas négliger en climat méditerranéen) et facilite la pénétration des racines en profondeur.

Pour être efficace, il doit être exécuté dans un sol le plus sec possible. Dans un sol humide, le sous-solage n'effectuera qu'une saignée dont les parois seront d'autant plus lissées et compactées que le sol aura une teneur en argile importante.

2. — Ameublir le sol

Que ce soit mécaniquement par labour, travail à la tarrière, etc. ou manuellement, l'ameublissement comme son nom l'indique doit ameublir le sol, c'est-à-dire le fractionner plus ou moins grossièrement, l'aérer et créer une structure favorable à la pénétration

et la conservation de l'eau. Il doit permettre aux jeunes plants de développer plus facilement et plus rapidement leurs racines, ce qui a pour corollaire d'augmenter leur croissance aérienne. Or, plus le plant poussera vite dans son jeune âge, plus vite il s'affranchira de la concurrence, diminuant ainsi les entretiens donc les coûts d'installation, tout en augmentant la productivité.

Un bon travail du sol doit comporter ces deux phases de préparation : décompactage et ameublissement.

Suivant la nature du sol et la topographie, la mécanisation sera plus ou moins possible. Parfois dans certains cas difficiles, elle sera remplacée par un seul travail manuel, aussi pour les raisons évoquées ci-dessus, celui-ci devra être très soigné.

Si la plantation intervient derrière un sous-solage, sans autre travail mécanique du sol, il faut absolument interdire la plantation au coup de pioche dans la raie de sous-solage. Cette technique trop souvent utilisée facile, certes, la plantation (et le rendement des plantateurs !) mais multiplie le risque de disposer les racines ou les mottes dans des poches d'air où elles se dessécheront, provoquant ainsi un fort taux de mortalité. C'est un cas fréquent dans les sols rocheux où la sous-soleuse remonte la roche en surface et « souffle » le sol, en particulier avec des calcaires en plaques.

Dominique CASTANER
Institut pour le développement forestier
8, rue de la Capelane Saint-Brès 34670 Baillaynes

Plantations

On peut répartir de 3 groupes les types de plantations en région méditerranéenne :

1. — la plantation de feuillus ou résineux racines nues,
2. — la plantation de godets avec enveloppes dures ou non dégradables,
3. — la plantation de godets avec enveloppes biodégradables.

Avant de traiter la mise en place du plant, on doit attirer l'attention sur l'arrachage, le conditionnement et l'acheminement des plants sur le chantier.

1. — Les plants à racines nues

Il est très important que la manutention des plants dans la phase arrachage soit réalisée très rapidement afin que les racines soient exposées le moins de temps possible aux rayons du soleil et au vent. Ces précautions étant prises, il est souhaitable, après avoir confectionné des bottes de 50 ou 100 unités, de mettre les racines dans un sac plastique qui sera fermé au niveau du collet, en ayant soin de mettre dans le sachet quelques poignées de tourbe très humide (presque liquide). Ce conditionnement est bien meilleur que la mise en jauge, d'une part le plant ne souffre pas pendant le transport et d'autre part les racines restent toujours humides. Cette méthode permet une conservation d'au moins 8 jours sur le chantier.

Pour la deuxième opération plantation, il est nécessaire de rafraîchir l'extrémité des racines de quelques centimètres, ensuite remettre le sac dans un panier. L'ouvrier peut alors commencer la plantation.

Je préconiserais pour cette mise en place dans un terrain préparé mécaniquement, un outil « piochon » maniable d'une main, avec un côté pic et l'autre panne, un manche de 40 cm de long affuté à l'extrême, qui servira de plantoir.

Pour effectuer une bonne plantation sur un terrain caillouteux (comme c'est souvent le cas en zone méditerranéenne), l'ouvrier piochera sur un cube de 25 à 30 cm de côté en extirpant les pierres et les racines. Lorsque le pot est ainsi préparé, il se sert du piochon pour faire un trou cylindrique de 5 ou 6 cm de diamètre et de 20 à 25 cm de profondeur. Il prend un plant et, avec l'aide du manche, il glisse les racines dans le trou en tenant le feuillage du résineux ou la tige du feuillu dans l'autre main. Il se sert à nouveau du manche pour tasser la terre autour des racines en plantant la cheville à quelques centimètres des racines et en rabattant la terre vers celle-ci; ce geste doit être répété 2 ou 3 fois. Ensuite il tasse la terre avec les pieds autour du plant et à nouveau avec le piochon côté panne, il confectionne une cuvette de 25 ou 30 cm de diamètre et de 5 ou 6 cm de profondeur.

Cette technique de plantation nécessite environ 1 minute 10 secondes, soit un potentiel ouvrier/jour pour 7 heures effectives de travail :

$$\frac{7 \text{ h} \times 60 \text{ mn}}{1,10} = 400 \text{ environ.}$$

P.S. : Une variation de temps peut exister selon le terrain, il est à prévoir une fourchette de temps pouvant varier entre 40 secondes à 4 minutes. La moyenne retenue est prise sur des données d'une entreprise sur 10 ans.

2. — Les plants en conteneurs durs ou non dégradables

L'utilisation des godets est certainement le moyen de reprise le plus sûr, mais il est indispensable de prendre certaines précautions pour son transport pépinière-chantier.

Le godet étant assez lourd, il faut veiller à ce que les manipulations pendant le transport ne soient pas trop brutales afin de ne pas porter préjudice à la cohésion de la motte, qu'il soit bien humidifié avant le départ de la pépinière et qu'il ne soit pas trop exposé au vent pendant le stockage sur le chantier.

Avant la plantatin, tout godet doit être trempé dans un bac d'eau et gorgé jusqu'à refus. Il doit être mis dans un panier dur et non dans un sac qui provoque l'écrasement et une détérioration de la motte pour son transport à pied d'œuvre.

La préparation du pot est exactement la même que pour la racine nue. Pour la mise en place, on ouvre un trou correspondant à la dimension du conteneur utilisé. Le godet est dépouillé de son enveloppe par différents procédés selon le type utilisé : coupure du polyéthylène — écartement pour le W — arrachage du paperpot. On glisse la motte dans le trou en maintenant bien verticalement avec une main et l'on ramène de la terre autour avec la panne du piochon. Lorsque la terre est au niveau supérieur du godet, on serre autour avec les pieds en ayant la précaution de ne pas marcher sur le godet pour ne pas l'écraser, cette opération terminée on recouvre le godet de 2 ou 3 cm de terre meuble tout en aménageant une cuvette autour.

Le temps de plantation y compris la manutention, le trempage de chantier, permet un potentiel jour/ouvrier de :

$$\frac{7 \text{ h} \times 60 \text{ mn}}{2 \text{ mn}} = 210 \text{ plants.}$$

P.S. : Une variation de temps peut exister selon le terrain et la topographie du même terrain. Il faut prévoir une fourchette de temps pouvant varier entre 1 minute à 4 minutes 30 secondes. La moyenne retenue est prise sur des données d'une entreprise sur 10 ans.

3. — Les godets à enveloppes biodégradables

Pour ce type de godets, la plus grande précaution à prendre est d'éviter le dessèchement.

En plus de l'arrosage en pépinière, il est indispensable de l'arroser toutes les 48 heures; il faut également le gorger d'eau avant la plantation, par contre, le substrat étant plus léger, et l'enveloppe faisant corps avec le système racinaire, il est moins fragile aux manutentions. Il nécessite un recouvrement de terre meuble d'au moins 4 cm afin d'éviter tout effet de mèche d'évaporation.

Pour la plantation, il faut répéter les mêmes façons que pour les autres godets.

Le temps de plantation y compris la manutention est de 1 minute 15 secondes environ, soit un potentiel ouvrier/jour de :

$$\frac{7 \text{ h} \times 60 \text{ mn}}{1,15} = 350 \text{ plants.}$$

P.S. : Une variation de temps peut exister selon le terrain, il est à prévoir une fourchette de temps pouvant varier entre 40 secondes et 2 minutes 30 secondes. La moyenne retenue est prise sur les données d'une entreprise sur 3 ans.

Pour effectuer une plantation dans ces normes, il faut avoir impérativement des plants de 10 cm de haut car pour bien enterrer les mottes provenant de quelque godet que ce soit, et créer une cuvette, il faut que les plants soient assez grands afin qu'ils ne se retrouvent pas enterrés et asphyxiés à la première pluie.

Robert COMBE
Pépiniériste Charleval,
13640 La Roque d'Anthéron

5. — Irrigation et limitation des pertes en eau

Un des principaux soucis du forestier en région méditerranéenne est de mettre les arbres dans les meilleures conditions possibles vis à vis de son alimentation en eau. Pour cela, le travail du sol est primordial. Certaines techniques permettent d'améliorer les capacités de rétention en eau du sol : paillage, hydrorétenteur. Bien que l'arrosage soit certainement la méthode la plus efficace pour résoudre ce problème, il est très difficile à mettre en œuvre en forêt.

A. — Irrigation

M. Alexandrian rapporte les résultats d'un essai suivi par le C.E.M.A.G.R.E.F. à Cogolin (Var) qui part du constat suivant :

Les eaux usées de stations d'épuration sont riches en éléments minéraux et elles sont en général rejetées en rivière ou en mer; d'autre part, sur le littoral, les quantités augmentent en été du fait de l'afflux touristique à la période de besoin maximal pour les végétaux. L'essai est installé à quelques kilomètres de la mer, sur un sol très superficiel (micaschistes). Les essences classiques introduites, notamment le Pin pignon, réagissent très bien à cette irrigation et les effets sont même spectaculaires pour des essences moins bien adaptées telles que le platane ou le robinier, dont les pousses atteignent 1,5 m par an. Les techniques utilisées sont : l'aspersion, à titre expérimental

à cause des problèmes sanitaires, et le goutte à goutte, avec des problèmes de régulation dûs aux fortes pentes. Ces essais sont trop récents pour en tirer des résultats définitifs. Cependant, la technique du goutte à goutte est beaucoup plus efficace en favorisant davantage les plants forestiers par rapport au maquis. Les doses utilisées ont été de 0,5 à 2 fois l'ETP (évapotranspiration potentielle). La dose de 2 ETP semble trop élevée car elle provoque un ruissellement sur le sol, pour le goutte à goutte.

Discussion

Des méthodes plus simples peuvent être utilisées en laissant l'eau s'écouler entre les billons formés à la plantation, une rigole pour deux lignes de plants (A. Bailly). Pour M. Tessier, l'époque d'arrosage la plus favorable n'est pas forcément l'été, puisque le pin d'Alep est normalement en dormance à ce moment là, ce serait plutôt l'automne. Il est précisé que dans cette expérience, il s'agit surtout d'éliminer des eaux usées durant l'été, l'arrosage intervenant dès les premiers déficits en eau au mois de mai ou juin. M. Marril évoque également l'asphyxie que subit le pin d'Alep sur des pelouses abondamment irriguées dans la banlieue de Nîmes. M. Alexandrian apporte un nouvel exemple qui semble prouver qu'un arrosage permanent peut être bénéfique. A Luminy, les sapeurs-pompiers ont installé un pare-feu irrigué par aspersion dans un boisement de pin d'Alep ayant alors 20 à 25 ans. Au bout de 8 ans, un incendie a tout détruit et les arbres morts exploités montrent que leur croissance en diamètre a été multipliée par 10 durant les 8 années d'irrigation. M. Marien confirme que la chlorose est moins forte dans des terrains bien approvisionnés en eau.

L'irrigation peut modifier le cycle biologique naturel des arbres et il faut donc envisager cet apport d'eau de manière permanente, ou du moins jusqu'à ce que le pare-feu arboré soit bien fermé, en procédant alors à un sevrage progressif. Il y a donc des risques de rendre les arbres tributaires d'un arrosage permanent et cher. Pour M. Toth, l'irrigation est une technique utilisable pour sauver de jeunes plantations de la sécheresse. Ainsi à Bargeac, un reboisement de cèdre a été sauvé grâce à un apport d'eau par citernes durant deux années sèches.



Photo 12. Platane recevant une irrigation de 2 ETP au goutte à goutte dont la croissance annuelle est supérieure à 1 mètre.

Photo Ripert.

B. — Paillage

L'apport de compost forestier (bois broyé) au pied des arbres a un effet de mulch moins efficace et moins durable que le plastique en couverture du sol (D. Castaner). Dans une plantation réalisée à Sillans la Cascade (Haut-Var), on a apporté 20 et 60 litres de ce compost au pied de cèdres et de robiniers dans un terrain marneux. Sur le cèdre, l'apport de 20 litres n'a pratiquement pas d'effet, 60 litres améliorent très légèrement la croissance les premières années alors que l'effet est plus durable sur le robinier qui peut, au bout de 5 à 6 ans, avoir un gain de 70% malgré des dessèchements de cime dûs à la mauvaise adaptation de cette essence au climat (D. Alexandrian).

C. — Hydrorétenteurs

Ces produits, mélangés au sol, retiennent artificiellement l'eau. Dans les Alpes Maritimes, l'O.N.F. a employé de « l'Agro-mousse » placé au fond du trou de plantation de chênesverts et de pins parasols, ce dernier ayant une croissance légèrement améliorée au bout de 2 ans. Dans les mêmes conditions, les anti-disséchants n'ont pas d'effet (plants trempés dans un produit anti-évaporant) (M. Augé).

Utilisé en Corse, le *poly-acreamide réticulé* fixe 150

fois son volume d'eau en terrain calcaire, 600 fois en terrain acide. A cause d'une mauvaise incorporation au sol, des doses de 15 grammes provoquent un gonflement considérable (2 litres) qui a expulsé les plants. Incorporé à l'explosif, des doses de 50 à 100 grammes ne posent pas ce problème. Les résultats n'ont pas été significatifs cette année car la pluie a été abondante.

Il convient donc de ne pas utiliser des doses trop fortes et de bien mélanger ces produits. L'eau absorbée est fortement retenue, elle reste donc disponible très longtemps pour la plante qui a de plus en plus de mal à l'extraire. Elle constitue plus une assurance de survie en

cas de sécheresse prolongée qu'un gain de croissance pour la plante (S. Miquel). Ces produits se maintiendraient plusieurs années dans le sol. Ils sont actuellement testés dans les mottes Melfert auxquelles on reproche de dessécher rapidement et d'avoir alors beaucoup de mal à se réhumidifier (J.N. Marien — R. Marill). Des essais réalisés en colonnes ont montré que les radicelles sont favorisées par les hydrorétenteurs mais elles n'y arrêtent pas pour autant leur croissance, et continuent à s'enfoncer normalement, malgré la présence de ce milieu plus favorable (S. Miquel). Quel en sera l'effet réel sur un terrain limité par une dalle calcaire ? (M. Rolland).

6. — Autres questions techniques

La sylviculture des *Eucalyptus* est mal connue. En Tasmanie (Australie) elle est assez brutale : les arbres d'un diamètre supérieur à 0,40 m sont prélevés pour la pâte à papier, le reste est brûlé sur le sol et le terrain est ressemé par avion. Le semis par avion pourrait être réalisé pour un prix très faible (1 000 F/ha) sur les zones incendiées en France (J.N. Marien). Pour Y. Birot, ces techniques australiennes créent de vastes peuplements monospécifiques et ne sont pas applicables en France. Il faut au contraire favoriser des peuplements mélangés, en mosaïque de classes d'âge différents, qui sont moins sensibles à l'incendie.

D. Alexandrian pense que les semis par avion ont peu de chances de mieux réussir que les semis à la main que l'on ne maîtrise pas encore bien. Ces semis pourraient être améliorés grâce au traitement biologique des graines

(levée de dormance, utilisation de graines prégermées conservées au froid). La germination reprend alors, le moment voulu, avec une très grande vigueur. Le stade de développement cotylédonaire peut ainsi être atteint en une semaine au lieu de 2 à 3 mois (J. Toth).

Les pluies acides sont évoquées par plusieurs personnes (MM. Perron, Tessier, Chabrol) au mont Ventoux et en Lozère, suite au rapport alarmant d'un chercheur allemand, Monsieur Reicher. Il semble qu'en Lozère, les arbres captent des poussières sèches. Ce phénomène, du même ordre qu'en Europe du Nord, n'est cependant pas inquiétant. D'autre part, M. Reicher n'a pas consulté les scientifiques locaux et si le déclin de l'épicéa est un réel problème en Lozère, rien ne permet de dire que les pluies acides en sont la cause (A. Franc).



Photo 13. L'observation du sol est indispensable pour le choix des essences et des techniques de reboisement.

Photo B.L.V.

III. — La Tournée

1. — Le reboisement des Blaquières

A. — Présentation de Laurent et Anne-Marie Cazal

Situation géographique

La propriété de 149 hectares acquise en 1973 par M. et M^e Cazal se trouve à 17 km à l'Ouest de Montpellier, à 10 km de la mer, sur la commune de Pignan, en bordure de la D 102 qui relie Murviel les Montpellier à Cournonterral.



Photo 14. Anne-Marie Cazal présentant le boisement des Blaquières. L'exposé synthétique et pédagogique d'une expérience riche d'enseignement.
Photo B.L.V.



Photo 15. Blocs provenant de la dalle calcaire horizontale soulevée par le sous-solage. Au-dessus, le sol est très superficiel : quelques centimètres d'argile.
Photo B.L.V.

Données écologiques

Ce terrain se situe dans la zone des garrigues qui s'étale au Nord-Ouest de Pignan en un petit plateau modelé dans les calcaires du jurassique supérieur. Une colline centrale calcaire à 167 m. Au Nord, deux petites vallées, les Conquettes, débouchent sur un ruisseau qui est toujours à sec. Au Sud, une pente douce descend vers la plaine jusqu'à 120 m d'altitude. Les pentes sont généralement faibles bien que se raidissant parfois jusqu'à former des falaises en bordure du ruisseau et dans les Conquettes. L'action des écobuages, des coupes de bois, du pâturage, de l'exploitation de carrières, a provoqué l'affleurement de la roche mère en de nombreux endroits, ainsi que la dégradation de la couverture végétale; celle-ci se partageait, en 1973, entre les formations de chênes verts chétifs, sans vitalité, des formations de chênes kermès et des plousses à asphodèles parsemées de genévrier et de cistes.

La station météo la plus proche (Bel Air à 11 km) indique une pluviométrie moyenne de 762 mm, mais on sait que le climat méditerranéen est caractérisé par l'irrégularité des précipitations. Les facteurs limitants sont surtout l'éventualité de fortes sécheresses d'été (en 1979, pas de pluie de la fin juin au 11 novembre) et l'éventualité de froids tels que ceux de 1956 et 1963 (-15°).

Objectif initial du reboisement

Il a été défini dans le plan de gestion établi en 1973. C'est l'obtention d'une forêt méditerranéenne stable par amélioration des plus jolis bouquets de chênes verts et surtout plantation après sous-solage d'essences variées, la protection de cet aménagement devant être réalisée grâce à l'ouverture des chemins, la construction d'un réservoir avec canalisations et bornes d'incendie, la création de pare-feux.



Plantations et autres travaux de 1973 à 1979

— Le quart de la propriété a été reboisé par les propriétaires qui ont produit la majeure partie des plants dans leur pépinière (située à Castelnau-le-Lez) et les ont plantées. Des aides (subventions, piste, plants) ont été données par la D.D.A.

— Le sol a été préparé essentiellement avec un Caterpillar D8 de 280 CV, le sous-solage à 1 ou 3 dents étant précédé du passage de la lame.

— Les principales essences introduites étaient : *Cedrus atlantica*, *C. libani*, *C. deodora*, *Cupressus arizonica*, *C. sempervirens*, *C. macrocarpa*, *C. torulosa*, *Pinus pinea*,

P. eldarica, *P. brutia*, *P. halepensis*, *P. canariensis*, *P. laricio*, divers, *Abies concolor*, *A. pinsapo*, *A. cilicica*, *A. cephalonica*...

S'y sont ajoutés des eucalyptus (expérience A.F.O.C.E.L.) et d'autres essences (feuillus et conifères) qui n'ont pas été introduites en nombre suffisant pour donner lieu à des observations significatives.

Les entretiens ont été manuels et tous les plants ont été fertilisés, essentiellement avec du superphosphate.

Ont été réalisés un forage (1 m³/h) qui a suivi un forage infructueux, une citerne de 320 m³, un réseau de 2 km et un ensemble de 12 bornes incendie réparties sur la plantation.

Durant cette même période, diverses expériences ont été menées par le C.R.P.F. (Centre Régional de la Propriété Forestière) : essais de containers, de provenances, pour *Cedrus atlantica*.

Dès 1978, les placeaux de *Pinus brutia* (800) et *P. eldarica* (2 000) ont été endommagés chaque année par un insecte (*Hoematoloma dorsata* = Cercopide du pin).

Plantations et autres travaux de 1979 à 1983

En juin 1979, une subvention F.E.O.G.A. — Etat français a été accordée pour compléter le reboisement des Blaquière, dans un but d'amélioration et de protection du milieu. Parmi les travaux effectués, qui se sont terminés en 1983, nous ne citerons que les actions différant sensiblement de celles exposées pour la tranche de travaux précédente :

1) Utilisation de la charrue Rome à la place de la lame Dozer pour toutes les zones qui le permettaient.

2) Concassage pour réalisation de zones coupe-feux, de bordures de pistes (15 ha), d'un coût très variable selon les conditions 500 à 5 000 F/ha, entretien de ces zones.



Photo 16. Pare-feux en bordure de piste, concassé, entretenu mécaniquement et planté de feuillus. Photo B.L.V.

3) Utilisation d'un nombre assez important d'essences (en particulier de feuillus). A titre d'exemple :

- Plantation de *Robinia pseudo acacia* et *Celtis australis* (15 000).

- Expérience I.N.R.A. de sélection de *Cupressus sempervirens*, faisant partie du réseau d'expérience I.N.R.A. sur cette espèce.

- Expériences A.F.O.C.E.L. : provenances et variétés d'*Eucalyptus*, comparaison entre espèces et variétés de *Cupressus*, essais de *Platanus orientalis*, *Cedrus* (conteneurs divers), *Calocedrus decurrens*, *Sequoia gigantea* (ces deux derniers essais effectués lors du dernier hiver). Le Calocèdre a résisté à une sécheresse qui a fait périr des pins pignons.

- Plantation de chênes truffiers (250) sur un coupe-feu concassé.



Photo 17. Dans ce terrain concassé très chaud et sec, les plants de chênes truffiers ont beaucoup souffert la première année.

Photo B.L.V.

Photo 18. Croissance vigoureuse d'un chêne truffier en 3^e année de végétation, sauvé l'année précédente grâce à la protection de la bouteille plastique comme pour les semis.

Photo B.L.V.



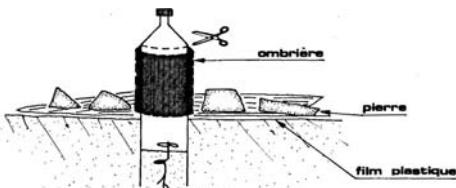
4) Apports (rafle, compost d'ordures ménagères, boues de stations, fumier...) en particulier sur quelques zones concassées très ingrates, qui ont parfois nettement favorisé la concurrence herbacée.

5) Utilisation (après maints tâtonnements et tentatives vaines) du semis direct de chênes (et autres essences à grosses graines).



Photo 19. Semis de chêne de l'année.

Photo B.L.V.



Technique du semis selon la méthode mise au point par Monsieur Meynadier.

Le semis est réalisé au printemps après que les premières pluies aient humidifié le sol. La bouteille agit comme une petite serre et maintient une atmosphère chaude et humide.

6) Utilisation (récente) de paillage plastique, en bande et surtout en carrés individuels.



Photo 20. Le plastique noir empêche la concurrence herbacée et le dessèchement du sol.
Photo B.L.V.

Feu du 3 août 1983

Dans l'après-midi, par bon mistral, l'incendie, à partir de plusieurs points de mise à feu au Nord et au Sud des Blaquière, a ravagé 1 600 hectares, sur une longueur de 10 km, de Murviel à Cournonsec. 75 hectares de la zone Nord-Ouest du terrain ont été brûlés, dont la totalité des plantations les plus anciennes.



Photo 21. « Le feu devait arriver avant que les arbres soient adultes ».
Photo B.L.V.

Diverses constatations ont pu être faites :

— Les pompiers n'ont lutté contre le feu qu'en fin de journée, ils étaient mobilisés sur d'autres feux où des habitations étaient en danger.

— Les zones concassées en plein (sans apports) ainsi que les zones très rocheuses n'ont pas brûlé.

— Les chemins qui étaient entretenus ont délimité en partie l'emprise du feu, mais leur largeur (4 à 5 m) était insuffisante; une largeur de 10 m semble satisfaisante.

— Les parcelles reboisées n'étaient pas débroussaillées et ont brûlé très rapidement; elles ne pouvaient pas être débroussaillées mécaniquement, en raison de l'état du sol interdisant le passage d'un tracteur. Enfin, dans les parcelles où des bandes de chênes verts avaient été conservées, ceux-ci ont donné une forte ampleur au feu.

— Les apports organiques : ordures ménagères, rafle de vigne, ont brûlé vigoureusement.

Avenir — Orientations

A partir des observations effectuées sur ce terrain depuis 10 ans, et en particulier depuis le feu, nous souhaitons prendre les orientations suivantes :

— faire des chemins très larges (sans hésiter !),

— avoir systématiquement une bande roulable (en tracteur) entre deux bandes de plantation, permettant d'effectuer un débroussaillage mécanique et facilitant beaucoup toutes les autres opérations,

— être très rigoureux pour le choix des espèces — un intérêt particulier est accordé actuellement à des chênes du pourtour méditerranéen et de Californie,

— pousser les arbres au maximum lors des premières années, afin de :

- pouvoir les émonder pour les rendre moins fragiles au feu,
- les mettre en situation de dominants,
- assurer la fermeture du couvert le plus rapidement possible.

B. — Discussion

La brève discussion qui s'est tenue après la visite n'a pas permis d'apporter beaucoup de réponses aux problèmes soulevés par Anne Marie Cazal au préalable :

— **Travaux du sol permettant le débroussaillage mécanique ultérieur, tout en favorisant au maximum la circulation des racines.**

Pour Madame Cazal, la préparation du sol joue un rôle fondamental pour l'enracinement des jeunes arbres. Elle se demande s'il est plus intéressant de procéder à un sous-solage soigné sur la ligne ou bien de défoncer partout par passages successifs.

Actuellement, la technique utilisée consiste en un aller-retour décalé avec une dent de D8K à 1 mètre de profondeur sur la ligne, suivi d'une mise en andains des blocs de pierre afin de permettre l'entretien. Le concassage, en raison de son prix, est limité aux zones coupe-feux et aux bordures de pistes.



Photo 22. Préparation du sol « classique ». Le sous-solage laisse de gros blocs en surface qui entravent tout passage entre les rangs.
Photo B.L.V.



Photo 23. Après sous-solage, le concassage permet l'entretien mécanique du sol, le feu ne peut pas y passer, les arbres sont défendus de la concurrence.
Photo B.L.V.

Ici comme ailleurs chaque essai, chaque technique nouvelle devrait comporter une zone témoin pour que l'on puisse en tirer des enseignements.

— Méthodes d'introduction favorisant la formation initiale d'un système racinaire adapté à ce type de terrain (profondeur du potet, âge des plants, semis...).

Pour Madame Cazal, le « maternage » des jeunes plants est payant sur ce terrain. Les moyens mis en œuvre leur permettent de bien démarrer tout en se constituant un système racinaire efficace. Ainsi elle juge préférable le semis ou l'utilisation de très jeunes plants (méthode Putod). Sans rappeler ici les avantages et inconvénients des divers types de godets, il est précisé que dès 3 mois, la plantule d'Eucalyptus peut former un « tire-bouchon » en fertil-pot. D'ailleurs, des déformations racinaires sont causées également par la transplantation des plantules dans la motte.

— Mise en œuvre d'engrais, hydrorécepteurs, impluvium anti-herbe, eau d'arrosage et de tous les moyens permettant de favoriser l'introduction.

Certaines techniques ont été vues sur le terrain, d'autres seront discutées en salle.

— Moyens de lutte biologique contre le cercopide du pin, qui, faute de trouver les *Pinus eldarica* et *P. brutia* (brûlés), s'attaque au *Pinus pinea* et un peu au *Cedrus*, dès qu'ils ont atteint une certaine taille.

Ce parasite également présent sur le massif de la Gardiole, ne semble pas inquiétant jusqu'à présent.

— Choix d'espèces principales à partir de la centaine de critères figurant dans les fiches de sélection.

La fiche est remplie grâce aux informations recueillies dans la bibliographie et auprès des organismes de recherche. Aucun arbre n'est planté s'il n'a pas une bonne note. Les coefficients permettent de voir les critères qui ont été jugés les plus importants.

Fig. 2. — Fac-similé des fiches informatiques mises au point par Laurent et Anne-Marie Cazal en vue de la sélection d'espèces principales pour le reboisement d'une garrigue sur sol karstique dans la région de Montpellier.

page 1

SELECTION D'ESPECES PRINCIPALES POUR LE REBOISEMENT D'UNE GARRIGUE SUR SOL KARSTIQUE DANS LA REGION DE MONTPELLIER.
ESPECE ETUDEE:

PRESENTATION SUCCINTE DE L'ESPECE.
Hauteur : ~ 10a - ~ 20a - maxi - maxi.maxi.:
Silhouette:
Feuilles:
Tronc:
Ecorce:
Bois:
Fleurs:
Fruits:
Graines:
Plantules:
Enracinement:
Longévité - habituelle - maxi.maxi.:
Arbres ressemblants:
Aire d'origine:
Associations forestières et types de peuplement naturels:
Plantations forestières actuelles (-localisation - importance - type...):
Autres utilisations actuelles:
Observations en arboretum:

BIBLIOGRAPHIE.

page 2

1° EVALUATION DE LA POSSIBILITE D'ADAPTATION DE L'ESPECE AU CLIMAT D'UNE TELLE GARRIGUE,

par comparaison du climat de la garrigue et du climat dans l'aire de l'espèce.

Caractéristique climatique, puis... valeur V sur la garrigue	Valeurs dans l'aire de l'espèce et/ou réaction de l'espèce à V	Note Coef NxC B22 B18 B16
TEMPERATURES.		
1 Température minimale extrême...-15°C, 5 fois en 3 siècles	.	8 ..
2 Moyenne à des minima de janvier... 2°C (1873-1983)	.	2 ..
3 Moyenne de janvier... 7°C (1873-1983)	.	1 ..
4 Nombre moyen annuel de jours de gelée ...30/an	.	1 ..
5 Minima de printemps... mars -7°C, avril -5°C, mai 0.5°C, /50ans .	.	1 ..
6 Maxima extrêmes...39°C 1947, 48°C 1984	.	1 ..
7 Moyenne M des maxima de juillet... 29°C (1873-1983)	.	1 ..
8 Moyenne de juillet... 23°C (1873-1983)	.	1 ..
9 Moyenne annuelle...14°C (1873-1983)	.	4 ..
PRECIPITATIONS.		
10 Précipitations moyennes annuelles P... 760mm (1873-1983)	.	4 ..
11 Moyenne de juin + juillet + aout... 118mm (1873-1983)	.	2 ..
12 Min.an...438 à 500mm 7 fois, 500 à 600mm 17 fois, 600mm 118ans .	.	2 ..
13 Max.an...800 à 1200mm 3 fois, 1200 à 1332mm 6 fois, 118ans .	.	1 ..
DONNEES SYNTHETIQUES.		
14 Nombre moyen de mois secs (Pw<2Tm) ... 3/juin-juillet-aout	.	4 ..
15 Coef.Ebinger 2000/M2-x2...98 (1873-1983), extrême:50 & 185 .	.	2 ..
16 Bioclimat...34 sub-humide, 9 semi-aride, 11 humide, 9 perh./63a .	.	4 ..
17 Variante thermaie...3 fois fraîche/7 froide/25 température/3a .	.	4 ..
AUTRES DONNEES.		
18 Humidité de l'air, moyenne annuelle... 65%	.	4 ..
19 Vents...deshantes 1jour/2 et dépassant 16m/s durant 39/jan .	.	2 ..
20 Embrouill...importants 2 fois en 10 ans	.	1 ..
TOTALS		50 ..
NOTE D'EVALUATION = % TOTAL DES "NxC" / TOTAL DES "COEF" = % x .. / 50 = .../10		

2° EVALUATION DE LA POSSIBILITE D'ADAPTATION DE L'ESPECE A CE TERRAIN PREPARÉ SELON LES TECHNIQUES RETENUES.

Caractéristique de terrain, puis... valeur V sur la garrigue	Valeurs dans l'aire de l'espèce et/ou réaction de l'espèce à V	Note Coef NxC B22 B18 B16
ROCHE MERE.		
1 Roche mère...roche dure et compacte du jurassique supérieur .	.	2 ..
2 Proportion de cailloux et rochers sur 1a...70%	.	8 ..
3 Pendage de la roche-fissuration du karst...peu favorables .	.	2 ..
4 Profondeur accessible du fait du défonçage...50 à 100cm .	.	4 ..
TERRE.		
5 Nature... "Terre Rossa"	.	2 ..
6 Epaisseur de la terre de surface... 10cm	.	2 ..
7 PH terre de surface... 7 à 8; faible teneur en calcaire actif .	.	9 ..
8 Tenue en argile...moyenne	.	4 ..
9 Richesse en N total; org/organique/P... limite	.	4 ..
EAU		
10 Capacité de rétention en eau...très limite, <100mm .	.	4 ..
11 Niveau phréatique... inaccessible aux racines toute l'année .	.	4 ..
AUTRES DONNEES.		
12 Végétation concurrente...vigoureuse(rejets chênes,cistes...)	.	2 ..
13 Exposition et relief... plateau en pente douce vers le sud .	.	4 ..
TOTALS		50 ..
NOTE D'EVALUATION = % TOTAL DES "NxC" / TOTAL DES "COEF" = % x .. / 50 = .../10		

NOTATION: La note maximum N=2 est donnée lorsqu'il y a concordance satisfaisante entre la valeur V de la caractéristique en cette garrigue et ses valeurs dans l'aire.

Le coefficient maximum Coef=8 est utilisé lorsque la caractéristique est importante pour l'adaptation de l'espèce.

La note résultante NxC est maximum (16) lorsque la Note est égale à 2 et le Coefficient à 8.

3° EVALUATION DE LA RESISTANCE AU FEU D'UN PEUPLEMENT DE L'ESPECE SUR CETTE GARRIGUE.

Caractéristique à connaître pour chaque espèce, puis... ... valeur correspondant à la note N=0, puis... à la note N=2	Valeur (mesurée ou prévue) pour l'espèce en conditions de garrigue	Note Coef NxC B22 B18 B16
CHARPENTE DU SUJET A LA MATURITE.		
1 Hauteur...(>a...)>2m	.	8 ..
2 Port...buissonnant...élançé	.	4 ..
3 Facilité pour obtenir un tronc sans branches sur 5m...n...o .	.	8 ..
HOUPPIER.		
4 Intensité lumineuse sous le houppier ...forte...faible	.	4 ..
5 Largeur du houppier d'un sujet isolé ...>2m...8m	.	4 ..
6 Discontinuités importantes dans le feuillage...non...oui .	.	2 ..
7 Masse /m3 des feuilles et petites branches...forte...faible .	.	2 ..
FEUILLES SUR L'ARBRE.		
8 Tenue en eau en été...faible...forte	.	1 ..
9 Tenue en substances volatiles... forte...faible	.	4 ..
10 Rapport surface / volume...>a=1... (2a=1	.	2 ..
11 Elements chimiques freinant la combustion...abs...présents .	.	2 ..
12 Inflammabilité des feuilles en été... forte...faible	.	2 ..
13 Feuilles sur l'arbre en hiver... sèches...inexistantes	.	2 ..
14 Résistance des feuilles à la chaleur ...mauvaise...bonne	.	1 ..
15 Capacité de repousse après feu...léger ...négligeable...bonne .	.	2 ..
ECORCE.		
16 Epaisseur à la base du tronc à 20 ans ...1cm...>3cm	.	8 ..
17 Epaisseur à la base du tronc à la maturité...>2cm...>6cm	.	2 ..
18 Structure de la surface à 20 ans... crevassée...lisse	.	2 ..
19 Structure à la maturité...a crevasses profondes...lisse	.	2 ..
20 Constitution...résineuse/fibreuse/prod.volatils...liègeuse	.	4 ..
21 Quantité de lambeaux tombant/an/m2 de tronc...forte...faible .	.	2 ..

22 Quantité de lambeaux à % détachés en été...forte...faible	.	2	.
SOUS-BOIS.			
23 Abondance-inflammabilité dans peuplement naturel...forte...faible	.	4	.
24 Drageons...en abondance...inexistants	.	4	.
FEUILLES MORTES AU SOL.			
25 Quantité accumulée de feuilles en été...>4T/ha<1,5T/ha	.	2	.
26 Masse volumique apparente des feuilles...>20g/l...<30g/l	.	4	.
27 Combustibilité de ces feuilles en été...forte...faible	.	2	.
AUTRES ELEMENTS DE LA LITIÈRE-BRANCHES-FRUTS-ÉCORCE...			
28 Quantité peu transformée accumulée en été...forte...faible	.	2	.
29 Combustibilité de ces éléments...forte...faible	.	2	.
RACINES.			
30 Racines pivotantes protégées du feu...faibles...développées	.	4	.
31 Racines superficielles gênant la concurrence...rares...dével.	.	1	.
32 Sécrétion de substances gênant la concurrence...non...oui	.	1	.
REGÉNÉRATION APRÈS UN FEU IMPORTANT.			
33 Rejets sur tronc / branches/racines... inexistants/vigoureux	.	2	.
34 Probabilité de semis naturels après le feu...faible...forte	.	2	.
TOTALX	100	..	

NOTE D'EVALUATION = % TOTAL DES "NxC" / TOTAL DES "COEF" = % x ... / 100 = .../10

4* EVALUATION DES POSSIBILITÉS DE REVENUS D'UN PEUPLEMENT DE L'ESPECE SUR CETTE GARRIGUE.

Caractéristique à connaître pour chaque espèce/puis...	Valeur (mesurée ou prévue) pour l'espèce en conditions de garrigue	Note Coef NxC	B22	IAB	Bale
... valeur correspondant à la note N=0;puis...à la note N=2					
PRODUCTION DE BOIS.					
1 Production à l'âge adulte...<1,5m3/ha/an...>3m3/ha/an	.	2	.		
2 Croissance en hauteur à l'âge adulte...<20cm/an...>50cm/an	.	2	.		
3 Croissance en diamètre à l'âge adulte...<4mm/an...>9mm/an	.	2	.		
4 Hauteur envisageable de la bille de pied...<4m...>8m	.	2	.		
5 Diamètre du tronc envisageable...<30cm...>80cm	.	2	.		
6 Rectitude du tronc...mauvaise...bonne	.	4	.		
7 Régularité de la section...mauvaise...bonne	.	1	.		
8 Tendance aux fibres torses...forte...nulle	.	2	.		
9 Conicité du tronc...forte...faible	.	1	.		
10 Importante de l'aubier...forte...faible	.	1	.		
11 Gourmands sur le tronc...abondants...absents	.	1	.		
12 Durabilité du bois de cœur... mauvaise...bonne	.	1	.		
13 Utilisation pour placage & menuiserie très fine...non...oui	.	8	.		
14 Utilisation pour ébénisterie classique...non...oui	.	4	.		
15 Utilisation pour menuiserie...non...oui	.	2	.		
16 Utilisation comme bois de charpente...non...oui	.	2	.		
17 Usage spécial de bois très tendre et léger...non...oui	.	4	.		
18 Qualité comme bois de chauffage... mauvaise...bonne	.	1	.		
19 Qualité pour pâte à papier...mauvaise...bonne	.	1	.		
AUTRES PRODUITS.					
20 Nectar-pollen...non...oui	.	1	.		
21 Autres comestibles pour l'homme, fruits,truffes...non...oui	.	1	.		
22 Feuilles/feuilles pour les animaux domestiques...non...oui	.	2	.		
23 Produits divers pour l'industrie/ect...non...oui	.	2	.		
TOTALX	50	..			

NOTE D'EVALUATION = % TOTAL DES "NxC" / TOTAL DES "COEF" = % x ... / 50 = .../10

5* EVALUATION DE LA CONTRIBUTION DE L'ESPECE À LA REMONTÉE BILOGIQUE DE CETTE GARRIGUE.

Caractéristique à connaître pour chaque espèce/puis...	Valeur (mesurée ou prévue) pour l'espèce en conditions de garrigue	Note Coef NxC	B22	IAB	Bale
... valeur correspondant à la note N=0;puis...à la note N=2					
Hauteur prévue à la maturité...<6m...>12m	.	*	*	*	*
Hauteur prévue à 20 ans...<3m...>6m	.	*	*	*	*
Stratification du houppier...non...oui	.	*	*	*	*
4 Ombre produite par le houppier en été...faible...forte	.	4	.		
5 Production annuelle de feuilles... faible...forte	.	2	.		
6 Valeur fourragère des feuilles...faible...forte	.	4	.		
7 Production annuelle de fruits...faible...forte	.	2	.		
8 Valeur fourragère des fruits...faible ...forte	.	2	.		
9 Intérêt des fruits pour la faune sauvage...faible...forte	.	1	.		
10 Production de litière / an et / hectare...faible...forte	.	1	.		
11 Appétence de la litière pour les limnophiles...faible...forte	.	4	.		
12 Vitesse de décomposition de la litière...faible...forte	.	1	.		
13 Présence sur racines de nodosités fixatrices d'azote...n.o.p.	.	10	.		
14 Utilisation des cousses ordonnées du terrain...aigile...forte	.	4	.		
15 Atténuation du vent au sol...faible ...forte	.	1	.		
16 Interruption de la pluie par le feuillage...forte...faible	.	1	.		
17 Vigueur-résistance aux maladies & insectes...faible...forte	.	1	.		
TOTALX	50	..			

NOTE D'EVALUATION = % TOTAL DES "NxC" / TOTAL DES "COEF" = % x ... / 50 = .../12

6* CONTRIBUTION DE L'ESPECE À LA REALISATION D'UNE FORÊT D'AGRÉMENT SUR CETTE GARRIGUE.

Caractéristique à connaître pour chaque espèce/puis...	Valeur (mesurée ou prévue) pour l'espèce en conditions de garrigue	Note Coef NxC	B22	IAB	Bale
... valeur correspondant à la note N=0;puis...à la note N=2					
ELEMENTS ESTHÉTIQUES DE L'ARBRE ISOLE DE PLUS DE 20 ANS.					
1 Attrapey compris hivernale)...quelconque...esthétique	.	4	.		
2 Attrapey sur le tronc...bizarre...satisfaisante	.	4	.		
3 Feuilles/forme/densité)...quelconques ...intéressantes	.	4	.		
4 Nombre annuel de mois de vie...3...12	.	2	.		
5 Couleurs/adulte=automne=juvénile)...quelconques ...belles	.	4	.		
6 Fleurs/beauté=abondance=durée=parfum)...quelconques...intér.	.	4	.		
7 Fruits/beauté=abondance=époque)... sans intérêt...intér.	.	2	.		
8 Ecorce...quelconque...esthétique	.	2	.		
9 Proportion de branches dénudées/stériles/cassées...forte...f.	.	4	.		
10 Changements saisonniers/formes=couleurs)...faibles...import.	.	4	.		
11 Qualités esthétiques d'un arbre (>8ans...quelconques...intér.	.	4	.		
12 Ressemblance avec arbres forestiers du midi...nulle...bonne	.	2	.		
CARACTÈRES DEMANDÉS AUX ARBRES PRINCIPAUX D'UNE FORÊT SYMBOLIQUE.					
13 Hauteur maximum envisageable...<6m...>14m	.	4	.		
14 Largeur maxi.houppier d'arbre isolé...<3m...>10m	.	2	.		
15 Longévité maximum envisageable...<80ans...>180ans	.	4	.		
FACTEURS DE CONFORT ET DE SÉCURITÉ EN SOUS-BOIS.					
16 Ombre d'été...insuffisante...faible...et continue	.	4	.		
17 Ensoleillement d'hiver...faible... suffisant	.	1	.		
18 Atténuation des vents froids... mauvaise...bonne	.	1	.		
19 Drageons...envahissants...inexistants	.	2	.		
20 Epines...fortes/peu compris sur le tronc adulte...inexistants	.	4	.		
21 Éléments touqués...dangerous... inexistants	.	4	.		
22 Branches...cassant facilement... solides	.	2	.		
23 Fruits/feuilles...genants/lourds/salissants)...non genants	.	1	.		
VIGUEUR/RÉSISTANCE DE L'ESPECE.					
24 Maladies à attaques d'insectes... rares & anodines...graves	.	8	.		
25 Guérison après bris de branche... difficile...rapide	.	1	.		
26 Feuillage après forte chaleur sèche ...l'étri...correct	.	2	.		
27 Feuillage après vents chargés de sel...brûlé...correct	.	1	.		
28 Feuilles/bourgeons après vents printaniers...brûlés...intacts	.	2	.		
29 Feuillage après vents polaires... endommagé...intact	.	1	.		
30 Branche après chute de neige... endommagé...intact	.	1	.		
31 Arbre après tempête...ébranlé... intact	.	1	.		
EXISTENCE DE PETITS PRODUITS COMESTIBLES POUR L'HOMME.					
32 Produits d'agrément comestibles pour l'homme...non...oui	.	2	.		
33 Nourriture pour chevaux & autres animaux domestiques...n.o.o.	.	1	.		
34 Nourriture pour oiseaux...non...oui	.	2	.		
35 Feuillage à couper...non...oui	.	1	.		
36 Chameignons comestibles favorisés par l'espèce...non...oui	.	1	.		
37 Autres produits...édinchauket...non...oui	.	1	.		
AUTRES FACTEURS INFUANT SUR L'APTITUDE D'AGRÉMENT DE L'ESPECE.					
38 Age moyen l'arbre devient attractif ...50a...>20a	.	2	.		
39 Beauté & visueur après maturité...décclin...durables	.	2	.		
40 Particularité botanique/rareté... nulle...notable	.	2	.		
TOTALX	100	..			

NOTE D'EVALUATION = % TOTAL DES "NxC" / TOTAL DES "COEF" = % x ... / 100 = .../10

2. — Les reboisements du Massif de la Gardiole

Présentation des travaux de reboisements (O.N.F., Direction Régionale du Languedoc-Roussillon) : se reporter au compte rendu de la tournée du groupe « Incendie » qui visitait le même boisement, pp.

Les travaux ont porté sur plus de 1 000 ha où ont été plantés principalement des Pins d'Alep et des Pins pignons, ainsi que des Cèdres, des Cyprès verts et de l'Arizona.

La visite sur le terrain était guidée par les responsables de l'Office National des Forêts de Montpellier : MM. Vanniére, Chef de Centre; Vidal, Chef de Subdivision, Murciat, Chef de secteur, Satet et Sacaze, agents techniques.

Bien qu'assez rapide, elle a permis au groupe de se rendre compte de certains résultats marquants de ces reboisements.



Photo 24. Boisement de pins pignons plantés en 1964 à un écartement de 2,5 x 2,5 m, le couvert est refermé et le sous-bois contrôlé.
Photo B.L.V.



Photo 25. Boisement de Pins d'Alep plantés en 1975 avec un écartement de 4 x 4 m. Le couvert est plus long à se refermer.
Photo M. Rolland.

— L'entretien des jeunes plantations ne peut pas être réalisé mécaniquement car des blocs de pierres parsèment le terrain après le sous-solage. La destruction de la végétation à la rasette n'est pas possible à cause de la présence de dalles calcaires superficielles.



Photo 26. Le Pin pignon supporte très bien un élagage important et précoce contrairement au Pin d'Alep.

Dans ce même boisement, le feu est passé il y a 4 ans, ne brûlant que quelques branches basses. Sa protection était réalisée du fait de l'élagage et du couvert sombre, alors que des peuplements de Pin d'Alep du même âge avaient pratiquement brûlé en totalité.

Photo B.L.V.

Photo 27. Ici comme chez Madame Cazal, les pins pignons et les pins d'Alep sont attaqués par le cercopide. Cet insecte piqueur ne consomme que les feuilles et il ne semble pas compromettre la bonne croissance des arbres malgré sa présence depuis 20 ans.

Photo B.L.V.

— Les plantations de Chênesverts ont été des échecs, avec une très faible reprise, alors qu'il s'installe naturellement sous les boisements de pin d'Alep.



Le feu : résistance active — résistance passive

Par rapport au boisement de Monsieur et Madame Cazal, dont les efforts portent plutôt sur l'entretien des jeunes plantations, de façon à les rendre pratiquement incombustibles, à la Gardiole la défense contre l'incendie est basée sur une intervention très rapide, grâce à une surveillance permanente, à des pare-feux et des pistes entretenus ainsi que des petites citernes de 10 m³ réparties sur le terrain. Ainsi, en 1983, 20 incendies ont pu être stoppés rapidement.

Les moyens et les choix ne peuvent évidemment pas être pour 100 ha de reboisement privé les mêmes que pour 1 000 ha de reboisement public. Ces deux exemples nous montrent combien il est important de s'assurer des moyens de défense efficaces contre le feu durant au moins 20 ans, âge à partir duquel certaines essences, grâce à leur couvert fermé, supportent un feu courant.

Conclusion générale

Les débats de ce groupe se sont bien déroulés et ont été fructueux dans l'ensemble, malgré une première demi-journée consacrée au choix des essences qui a laissé de nombreuses questions en suspens. En effet, l'information technique disponible avait été présentée au préalable sous forme de fiches.

Dans une deuxième partie, les discussions, portant sur les techniques de reboisement et introduites par de courtes communications scientifiques ou techniques présentant les résultats d'essais de terrain, ont été très riches. Elles ont mis en évidence le grand nombre d'essais qui, plus ou moins connus, sont réalisés en région méditerranéenne. Leurs résultats ne sont pas toujours concordants et cela permet de nuancer certaines conclusions hâtives que nous avons tous tendance à avoir.

La tournée a été le point fort de ces journées. Elle a permis de voir des reboisements récents ou un petit peu plus anciens réalisés en conditions de sol et de climat très difficiles à quelques kilomètres de Montpellier. La conclusion principale en est que dans la zone littorale, soumise régulièrement aux incendies, le feu doit être impérativement pris en compte dans le choix de l'aménagement et dans les techniques mises en œuvre. C'est peut-être une banalité à rappeler, mais encore faut-il en prendre conscience avant de voir son propre reboisement détruit par le feu. Cette tournée a permis à certains de toucher du doigt cette réalité.

Dans le même ordre d'idée, il serait souhaitable que, si des crédits européens sont à nouveau accordés en

région méditerranéenne, ils aillent de préférence à l'entretien et à l'aménagement des boisements existants plutôt qu'à la création de nouveaux peuplements qui ne feront que remplacer les plus anciens lorsqu'ils auront brûlé à leur tour. Ces conclusions concernent la région littorale alors que dans les régions plus septentrionales qui ont été évoquées, les conditions permettent d'avoir des objectifs différents.

Devant la richesse des informations échangées au cours de ces débats, il a été envisagé de poursuivre le travail entrepris en l'élargissant à la sylviculture des peuplements existants, qui a volontairement été écartée lors de ces Rencontres. Ce groupe ainsi pérennisé pourrait également participer, à court terme, à la rédaction d'un guide technique du forestier méditerranéen dont la tâche d'animation a été confiée au C.E.M.A.G.R.E.F. Ce travail ne peut être réalisé qu'en collaboration avec tous les partenaires de façon à rassembler toute l'information existante et aussi pour qu'il soit une réponse à la demande des futurs utilisateurs.

Dès à présent, quelques lignes directrices ont été dégagées. Il devra avoir un aspect pratique et pouvoir être remis à jour régulièrement. La revue Forêt Méditerranéenne pourrait être un support pour la publication des nouvelles de ce groupe de travail.

Pour d'éventuelles prochaines Rencontres, il a été suggéré de réunir les participants autour de thèmes plus précis, quitte à multiplier des groupes de travail restreints.



Photo 28. Les techniques mises en œuvre doivent être en accord avec les objectifs du reboisement. Reboisement dans les Hautes-Alpes.
Photo B.L.V.