

PRODUCTION DE PLANTS FORESTIERS

Guide technique du forestier méditerranéen français



GUIDE PRATIQUE

Production de Plants forestiers

**Edition du Chapitre 6
du guide technique du forestier
méditerranéen français**

Quelques ouvrages sur la forêt édités par le CEMAGREF

La Forêt et ses ennemis, J.-F. Abgrali, A. Soutrenon, CEMAGREF Grenoble, ISBN 2-85362-196-0, 1991, 21 x 29,7, 400 pages, 485 photos. **Prix : 340 FTTC.**

Guide technique du forestier méditerranéen français, CEMAGREF Aix-en-Provence, ISBN 2-85362-124-3, 1988, 28 x 32, schémas, photos couleurs. Le classeur + chapitre 3 (Essences forestières). **Prix : 295 FTTC.** Le chapitre 1 (Conception des Projets). **Prix : 100 FTTC.** Le chapitre 4 (Protection des forêts contre l'incendie). **Prix : 100 FTTC.** Le chapitre 5 (Protection phytosanitaire). **Prix : 180 FTTC.** Le chapitre 6 (Productions de plants forestiers). **Prix : 100 FTTC.**

Phytocides en sylviculture, Application des traitements par produits chimiques. Co-édité avec l'INRA, ISBN 2-85362-115-4, 1988, Brochure + jeu de fiches 21 x 29,7, 120 pages, nombreuses illustrations noir et blanc. **Prix : 175 F TTC.**

Les stations forestières de la Puisaye, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson, 1988, 17 x 24, broché, 248 pages, 67 illustrations noir et blanc. **Prix : 150 F TTC.**

Collection ETUDES

Département Forêt :

N° 1 - Annales 1988, CEMAGREF, ISBN 2-85362-158-8, 1989, 17 x 24, broché, 126 pages, 30 dessins et photos. **Prix : 100 F TTC.**

N° 2 - Le Massif Central cristallin, Analyse des milieux, Choix des essences, Alain Franc, CEMAGREF Clermont-Ferrand, ISBN 2-85362-169-3, 1989, 17 x 24, broché, 104 pages, 14 illustrations noir et blanc et couleurs. **Prix : 150 F TTC.**

N° 3 - Les stations forestières du pays d'Othe, Denis Girault, CEMAGREF Nogent-sur-Vernisson, ISBN 2-85362-178-2, 1990, 17 x 24, broché, 176 pages. **Prix : 150 F TTC.**

N° 4 - Culture d'arbres à bois précieux en prairies pâturées en moyenne montagne humide, 1990, 17 x 24, broché, 120 pages, illustrations. **Prix : 150 F TTC.**

N° 5 - Annales 1989, CEMAGREF ISBN 2 - 85362-207-X, 1990, 17 x 24, broché. 194 pages. **Prix : 150 FTTC.**

Guide pratique. Production de plants forestiers, 1991, ISBN 2-85362-231-2, édition du chapitre 6 du *Guide technique du forestier méditerranéen français*. ISBN 2-85362-124-3. Conception, rédaction, adaptation : CEMAGREF Aix-en-Provence, Division Forêt méditerranéenne, illustration, réalisation, impression : EMERGENCE, diffusion aux librairies : technique et documentation, Lavoisier, Paris - Editeur : CEMAGREF-DICOVA 92162 Antony. **Prix de vente : 100 FTTC.**

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

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

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

- eau
- risques naturels et technologiques
- montagne et zones défavorisées
- forêts
- machinisme agricole
- équipement des industries agroalimentaires
- production et économie agricoles.

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

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

Le Guide Technique du Forestier Méditerranéen Français publié par la Division Forêt Méditerranéenne du CEMAGREF d'Aix-en-Provence comprend huit chapitres :

- Chapitre 1 : Conception des projets
- Chapitre 2 : Stations Forestières
- Chapitre 3 : Essences Forestières
- Chapitre 4 : Protection des forêts contre l'incendie
- Chapitre 5 : Protection Phytosanitaire
- Chapitre 6 : Production de Plants forestiers
- Chapitre 7 : Techniques de reboisement
- Chapitre 8 : Les utilités des espaces boisés

Le chapitre 6 : Production de plants forestiers, a été réalisé avec le concours financier :

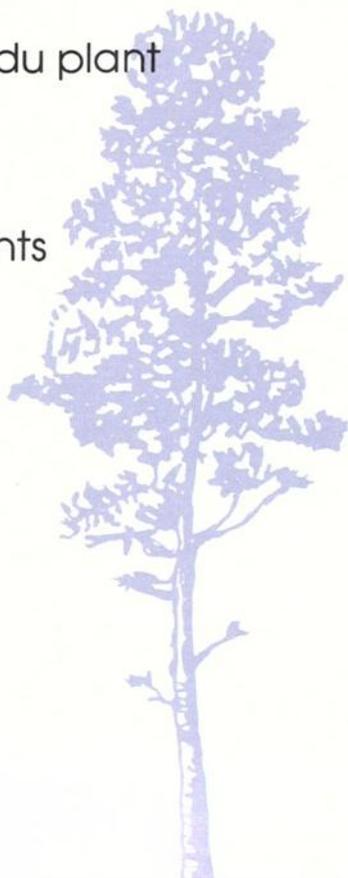
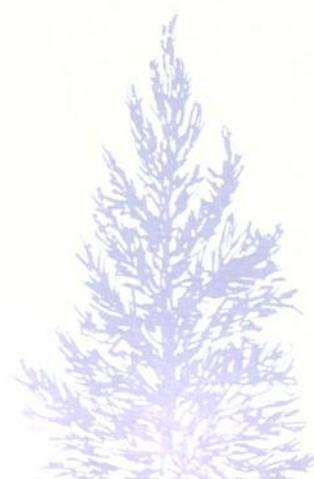
- du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt
- de l'Office National des Forêts
- de la Communauté Economique Européenne
- du Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur

Photographie de couverture : Jeune plant.

6

PRODUCTION DE PLANTS FORESTIERS

- 1 - Les plants forestiers et le reboisement en région méditerranéenne
- 2 - La graine
- 3 - Le plant forestier
- 4 - Le substrat de culture
- 5 - Le conteneur
- 6 - La culture de plants
- 7 - Le conditionnement du plant
- 8 - La mycorhization
- 9 - La réception des plants



CONCEPTION, REDACTION ET ADAPTATION

CEMAGREF - GROUPEMENT D'AIX-EN-PROVENCE

Division Forêt Méditerranéenne

C. ARGILLIER, G. FALCONNET, J. GRUEZ avec la collaboration de J. ROYER et R. FERNANDEZ pour la législation, de P. FERRANDEZ pour la fiche « La graine », de H. LE BOULER pour la fiche « La culture des plants ».

Les auteurs tiennent à remercier particulièrement J. ROYER et les pépiniéristes qui leur ont apporté leur précieuse collaboration pour la rédaction de ces fiches.

PHOTOGRAPHIES

- Photothèque FOMEDI (Forêt Méditerranéenne et Incendie)
CEMAGREF - Le Tholonet, BP 31, 13612 Aix-en-Provence Cedex 1

BIBLIOGRAPHIE

Les ouvrages cités en référence sont disponibles auprès de la Division « Forêt méditerranéenne » (équipe « Plants forestiers ») ou auprès de la cellule de documentation...

ILLUSTRATION ET REALISATION

EMERGENCE - 14 bis, boulevard Charrier - 13090 AIX-EN-PROVENCE

ISBN : 2-85362-231-2

DEPOT LEGAL : 2^e trimestre 1991

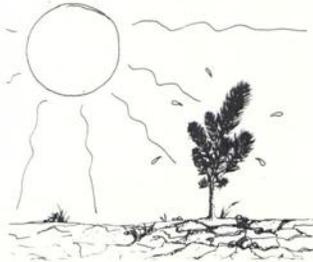
1 LES PLANTS FORESTIERS ET LE REBOISEMENT EN REGION MEDITERRANEENNE



Chaque année, les reboisements méditerranéens nécessitent entre 6 et 8 millions de plants (6 à 8 % de la production nationale) qui doivent présenter des caractéristiques répondant aux exigences de la région.

LES CARACTERISTIQUES DE LA REGION MEDITERRANEENNE ; LEURS CONSEQUENCES SUR L'UTILISATION DES PLANTS FORESTIERS

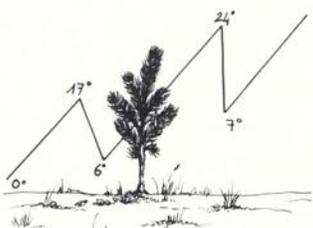
Les caractéristiques écologiques de la zone méditerranéenne sont très sévères pour les végétaux. Le climat est contrasté :



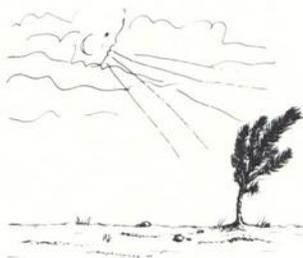
Sècheresse à toute époque de l'année, plusieurs mois en période estivale



Gel très fort



Amplitude thermique jour/nuit très variable : peut dépasser 25° C



Vents souvent violents accentuant l'impact de la sécheresse

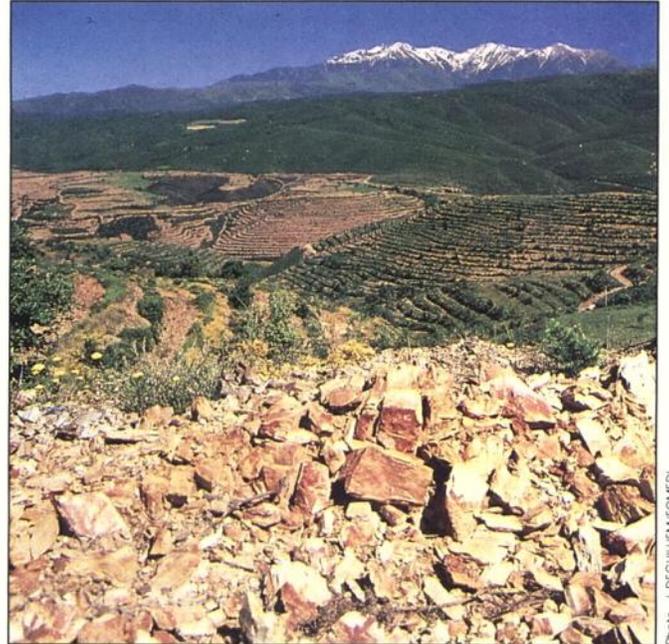


Photo - J. DEGUILHEM/FOWEDI

Les reboisements dans les zones de montagne représentent soixante dix pour cent des plants mis en place en région méditerranéenne. Les essences les plus utilisées sont les Pins noirs, les Sapins de Nordmann et pectiné, l'Epicéa et le Douglas. Notons que les plants à racines nues restent, malgré un engouement croissant pour les plants produits en conteneurs, les plus demandés dans cette partie de la région.

La **réussite d'un boisement** est la résultante de plusieurs éléments :

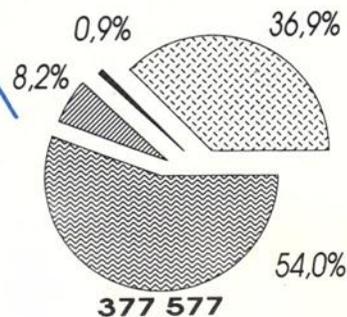
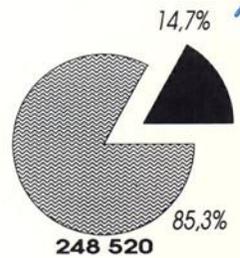
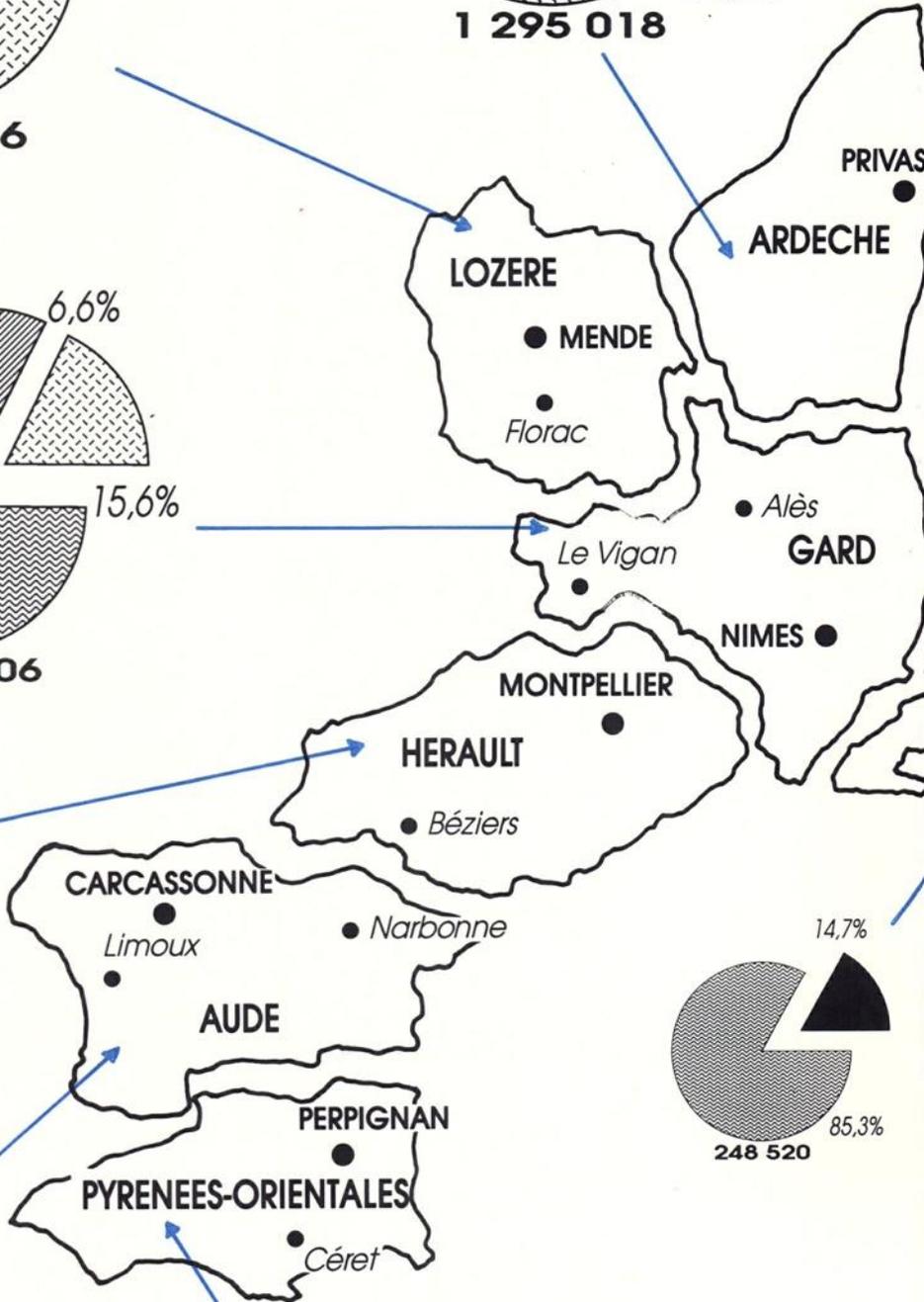
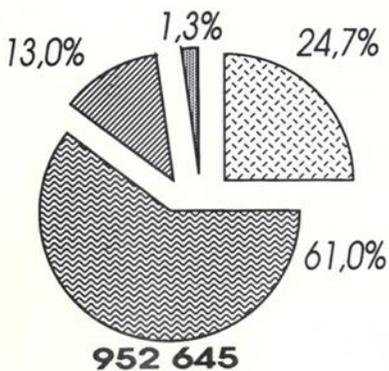
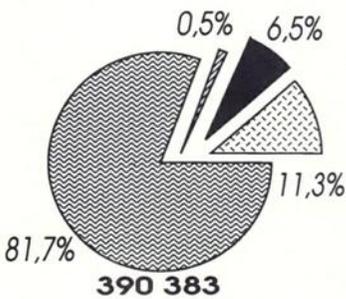
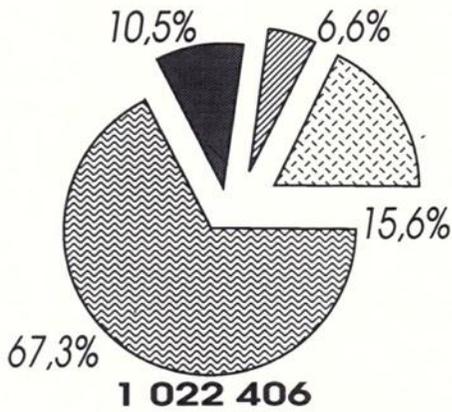
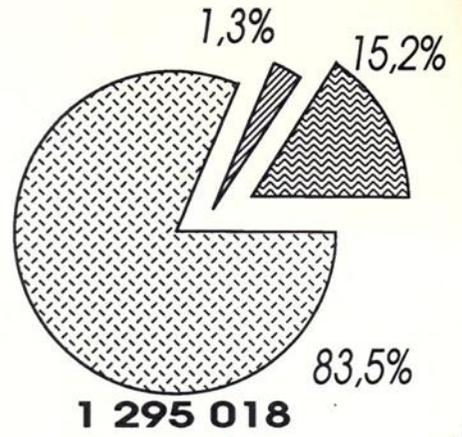
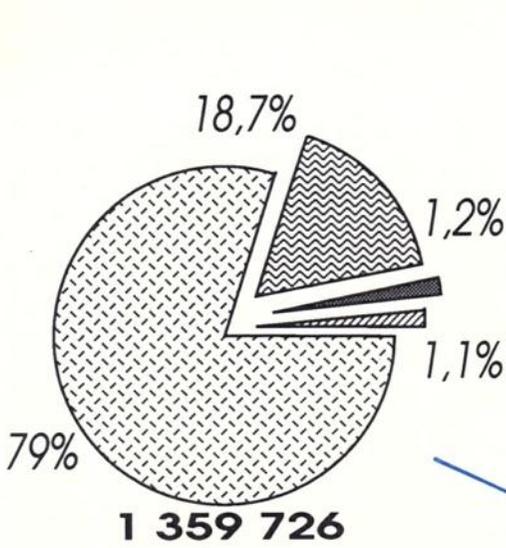
- les **propriétés morphologiques et physiologiques** du plant à la sortie de la pépinière, liées aux techniques culturales, aux conditions de stockage et de conservation des plants,
- l'effet des **facteurs du milieu** sur ces caractéristiques après plantation (adaptation de l'essence à la station, bonne préparation du terrain, période de plantation judicieuse, climat...),
- les conditions **de transport des plants, de plantation et d'entretien** du reboisement.

Les sols sont souvent dégradés, pierreux et superficiels. Des événements d'origine humaine (urbanisme, pâturage, incendies...) entraînent un appauvrissement écologique. Le reboisement de la zone littorale de la forêt méditerranéenne pose de gros problèmes aux gestionnaires.

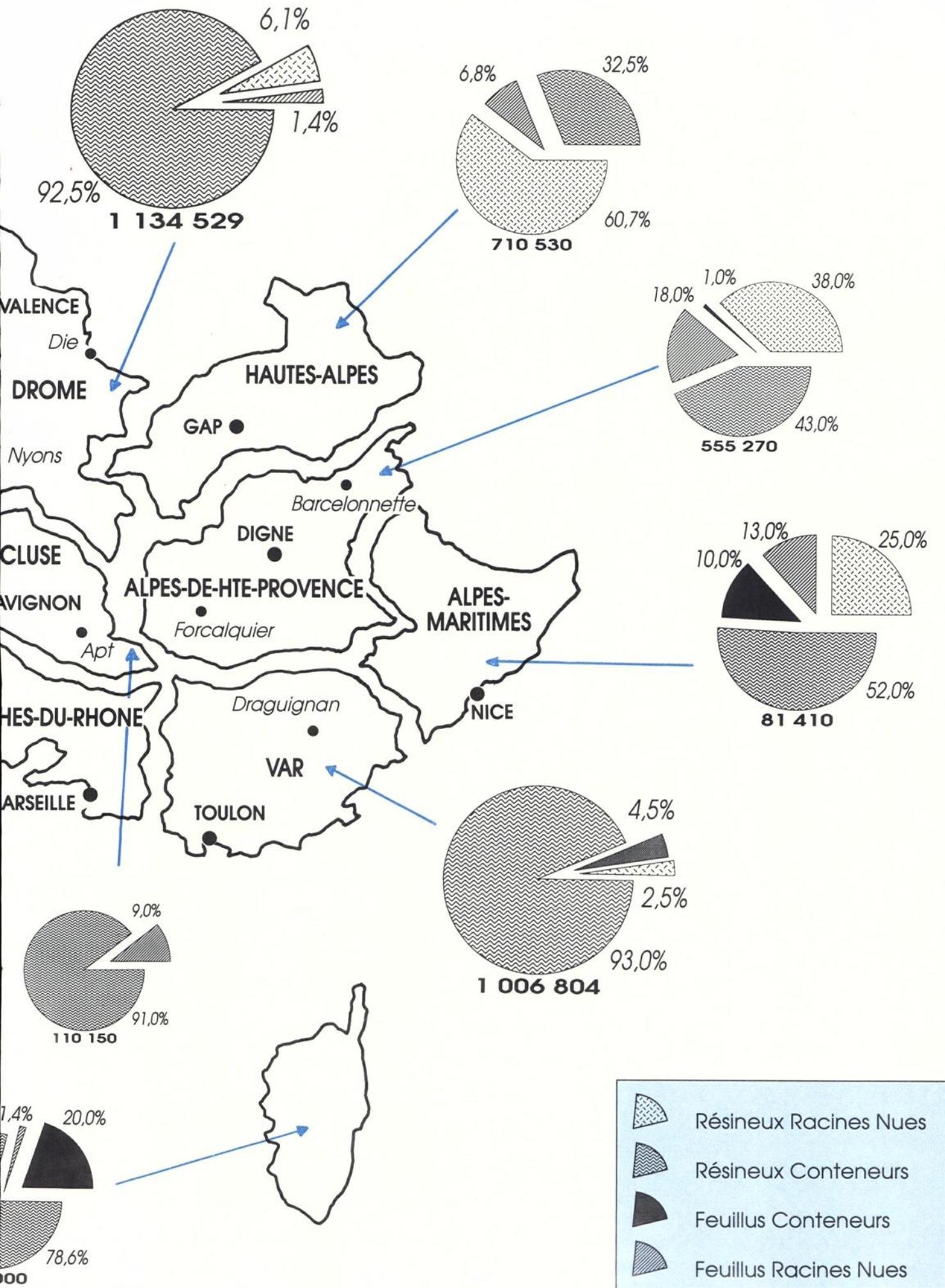
Les plants produits à racines nues ont des difficultés de reprise à la plantation. Dans cette zone, quatre vingt dix pour cent des plants utilisés (Cèdre, Pins laricio, Pin pignon principalement) sont cultivés en conteneur.

Ce chapitre est consacré à l'étude des éléments qui, à chaque étape de la production, sont susceptibles d'influencer la reprise et la croissance des plants ainsi que la pérennité du boisement.

REPARTITION PAR DEPARTEMENT DES TYPES D



PLANTS UTILISES EN REGION MEDITERRANEENNE



LA GRAINE



La graine, organe de reproduction essentiellement constituée d'un embryon entouré d'un tissu contenant des matières de réserves (l'albumen), est protégée par un tégument plus ou moins épais et imperméable. C'est un organe naturellement déshydraté et en vie ralentie.

La graine est à l'origine de la production de la majorité des plants forestiers.

LA RECOLTE DES GRAINES

● Les sites de récolte

Les peuplements sur lesquels sont prélevées les semences constituent le matériel forestier de base. Les semences récoltées font partie du matériel forestier de reproduction (MFR).

On définit trois types de lieux de récolte en fonction de l'effort qui a été consenti à l'amélioration de la qualité des semences pour une essence donnée.



Photo : J. LAURENT DOA F13/FOMEDI

TYPE D'ESSENCE	LEGISLATION	LIEUX DE RECOLTE
Essences marginales	Loi de 1905 (répression des fraudes)	non définis
Essences secondaires	Arrêté ministériel de 1961	Zones de récoltes déterminées
Essences principales	Code Forestier	Vergers à graines Peuplements porte-graines cf : répertoire national des matériels de base français des essences forestières (DERF - CEMAGREF)

Suivant leur niveau de sélection, il existe deux types de peuplements (ou de vergers) :

- Les peuplements contrôlés: leur supériorité génétique sur un ou plusieurs caractères a été prouvée au cours d'expérimentations.
- Les peuplements classés: ils sont sélectionnés uniquement sur leur phénotype, en particulier leur forme et leur homogénéité. Leur sélection est assurée

par le CEMAGREF, et tout gestionnaire ou propriétaire forestier peut proposer le classement d'un peuplement en prenant contact avec le SRFB (Service Régional de la Forêt et du Bois) de sa région.

Ces peuplements ou vergers sont regroupés en régions de provenance homogènes mais différentes pour chaque essence.

Actuellement, la majorité des graines récoltées pour le reboisement provient de peuplements identifiés ou classés.

Dans un proche avenir, les vergers à graines de l'Etat vont entrer en production. Des semences présentant un gain génétique présumé ou estimé (étiquette verte) ou contrôlé (étiquette bleue) seront à la disposition des reboiseurs. A titre d'exemple, les tests comparatifs de provenance de Sapin pectiné et de Cèdre ont déjà permis le contrôle de la supériorité génétique de certaines d'entre elles (Sapin de l'Aude et Cèdre de l'Atlas marocain).

Des programmes de sélection et d'amélioration en cours sur un certain nombre d'espèces utilisables pour les reboisements en zone méditerranéenne apporteront des précisions sur le choix du bon matériel forestier de reproduction (Cèdre, Chênes rouge et autochtones, Douglas, Pin laricio, Sapin de Céphalonie...).

A l'avenir, des vergers à graines d'essences spécifiques du milieu méditerranéen fourniront un matériel adapté (Sapin de Céphalonie, Cèdre du Liban originaire de Turquie...).

● Les problèmes liés à la récolte

La récolte de graines doit être effectuée en conformité avec la législation en vigueur. Elle doit, en particulier, faire l'objet d'une autorisation préalable **du propriétaire ou du gestionnaire**.

Les graines doivent être récoltées juste avant leur dissémination. Elles sont alors physiologiquement mûres. Cette période est souvent courte et varie selon les espèces : 15 jours à 1 ou 2 mois entre septembre et novembre, et jusqu'en avril pour les pins. L'irrégularité de la production de graines entraîne des problèmes d'estimation préalable d'approvisionnement.

Compte tenu des coupes effectuées dans les peuplements où ont lieu les récoltes, une diminution des surfaces de récolte est parfois observée (cas du Pin noir).

Les méthodes de récolte sont différentes selon les essences. Les glands et les fânes sont ramassés sur le sol. Les autres graines sont prélevées sur les arbres sur pied ou abattus, les graines récoltées au sol étant souvent de mauvaise qualité.

LE TRANSPORT ET LA CONSERVATION DES GRAINES

Le maintien des qualités de la graine est lié aux conditions d'humidité, de température et d'aération dans lesquelles elle est placée. Spécifiques à chaque essence, ces conditions doivent être scrupuleusement respectées durant le transport et la conservation.

● Transport

Les graines ou les cônes, fraîchement récoltés, doivent être conditionnés dans des emballages ménageant une aération (sac de toile de jute, par exemple) et acheminés rapidement vers le lieu de traitement ou d'utilisation.

● Conservation

Compte tenu de son incidence défavorable sur la faculté germinative des graines, la durée de conservation doit être la plus courte possible.

Dans un premier temps, des traitements peuvent s'avérer nécessaires : ouverture des cônes, tri des graines, désailage etc... Ensuite, la teneur en eau des graines est abaissée à 6-8 % pour la plupart des essences sauf pour les Chênes où elle est maintenue autour de 48 % (graine récalcitrante).

Les graines sont ensuite stockées dans des chambres froides thermorégulées (entre + 2°C et - 15°C) et à hygrométrie contrôlée pouvant aller jusqu'à 100 % pour les glands. Ces conditions sont nécessaires pour limiter la respiration et la consommation des réserves de la graine et pour maintenir son taux d'humidité.

Très souvent les graines sont entreposées dans des récipients hermétiques.

Certaines graines (glands et fânes) reçoivent un traitement phytosanitaire pour éviter tout développement de maladies.

L'utilisation de ces techniques permet d'obtenir de bons résultats pour la conservation des graines légères de résineux (5 à 10 ans pour les Pins, 2 à 3 ans pour les Sapins). La conservation des graines lourdes est plus délicate (risques phytosanitaires) et n'excède que rarement deux à trois années.

LA COMMERCIALISATION DES SEMENCES

Les critères de qualité commerciale des semences sont :

- le nombre de germes vivants au kg,
- la pureté du lot,
- l'état sanitaire,
- la faculté germinative.

Exemple:

Espèce	N.G. / kg	F.G
Cèdre de l'Atlas	10 à 15 000	40 à 70 %
Pin noir d'Autriche	45 à 50 000	75 à 90 %
P. laricio de Corse	60 à 65 000	80 à 95 %
Sapin pectiné	18 à 25 000	30 à 60 %
Erable sycomore	8 à 12 000	60 à 70 %
Mélèze d'Europe	240 à 270 000	35 à 45 %
Chêne rouge	200 à 400	85 à 95 %

N.G./kg = nombre de graines au kg ;

F.G. = faculté germinative à la récolte.

Ces caractéristiques dépendent du lieu et du mode de récolte des graines, des techniques et de la durée de conservation et conditionnent la réussite du semis.

Les conditions de commercialisation des graines, sont différentes selon les essences.

Essences assujetties aux différentes réglementations
(voie générative exclusivement, sauf pour le peuplier)

Essences	Normes CEE	Réglementation Française	
		Code Forestier	Arrêté de 1961
Aulne à feuille en coeur			X
Aulne glutineux			X
Aulne blanc			X
Aulne pubescent			X
Bouleau verruqueux			X
Cèdre de l'Atlas		X	
Cèdre du Liban		X	
Châtaignier			X
Chêne liège			X
Chêne pédonculé	X	X	
Chêne rouge	X	X	
Chêne sessile	X	X	
Cyprès de Lambert			X
Cyprès de Lawson			X
Cyprès méditerranéen			X
Douglas vert	X	X	
Epicéa commun	X	X	
Epicéa de Sitka	X	X	
Epicéa de Serbie			X
Frêne commun			X
Hêtre	X	X	
Mélèze d'Europe	X	X	
Mélèze du Japon	X	X	
Merisier		X	
Noyer noir			X
Noyer royal			X
Peuplier (voie végétative)	X	X	
Pin à crochets			X
Pin d'Alep		X	
Pin de Monterey			X
Pin de Salzman			X
Pin laricio de Calabre	X	X	
Pin laricio de Corse	X	X	
Pin maritime		X	
Pin noir d'Autriche	X	X	
Pin pignon		X	
Pin sylvestre	X	X	
Pin Weymouth	X	X	
Robinier			X
Sapin concolor			X
Sapin de Céphalonie			X
Sapin de Nordmann			X
Sapin pectiné	X	X	
Sapin de Vancouver			X
Thuya géant			X
Thuya de l'ouest			X

On distingue :

- les semences des essences marginales (espèces non citées dans la liste ci-jointe) : aucune norme de qualité.

- les semences des essences secondaires (arrêté de 1961) et principales (Code Forestier) : la plupart sont soumises au respect de normes de qualité.

- les semences des essences principales sont commercialisées avec les marques distinctives suivantes :

- semences **contrôlées** : **étiquette bleue** (Sapin pectiné de l'Aude, Cèdre de l'Atlas),
- semences **sélectionnées** : **étiquette verte**.

En cas de pénurie de ces semences, deux catégories dites "à exigence réduite" peuvent être admises par dérogation :

- les semences **identifiées** issues de provenances autorisées uniquement en **importation** : **étiquette jaune** (Douglas...).
- les semences **non identifiées** issues de peuplements autorisés annuellement sur décision du Service Régional de la Forêt et du Bois et commercialisées sous **étiquette blanche**.

LE TRAITEMENT POUR LA GERMINATION

Certaines graines, bien que placées dans des conditions favorables à la germination, ne peuvent germer. Elles sont en état de **dormance** qui peut être de deux types : tégumentaire ou embryonnaire. L'état de dormance est spécifique à chaque essence. Il existe plusieurs méthodes de levée de dormance dont la stratification. Celle-ci consiste à placer les graines dans un substrat humide (sable ou tourbe) à des températures basses. Cette opération peut être très longue (jusqu'à un an) et n'est pas toujours suffisante pour déclencher la germination. L'alternance de périodes de traitement au froid et à la chaleur est parfois nécessaire (Merisier).

CONSEILS

Bien choisir le matériel contrôlé ou la provenance des semences en fonction de la zone d'utilisation et exiger l'application de la réglementation (étiquetage, documents d'accompagnement...).

Consulter le CCTP en vigueur en zone méditerranéenne, ou le recueil de fiches " Amélioration des essences forestières " (nouvelle édition par la Direction de l'Espace Rural et de la Forêt prévue en 1991).

N'utiliser des semences avec étiquette blanche, généralement de moins bonne qualité, qu'en cas d'impératifs.

Des précisions sur les programmes d'amélioration génétique peuvent être obtenues auprès de l'INRA (Laboratoire de Génétique et d'Amélioration des Arbres Forestiers, Avenue Vivaldi, 84000 Avignon, tél. 90 89 33 25).

Etablir un contrat de culture avec un pépiniériste en cas de provenance particulière souhaitée.

S'adresser à un pépiniériste ou à un récolteur professionnel pour la récolte et la conservation éventuelle de toutes graines non disponibles sur le marché.

En cas de litige, s'adresser aux contrôleurs de pépinière dans les Services Régionaux de la Forêt et du Bois des régions concernées :

CORSE :
Le Solferino
8, Cours Napoléon. BP. 309
20125 Ajaccio cedex
Tél. 95 21 63 01

LANGUEDOC-ROUSSILLON :
Estanove 1, BP 5595
34071 Montpellier cedex 3
Tél. 67 42 50 66

PROVENCE-ALPES-COTE-D'AZUR :
Parc de Marveyre
Avenue de Marveyre
13272 Marseille cedex 08
Tél. 91 76 20 84

RHONE-ALPES :
Cité administrative de la Part-Dieu
165 rue Garibaldi - BP 3202 -
69401 Lyon cedex 03
Tél. 78 63 13 13.

PRINCIPAUX POINTS REGLEMENTAIRES

• Essences soumises à l'arrêté de 1961

Récolte

Dans les zones autorisées sauf dérogation.

Commercialisation

Avec documents établis sous la responsabilité du vendeur : étiquette extérieure et intérieure au sac de graines mentionnant en particulier la pureté spécifique et la faculté germinative.

Qualité des graines

Définition de normes spécifiques de chaque essence pour la pureté spécifique, la faculté germinative.

• Essences soumises au Code Forestier (articles L.551.1 et suivants et R.551.1 et suivants)

Récolte

Exclusivement sur peuplements contrôlés (étiquette bleue) et sélectionnés (étiquette verte).

Sous le contrôle de l'administration qui procède à la mise en place du scellé officiel et à l'étiquetage de chaque sac sur les lieux de récolte.

Délivrance sur le lieu de récolte d'un certificat de provenance obligatoire pour le transport des sacs.

Commercialisation

Documents obligatoires :

- fichier de suivi des lots de graines à l'entrée en sécherie ou en pépinière,

- document d'accompagnement délivré par le vendeur,

- scellé et étiquette du vendeur sur le lot de graines avec en particulier mention obligatoire de l'identité du lot (région de provenance), de l'année de maturité des graines et du caractère autochtone ou non du matériel de base dont sont issues les graines.

Qualité des graines

Définition de la pureté spécifique du lot.

Un propriétaire forestier peut récolter sur son terrain à condition que la totalité de ses récoltes soit utilisée dans la forêt d'origine

POUR EN SAVOIR PLUS

CEMAGREF (1982). Les semences forestières, Note Technique, 48, 80p.

CODE FORESTIER. Articles L 551-1 et suivants et R 551-1 et suivants. Titre V du livre 5.

IDF (1978). Les semences forestières, Bull. Vulg. For., 78/5, 40p.

IDF (1980). L'élevage des plants forestiers en France, Bull. Vulg. For., 80/2, 13-16.

LACAZE J.F. (1983). Quelques réflexions sur l'amélioration des arbres forestiers, Bull. Tech. ONF, 14, 3-10.

Rev. For. Fr. (1986). Amélioration génétique des arbres forestiers, n° spécial, 288p.

SRFB Languedoc Roussillon (1990). Fourniture de plants forestiers en zone méditerranéenne, Cahier des Clauses Techniques Particulières, annexe 5.

LE PLANT FORESTIER



Les propriétés morphologiques et physiologiques du plant à la sortie de la pépinière, liées aux techniques culturales, conditionnent la réussite du boisement.

LE FONCTIONNEMENT DU VEGETAL

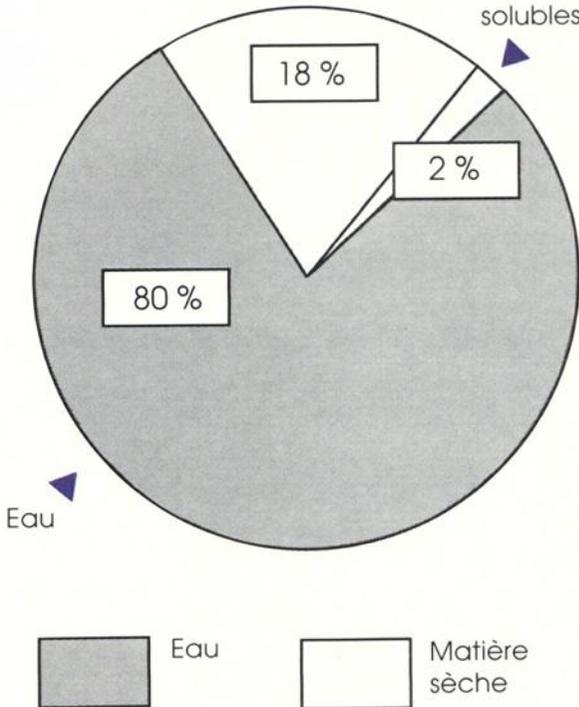
Les végétaux prélèvent dans le sol et dans l'air les éléments et l'énergie nécessaires à leur croissance, à leur développement et à leur reproduction. Les techniques de production des plants forestiers doivent permettre l'optimisation de ces fonctions.



Photo: G. FALCONNET/CEMAGREF AX

Acides aminés, protéines,
lipides, glucides

Minéraux
solubles



Eau



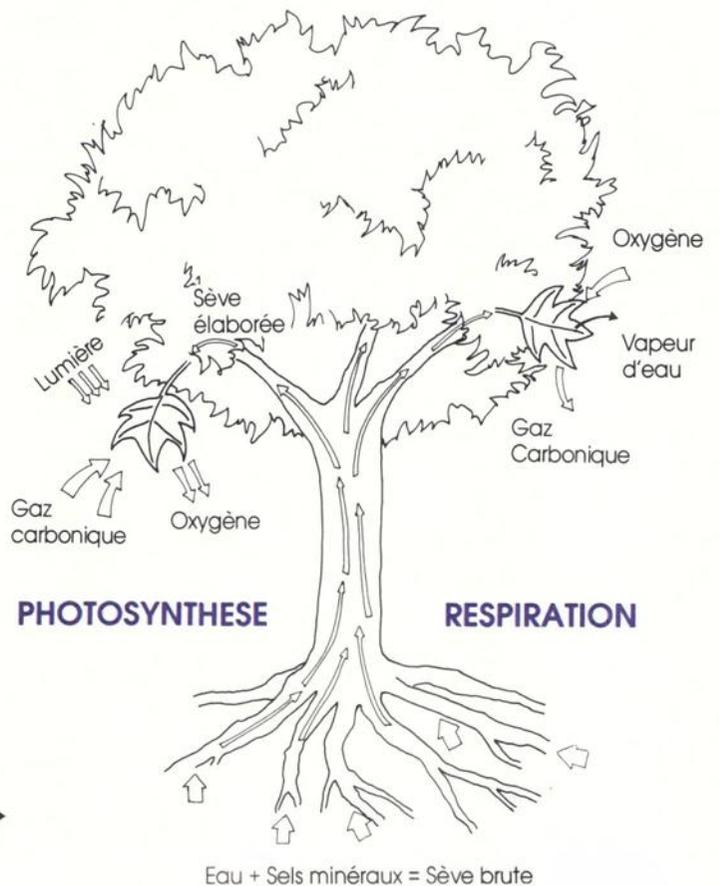
Eau



Matière
sèche

▲ Analyse de la composition chimique et moléculaire des végétaux

Les parties aérienne et racinaire contribuent toutes deux à la croissance et au développement (formation de nouveaux organes) du plant. ►



COMMENT DEFINIR LA QUALITE DU PLANT ?

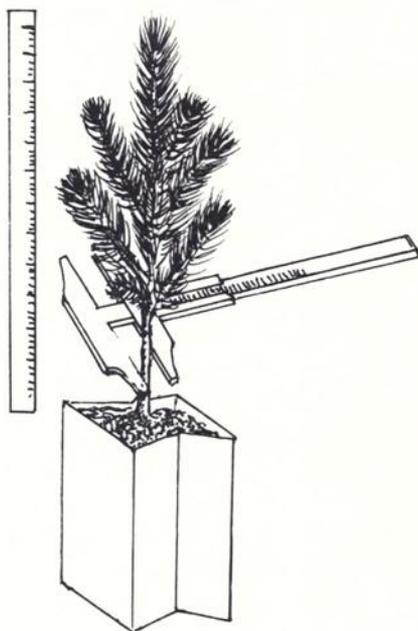
La reprise à la plantation, la croissance et la survie ultérieures sont les facteurs déterminant la qualité d'un plant. Le devenir du plant sur le terrain est tributaire des conditions de sa production. Pour cela, les chercheurs et praticiens ont défini, sur des jeunes plants, différents critères liés à leur survie et à leur croissance sur le terrain.

Ces critères sont de deux types : morphologiques et physiologiques.

● Les critères morphologiques

La hauteur, le diamètre au collet, la couleur, la biomasse, l'homogénéité des lots, sont des critères généralement utilisés par le reboiseur pour le choix de ses lots de plants. Ils concernent à la fois le système racinaire et les parties aériennes.

Ces critères morphologiques ne reflètent pas forcément l'état du plant au moment de l'observation mais donnent plutôt une idée de la conduite de la culture des lots en pépinière.



La plupart de ces critères sont utilisés pour définir les normes de commercialisation des plants (cf. Principaux points réglementaires).

● Les critères physiologiques

Les critères physiologiques tels que la teneur en éléments minéraux des tissus, le taux de réserves glucidiques (sucres), la capacité photosynthétique sont plus difficiles à mesurer que les caractéristiques morphologiques. Leur détermination est plus longue et nécessite du matériel d'analyse approprié et coûteux. De ce fait, peu de relations ont été établies entre ces critères physiologiques et le comportement des plants sur le terrain.

Les diagnostics foliaires ont permis de déterminer des équilibres minéraux "optimum" sur des arbres en place. Par contre, on ne dispose actuellement que de très peu de données sur les jeunes plants. De plus, celles-ci n'ont pu être encore corrélées aux "performances" du plant sur le terrain.

Dans certains cas, une relation a été établie entre **le taux de réserves glucidiques** racinaires ou **la capacité photosynthétique** des plants et le taux de reprise à la plantation. Cependant, ces résultats sont peu nombreux et aucune valeur minimale n'a été définie.

L'utilisation de ces critères est toutefois prometteuse dans la mesure où ils sont objectifs et où ils permettraient de caractériser l'état physiologique du plant au moment de son observation.

CONSEILS

Veiller à ce que la normalisation concernant les plants soit respectée.

Etablir un contrat de culture avec un pépiniériste de la région méditerranéenne sur les bases du CCTP en vigueur dans cette région, par exemple.

Visiter régulièrement la pépinière de production ; l'homogénéité des lots de plants avant tri donne une bonne idée de la façon dont la culture est conduite.

PRINCIPAUX POINTS REGLEMENTAIRES

● Normes CEE

A l'exception du peuplier, ces normes ne s'appliquent qu'aux plants issus de semences et produits à racines nues.

Les lots de plants doivent comprendre au moins 95% de plants de qualité loyale et marchande, c'est-à-dire conformes aux normes ci-après.

Les essences concernées :

Toutes les essences soumises au Code Forestier.

Etat physiologique et sanitaire des plants

Le tableau ci-dessous définit, par groupe d'essences, les défauts qui excluent les plants de la qualité loyale et marchande.

Défauts excluant les plants de la qualité loyale et marchande	Abies alba Picea	Larix	Pinus	Pseudo tsuga taxifolia	Fagus silvatica Quercus	Populus sp.
a) Plants portant des blessures non cicatrisées : - sauf blessures de coupe pour supprimer des flèches en surnombre	X	X	X	X	X	X
- sauf autres blessures de coupe pour tailles culturales	X	X	X	X		X
- sauf blessures de rameaux	X	X	X	X	X	X
b) Plants partiellement ou totalement desséchés	X	X	X	X	X	X
c) Tige présentant une forte courbure	X			X		X
d) Tige multiple	X	X	X	X	X	X
e) Tige présentant plusieurs flèches	X	X	X			X
f) Tige et rameaux incomplètement aôtés	X (1)		X (1)			X (2)
g) Tige dépourvue de bourgeon terminal sain	X (1)	X (1)	X (1)	X (1)		
h) Ramification absente ou nettement insuffisante	X			X		
i) Aiguilles les plus récentes gravement endommagées au point de compromettre la survie de la plante	X		X	X		
j) Collet endommagé (4)	X	X	X	X	X	X (3)
k) Racines principales gravement enroulées ou tordues (4)	X	X	X	X	X	
l) Radicelles absentes ou gravement amputées	X	X		X	X (5)	
m) Plant présentant de graves dommages causés par des organismes nuisibles...	X	X	X	X	X	X
n) Plants présentant des indices d'échauffement, de fermentation ou de moisissure consécutifs au stockage en pépinière	X	X	X	X	X	X

(1) Sauf si les plants sont extraits de la pépinière pendant la période de végétation.

(2) A l'exclusion des clones *Populus deltoïdes angulata*.

(3) Sauf pour les plants de *Populus* recépés en pépinière.

(4) Sauf pour les plançons.

(5) Sauf pour les *Quercus borealis*.

LE SUBSTRAT DE CULTURE



Le substrat est le milieu naturel (sol) ou artificiel, dans lequel se développe le système racinaire du plant.

QUELS ROLES JOUE-T-IL ?

Le plant a besoin d'un **support physique** de culture et d'une **protection en cours d'élevage, de transport et de plantation**. Un système racinaire bien développé permet un **bon ancrage** du plant et le maintien de sa partie aérienne.

Le plant doit pouvoir disposer, au niveau de son système racinaire, **de l'eau** et des **éléments minéraux** nécessaires à sa croissance et à son développement. Le système racinaire a un rôle de réservoir pour ces composés.

Le système racinaire du plant respire et se développe. Le substrat est donc tenu de lui ménager l'air et l'espace dont il a besoin.

Le substrat doit assurer, jusqu'à la plantation, l'ensemble de ces fonctions. Quelques semaines après son installation et si toutes les conditions sont réunies (plant de qualité, préparation du sol et plantation effectuées avec soins, météorologie favorable), le plant s'affranchit totalement de sa motte et le substrat ne joue alors plus aucun rôle.

LES PROPRIETES D'UN BON SUBSTRAT

Pour assurer l'ensemble de ces fonctions, le substrat doit présenter les caractéristiques suivantes :

- **pH compris entre 5 et 8.** Le pH est la mesure de la concentration en ions H^+ (acidité).

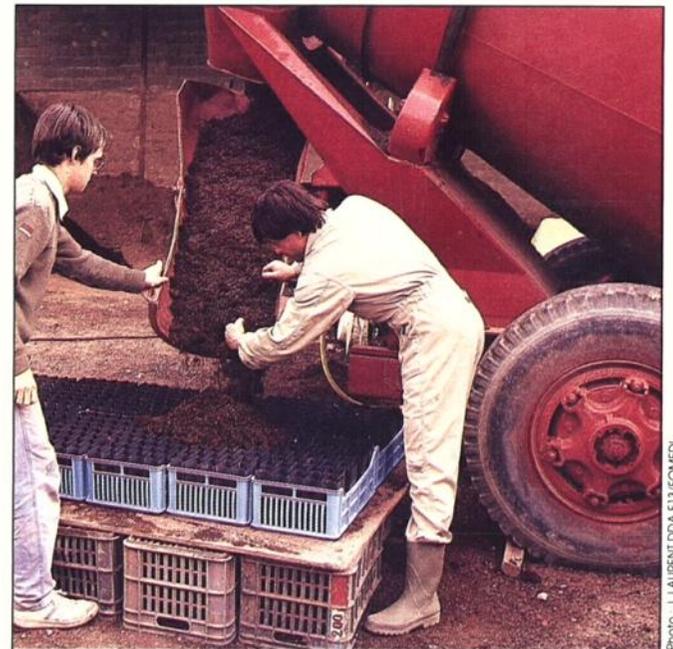
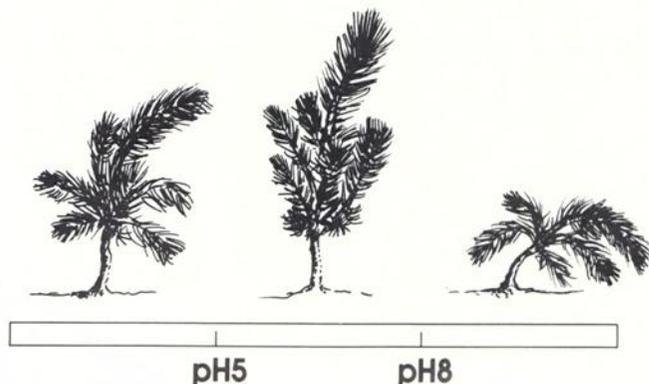
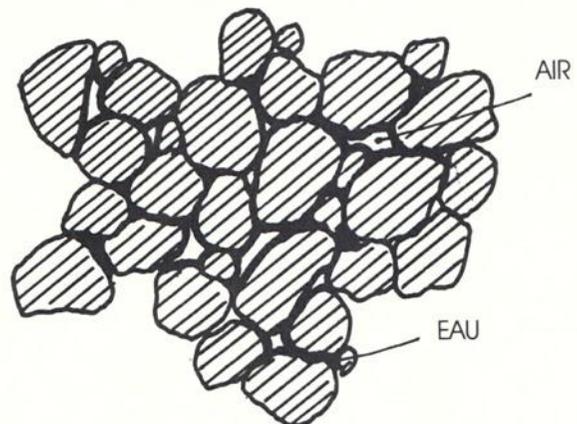


Photo: J. LAURENT DDA F13/FOMED

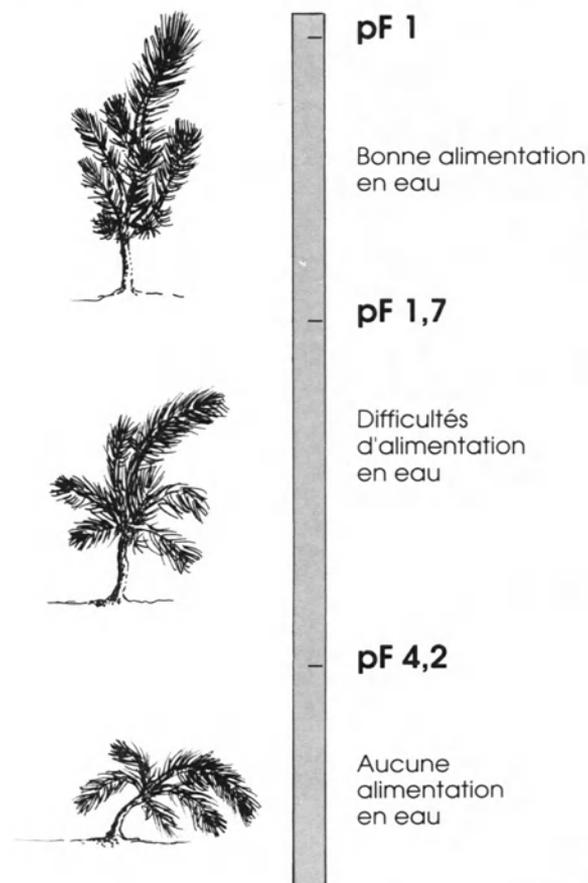
- **porosité importante.** La porosité est le pourcentage du volume occupé par l'eau et l'air par rapport au volume total offert aux racines de la plante. L'eau, retenue uniquement dans les pores étroits de diamètre inférieur à 30-50 μm , est remplacée par l'air dans les pores plus gros. La porosité doit être de 40 % à 50 % dans un sol et de 60 % à 80 % dans un conteneur car le volume de substrat exploré est plus réduit.



- **disponibilité en eau élevée :** forte aptitude du substrat à retenir et à restituer l'eau. La quantité d'eau disponible est la différence entre la teneur en eau maximale du substrat (capacité en bac) et la teneur en eau minimale nécessaire pour la vie de la

plante (point de flétrissement permanent). Elle est donc d'autant plus importante que la capacité de rétention en eau est élevée. La disponibilité en eau doit être au moins égale à 20 %.

La notion de disponibilité en eau est liée à celle du pF. Le pF est la résultante de toutes les forces entrant dans les mécanismes de l'absorption de l'eau par la plante.



- **Teneur en air de 20 à 40 % entre pF 1 et pF 2.** Celle-ci est d'autant plus importante que la granulométrie du substrat est élevée.

- **La Capacité d'Echange Cationique (CEC)** représente l'aptitude à stocker et à restituer les éléments minéraux. Elle doit être d'autant plus importante que les apports de fertilisants sont espacés. Celle-ci est quasiment nulle sur les matériaux chimiquement inertes ce qui peut être compensé par des apports fréquents de fertilisants.

L'ensemble de ces caractéristiques peut être déterminé par des laboratoires spécialisés qui indiquent les corrections éventuelles à apporter en fonction de la culture envisagée.

Le substrat doit être composé **d'éléments stables** au niveau physique (absence de tassement par exemple) et ne pas subir de transformation chimique.

Il doit être **dépourvu de toxicité, de parasites et de germes de maladies.**

Trois autres éléments sont à prendre en compte

plus particulièrement dans le choix d'un substrat artificiel :

- **le pouvoir de réhumectation** qui, s'il est trop faible, entraîne une percolation totale de l'eau et/ou des éléments fertilisants.

- **l'homogénéité** qui permet d'assurer la cohésion de la motte et d'éviter le dessèchement du système racinaire par délitement de celle-ci au moment des manipulations.

- **le pouvoir tampon sur les températures extrêmes.** En effet, des températures très élevées ou très basses sévissent dans les conteneurs lorsque l'arrosage ne remplit plus son rôle de régulateur thermique.

Exemple : températures relevées dans les conteneurs à la pépinière administrative des Milles à Aix-en-Provence :

- durant la période de végétation, donc d'arrosage, la température demeure, quel que soit le substrat, entre 21 et 24° C,
- durant l'automne ou l'hiver, elle atteint des niveaux dangereux pour le système racinaire en activité à cette époque pour un certain nombre d'essences méditerranéennes.



Le 11 décembre 1988	14 heures	24 heures
tourbe + perlite	30° C	0° C
tourbe + argile expansée	25° C	0° C
tourbe + écorce compostée	22° C	0° C

LES SUBSTRATS DE CULTURE HORS SOL

Le substrat doit être un **support solide** composé d'un élément **rétenant d'eau** et d'un élément **aérateur**. En effet, un seul composé ne permet généralement pas de satisfaire à la fois les besoins en eau et en air de la plante.

Le choix et la proportion du mélange se fait en fonction de la réponse des matériaux aux nécessités décrites au paragraphe "Les propriétés d'un bon substrat".

D'autres facteurs doivent être pris en compte : la facilité d'utilisation, les possibilités d'approvisionnement local de qualité régulière, le prix de revient.

● Quels composants de substrat choisir?

En ce qui concerne le rétenteur d'eau, le choix se limite aux tourbes blondes ou noires à longues fibres avec toutefois une préférence pour les tourbes blondes dont la stabilité physico-chimique est meilleure durant toute la période d'utilisation.

Le choix des aérateurs est plus vaste: perlite, vermiculite, argile expansée, fibre de bois traitée, pouzzolane, compost d'écorce de pins, tuff volcanique, marc de raisin...

La perlite, la vermiculite, l'argile expansée sont des matériaux biologiquement inertes et de qualité

régulière mais couteux (500 à 1000 F le m³).

Les aérateurs d'origine organique (dérivés du bois, marc de raisin...) sont généralement moins dispendieux (de 200 à 400 F le m³), mais de qualité moins régulière que les précédents et nécessitent un compostage total avant utilisation.

Caractéristiques hydriques de quelques composants de substrat (d'après Rivière et al., 1984)

Matériau	Porosité totale en % volume substrat	Volume d'eau en % volume		Disponibilité en eau % volume (pF1 - pF2)	Volume d'air à pF1 en % volume (Porosité - vol. d'eau à pF1)
		pF1	pF2		
Vermiculite	95,4	42,3	34,5	7,8	53,1
Perlite	96,4	34,6	22,6	12,0	61,8
Pouzzolane (2-5 mm)	65,7	19,7	13,2	6,5	46,0
Ecorce de pin grossière	89,0	34,1	24,3	9,8	54,9
Sable grossier (<2 mm)	38,3	31,7	4,6	27,1	6,6
Tourbe blonde fibreuse	95,2	57,3	24,6	32,7	37,9
Tourbe brune évoluée	83,3	71,2	43,9	27,3	12,1

La nature de l'aérateur a une incidence sur la physiologie du plant. La capacité photosynthétique, à l'origine de la fixation du carbone nécessaire à l'élaboration des sucres (quantité de moles de gaz carbonique absorbée par la plante dans un temps donné), peut être améliorée par certains aérateurs (compost d'écorce par exemple).

NATURE DU SUBSTRAT	C. PHOTOSYNTHÉTIQUE $\mu\text{mole.s}^{-1} . \text{dm}^{-2}$
50% tourbe+50% écorce compostée	5,55
50% tourbe+50% argile expansée	4,63
50% tourbe+50% perlite	3,94
50% hortifibre+50% pouzzolane	0,85

Capacité photosynthétique de plants de Cèdre de 1 an élevés sur différents substrats.
CEMAGREF Aix-en-Provence, INRA Nancy

● Dans quelle proportion ?

Caractéristiques hydriques de quelques mélanges testés par le CEMAGREF (analyses : ENITAH d'Angers)

Substrat	Porosité totale en % volume substrat	Volume d'eau en % de volume		Disponibilité en eau en % volume (pF1 - pF2)	Volume d'air à pF1 en % volume (Porosité - vol. d'eau à pF1)
		pF1	pF2		
Tourbe blonde (50%) + écorce compostée (50%)	90,9	68,4	29,3	39,1	22,5
Tourbe + écorce + terre (40%) (40%) (20%)	79,2	65,9	32,2	33,7	13,3
Tourbe + perlite (50%) (50%)	93,2	53,4	30,2	23,2	39,8
Tourbe + terre (20%) (80%)	56,1	50,3	33,8	16,5	5,8
Tourbe + pouzzolane (50%) (50%)	67,1	54,4	25,9	28,5	12,7
Tourbe + pouzzolane + terre (40%) (40%) (20%)	55,8	50,7	24,3	26,4	5,1
Tourbe + argile expansée (50%) (50%)	83,1	26,4	16,8	9,6	56,7

Pour des raisons pratiques de préparation, les mélanges en proportion égale des deux composants (aérateur et rétenteur d'eau) sont généralement utilisés. Ils permettent d'obtenir des résultats satisfaisants.

● La "terre" dans les substrats

Utilisée seule ou en mélange, la "terre" argilo-calcaire présente les inconvénients suivants :

- risques de présence de germes (fusarium, pythium à l'origine de la fonte des semis),
- contamination par des semences de graminées,
- faible teneur en air entraînant une mauvaise colonisation de la motte par le système racinaire,
- irrégularité d'approvisionnement (caractéristiques physico-chimiques variant d'une année sur l'autre),
- poids élevé donc manipulations plus difficiles.

L'utilisation d'un substrat à base de terre ne permet pas une meilleure adaptation du plant après sa mise en place sur le terrain.

LE SOL DE PEPINIERE

Le sol doit présenter les caractéristiques décrites au paragraphe "Les propriétés d'un bon substrat".

Il ne doit pas être situé dans un endroit mal drainé ni dans un endroit où un drainage ne peut être réalisé. Il doit être le plus plat possible pour permettre une utilisation judicieuse des apports d'eau et de nutrition en évitant le lessivage vers les zones basses. L'alimentation en eau doit être permanente et régulière tant en volume qu'en qualité. Il doit être éloigné de toutes sources de pollution (atmosphériques ou végétales).

Ses caractéristiques physico-chimiques peuvent être améliorées par des apports d'amendement, des labours...

CONSEILS

Etre très vigilant sur le niveau de compostage et sur la granulométrie de l'écorce utilisée.

Refuser tout plant élevé dans un substrat contenant de la terre.

Exiger, dans un CCTP (ou dans tout autre document contractuel signé avec le pépiniériste) le substrat désiré (nature des composants, granulométrie...). Ceci implique un accord dès le printemps avec le fournisseur de plants afin de lui permettre de s'approvisionner en matériaux demandés.

PRINCIPAUX POINTS REGLEMENTAIRES

Il n'existe aucune réglementation européenne ou nationale concernant les substrats de culture.

Caractéristiques des substrats imposées par le CCTP en vigueur en zone méditerranéenne pour les reboisements bénéficiant d'aides publiques.

Ces caractéristiques ne s'appliquent qu'aux plants cultivés en conteneur. En effet, la culture à racines nues en bêche, sur substrat artificiel n'est pas pratiquée, actuellement, en zone méditerranéenne.

Les pépiniéristes doivent produire un document certifiant la composition du substrat dans lequel ont été élevés les plants.

La composition préconisée est celle utilisée par le CEMAGREF d'Aix-en-Provence à savoir : 50 % de tourbe blonde à longues fibres avec 50 % de compost d'écorce de Pin maritime ou de Pin laricio ; granulométrie comprise entre 0,5 et 1,5 cm assurant une porosité minimale de 80 % (pH compris entre 5,5 et 6,5).

POUR EN SAVOIR PLUS...

CAHUZAC Y. (1989). Guide des cultures en conteneur, CNIH Ed., 18-36.

GRAS R. (1983). Quelques propriétés physiques des substrats horticoles, PHM Rev. Hortic., 230, 51-53 ; 232, 47-50 ; 234, 11-13.

GUEHL J.M., FALCONNET G. et GRUEZ J. (1989). Caractéristiques physiologiques et survie après plantation de plants de Cedrus atlantica élevés en conteneurs sur différents types de substrats de culture, Ann. Sci. For., 46, 1-14.

LEMAIRE F., DARTIGUES A., RIVIERE L.M. et CHARPENTIER S. (1989). Cultures en pots et conteneurs. Principes agronomiques et applications. INRA-PHM Rev. Hortic. Co-éd., 184p.

RIVIERE L.M., DARTIGUES A., LEMAITRE F. (1984). Comment choisir un substrat ? Hortimat Ed., Culture Hors-sol, 1-21.

LE CONTENEUR



Le choix du conteneur est un facteur déterminant pour obtenir, à la sortie de pépinière, "un bon plant". En effet, le développement du système racinaire du plant dans un espace limité par des obstacles (parois du conteneur) peut avoir des conséquences irrémédiables sur sa survie et/ou sa croissance.

LES CARACTERISTIQUES DES CONTENEURS

● Les avantages

Le conteneur permet de transférer sur le terrain la totalité du système racinaire produit en pépinière en maintenant son architecture intacte.

Les étapes de conditionnement et d'arrachage sont évitées. Le conteneur assure ainsi jusqu'à la plantation une protection contre la dessiccation et les blessures.

La qualité de plantation est généralement meilleure, l'ouverture d'un potet pour la mise en place de la motte étant indispensable.

● Les inconvénients

Dans les conditions de culture, de transport et de plantation actuelles des plants à racines nues, le coût d'un plant éduqué en conteneur est supérieur à celui d'un plant produit à racines nues.

Le tri des plants produits en conteneur est difficile voire impossible selon le conteneur utilisé.

Les poids et volumes à transporter sur le terrain pour la plantation sont plus importants dans le cas d'une production en conteneur que dans le cas d'une production à racines nues.

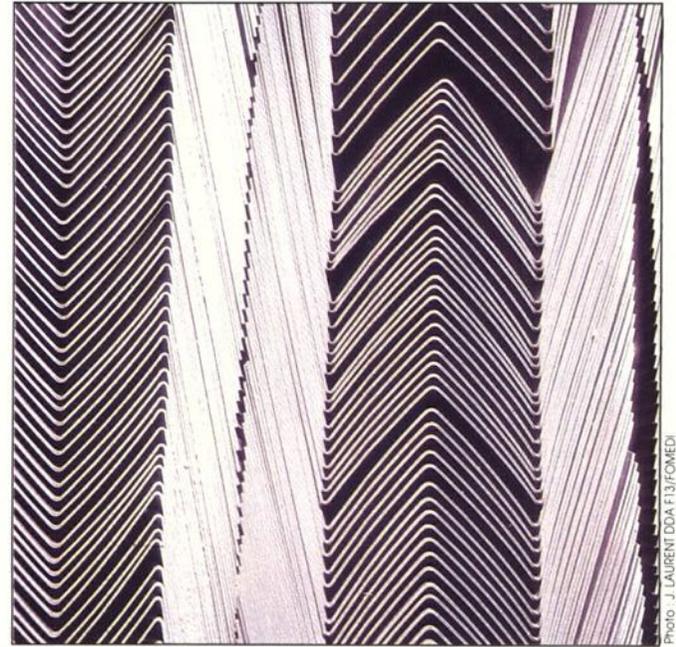
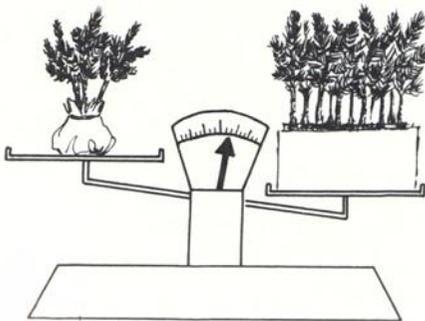
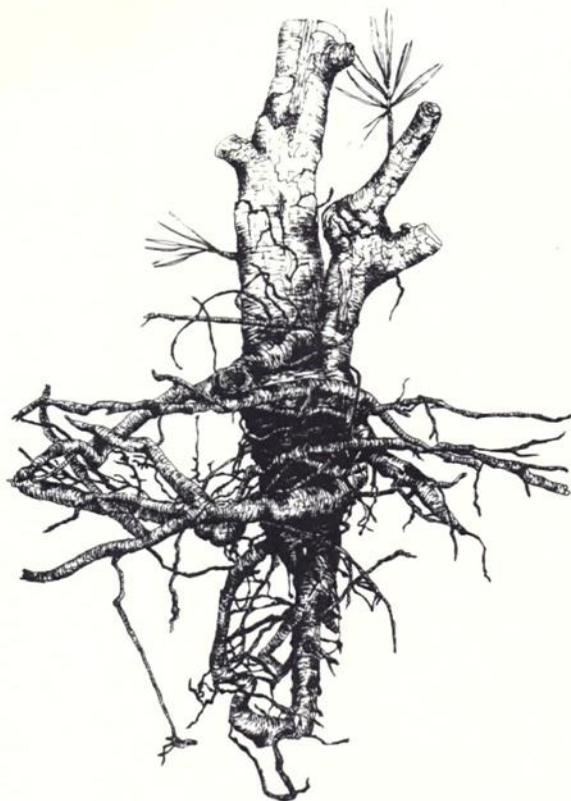


Photo : J. LAURENT DDA F.I.J.FOMEDI

Certains conteneurs induisent des déformations racinaires néfastes pour la survie et la croissance du plant telles que la spiralisation des racines latérales (qui se traduit par un mauvais ancrage du plant dû à un défaut de colonisation du sol par les racines).



Cette spiralisation peut entraîner la strangulation du pivot et la mort du plant 10 à 15 années après la plantation. Ces déformations racinaires provoquent une perturbation du stockage des réserves glucidiques dans les racines.



Plusieurs caractéristiques du conteneur sont à prendre en compte : la hauteur, la section, le volume, la forme et la conception.

LA HAUTEUR

La hauteur du conteneur influe sur la qualité de l'enracinement mais a peu d'influence sur la croissance (hauteur et diamètre) du plant.

D'autre part, plus la hauteur du conteneur est importante, plus les racines inférieures sont installées profondément dans le sol au cours de la plantation et meilleure est la protection des plants contre la dessiccation superficielle du sol.

LA SECTION

L'influence de la section du conteneur sur les caractéristiques morphologiques des plants est très supérieure à celle de la hauteur.

En pépinière, la hauteur, le diamètre au collet et le nombre de bourgeons racinaires des plants sont en corrélation directe avec la section du conteneur. Le nombre de bourgeons racinaires et le

diamètre au collet augmentent principalement entre 9 et 25 cm². **Une section minimale de 25 cm² est donc indispensable**

La reprise à la plantation s'en trouve également améliorée.

La section du conteneur détermine le nombre de plants au m². Le développement des parties aériennes et la durée d'élevage des plants sont donc pris en compte dans le choix de celle-ci.

La section doit également permettre le remplissage aisé du conteneur par des éléments de granulométrie grossière nécessaire pour assurer une bonne porosité du milieu.

LE VOLUME

Il doit être supérieur à 400 cm³.

Une meilleure reprise sur le terrain a été constatée avec des plants cultivés dans des conteneurs de plus de 400 cm³ (gain de 30 % par rapport à des plants éduqués dans des conteneurs d'un volume inférieur à 350 cm³).

Plantation expérimentale du CEMAGREF (Montaren St Médiars, 30) Cèdre de l'Atlas (1 - 0)

Volume du conteneur (cm ³)	% de reprise 6 ans après la plantation
600	88,7
400	85,1
350	62,9
300	52,0

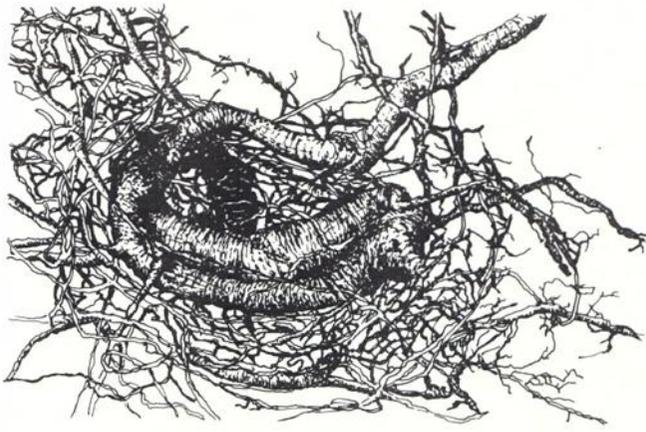
Le choix du volume du conteneur présente un intérêt accru lorsque l'essence nécessite plusieurs années de culture en pépinière (Sapins).

LA FORME ET LA CONCEPTION

Le conteneur présentant **des angles inférieurs à 40°** impose au système racinaire une progression verticale et évite ainsi la spiralisation des racines latérales.

A la base du conteneur, la croissance racinaire doit être stoppée (cernage des racines) pour éviter la formation d'un "chignon". L'utilisation d'un **réceptif sans fond** permet l'autocernage et l'aération des racines et le lessivage du substrat en cas de besoin.

Certains conteneurs, constitués de deux parties mobiles (WM de Riedacker par exemple), facilitent le suivi permanent de l'état sanitaire du système racinaire et du niveau hydrique du substrat.



La matière utilisée pour la fabrication du conteneur est importante.

D'une part, elle entraîne un développement différent du système racinaire selon que les **parois** du conteneur sont **perméables** ou **imperméables aux racines**. En règle générale, dans le premier cas, on obtient soit des racines courtes, soit le développement du système racinaire dans le conteneur voisin lorsque l'autocernage latéral des racines n'est pas favorisé par l'isolement de chaque plant (casse à alvéoles). Ceci se traduit, au moment de la plantation, par l'arrachage d'une grande partie des zones actives des plants (pointes blanches).

D'autre part, les conteneurs **rigides** sont plus facilement manipulables que les conteneurs souples et, n'étant pas déformables, conservent l'intégralité de leur volume au moment de leur conditionnement. La densité de culture s'en trouve préservée.

La réutilisation de certains conteneurs réduit le coût de production.

Exemple : coût d'achat d'un WM : 0.60 franc réutilisable 3 fois en moyenne avec une perte de 10% due au non retour en fin de plantation ou à une destruction ; coût de l'investissement indicatif par production : 0.24 franc.

Les conteneurs **individuels** doivent être conditionnés dans des clayettes. Les plaques de culture (ensemble de 12 à 40 conteneurs thermomoulés) sont plus faciles à manipuler pour le transport et la plantation mais rendent le tri individuel des plants beaucoup plus difficile, voire impossible.

D'autres conteneurs sont conçus pour la mécanisation des tâches. Ils sont remplis et fermés mécaniquement. L'emploi de tels conteneurs est toutefois réservé à des pépinières à forte production.

CONSEILS

Tout conteneur induit des déformations racinaires définitives. Il faut donc privilégier l'utilisation de plants produits à racines nues chaque fois que la qualité de ceux-ci

le permet et en imposant les précautions d'arrachage, de conservation et de transport impératives.

Planter de préférence des plants 1-0 (âgés de 5 à 8 mois) car les déformations racinaires induites par le conteneur sont d'autant plus nombreuses et dangereuses que la durée d'élevage est longue.

Elaborer un CCTP ou utiliser celui en vigueur en zone méditerranéenne.

Préférer les conteneurs sans fond à parois imperméables.

PRINCIPAUX POINTS REGLEMENTAIRES

Il n'existe aucune réglementation européenne ou nationale concernant le conteneur.

• Caractéristiques des conteneurs imposées par le CCTP en zone méditerranéenne pour les reboisements bénéficiant d'aides publiques.

Volume minimal de 400 cm³.

Type de conteneur par ordre de préférence :

1. Conteneur sans fond dont les parois latérales forment des dièdres à angles internes aigus, sous réserve de respecter l'autocernage en pépinière.
2. Conteneur à parois imperméables, sans fond, sous réserve de respecter l'autocernage en pépinière et pour des plants produits en 5 à 8 mois de culture maximum.
3. Conteneur de forme cylindrique à parois perméables, sous réserve de respecter les techniques de conduite en pépinière (alvéoles de culture et autocernage).

POUR EN SAVOIR PLUS...

BENOIT DE COIGNAC G. et GRUEZ J. (1987). Plants forestiers en conteneurs. Inf. Tech. CEMAGREF, 67(7), 4p.

FRANCLET A. et NAJAR M. (1978). Conséquences différées des déformations racinaires chez le Pin maritime. Ann. Rech. Sylvic., 177-201.

GAGNAIRE-MICHARD J., CAVAT C. et BONICEL A. (1980). Variations des concentrations glucidiques dans les tiges induites par les déformations racinaires. Ann. Rech. Sylvic., 255-271.

GRUEZ J. et FALCONNET G. (1989). Etude des malformations racinaires observées sur des plants forestiers élevés en conteneurs. Boisement expérimental de Montaren-Saint Médières. C.R. de travaux, CEMAGREF Aix-en-Provence, 69 p.

LEMAIRE F., DARTIGUES A., RIVIERE L.M. et CHARPENTIER S. (1989). Cultures en pots et conteneurs. Principes agronomiques et applications. Co-éd. INRA-PHM Rev. Hortic., 184 p.

MARIEN J.N. et DROUIN G. (1977). Etudes sur les conteneurs à parois rigides (leur action sur les végétaux). Ann. Rech. Sylvic., 137-161.

RIEDACKER A. (1978). Etude de la déviation des racines horizontales ou obliques issues de boutures de peuplier qui rencontrent un obstacle : application pour la conception des conteneurs. Ann. Sci. For., 35 (1), 1-18.

RIEDACKER A. (1986). Production et plantation de plants à racines nues ou en conteneurs. Rev. For. Fr., 3, 226-236.

LA CULTURE DE PLANTS



L'objectif de la culture est la production de plants ayant une bonne reprise (plus de 70% de plants vivants 5 ans après la plantation), une bonne croissance sur le terrain et assurant la pérennité des boisements. Les plants sont produits soit en pleine terre pour être plantés à racines nues, soit hors-sol dans un conteneur et mis en place avec la motte de culture. Les techniques de production et la durée de l'élevage sont adaptées aux différentes essences pour répondre à ces objectifs.

LE SEMIS

● Quand semer ?

Le semis doit être réalisé tôt dans la saison afin de ménager une période de végétation la plus longue possible. Il ne doit pas être trop précoce afin d'éviter les dégâts du gel sur les jeunes plantules.

La plupart des semis sont effectués entre les mois de février et de mai.

Dans le cas de culture en conteneurs, du fait de la possibilité de procéder à des semis sous serre, ceux-ci peuvent avoir lieu sans interruption du mois de novembre au mois de mars, ce qui permet d'allonger la période de végétation des plants.

Les dates de semis dépendent de l'essence. Certaines d'entre elles, plus résistantes au froid et/ou dont les graines présentent des difficultés de conservation (Erable, Chêne rouge...), peuvent être semées en automne.

● Où et comment semer ?

Le semis doit être réalisé dans un bon substrat (sol ou substrat artificiel : voir fiche "le substrat de culture").

Le semis se fait à l'aide de graines prégermées ou non qui ont reçu les traitements préventifs adaptés (antifongiques, bactéricides etc).

Le semis est réalisé soit :

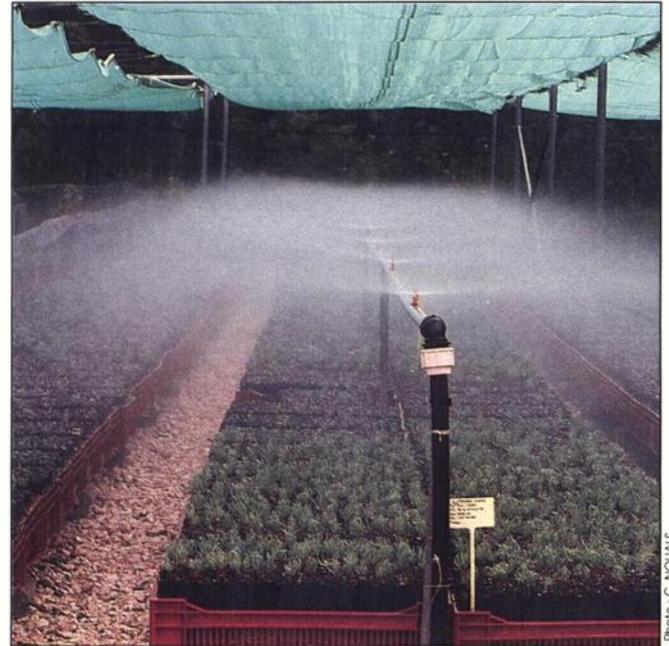
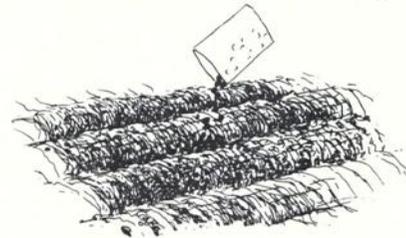
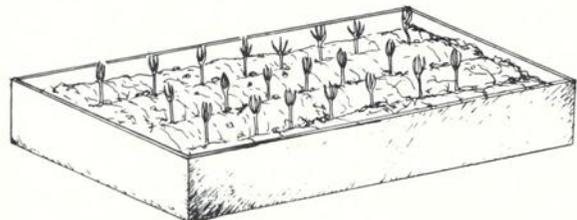


Photo : C. NOUALS

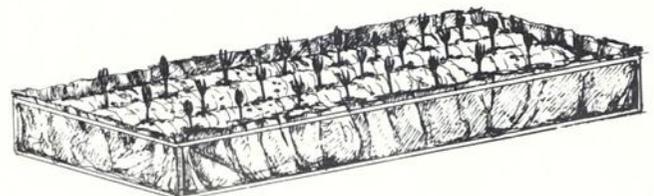
- sur bandes en plein champ, en lignes ou en plein, en fonction de la densité souhaitée et des opérations à effectuer en cours de culture.



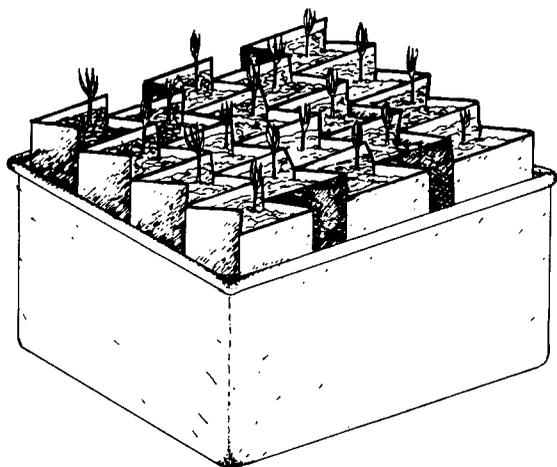
- en caisse, ce qui implique le repiquage des plants en pleine terre ou en conteneur, selon le type de culture adopté.



- en bâche, technique très peu utilisée en zone méditerranéenne.



- directement dans le conteneur. Le nombre de graines disposées dans le conteneur varie entre 2 (graines prégermées) et 5 ou 6 pour les graines à faible pouvoir germinatif. Une seule plantule sera conservée par conteneur.



Les graines sont recouvertes avec du substrat de culture ou un autre matériau léger (sable, tourbe...) afin de les protéger du vent et des oiseaux. La couverture permet aussi de conserver l'humidité du milieu.

Un filet réduisant l'éclairage d'environ 50 % est utilisé pour ombrager les semis.

● A quelle densité semer ?

Deux facteurs sont à prendre en compte dans la détermination de la densité du semis : la concurrence herbacée et le développement des plants.

En plein champ, la densité, en fin de première année, des essences à croissance lente doit être de 600 à 1000 plants au m². En effet, à moins de 250 plants au m², des problèmes de croissance liés à la concurrence herbacée ont été observés ; le semis des essences à croissance rapide (feuillus principalement) se fait généralement en ligne à une densité telle que l'on obtienne, après un an de culture, 100 à 200 plants au m².

La densité de culture en conteneurs, déterminée par leur section (supérieure à 25 cm²) est inférieure à 300 plants au m². Cette densité permet de ménager un éclairage et un espace suffisants au bon développement aérien de chaque plant.

Le semis en caisse est une étape transitoire de courte durée, ce qui autorise une densité très forte. Ces plants sont repiqués dès que leur taille le permet.

L'ARROSAGE

L'arrosage est destiné à maintenir en permanence, dans l'espace prospecté par le système racinaire, la

quantité d'eau nécessaire à la plante.

● Quelles doses apporter ?

Dans les conteneurs, l'apport d'eau journalier est réalisé en plusieurs fois afin de ne pas dépasser la capacité de rétention en eau du substrat et de ne pas provoquer la percolation des éléments nutritifs. La connaissance des courbes de pF des substrats (voir fiche substrat) permet une gestion de l'eau en suivant l'évolution du poids de "conteneurs-échantillons" durant la journée.

Exemple

Poids d'une caisse de 32 conteneurs de 400 cm³ à pF 1.5 :

caisse : 710 g

conteneurs : 7g x 32 = 224 g

substrat sec : 142⁽¹⁾ g x 32 = 4550 g

poids d'eau retenue à pF 1,5 :

400 x 32 x 40,4 % ⁽²⁾ = 5171 g

poids total : 10655 g

(1) masse de substrat sec contenue dans un conteneur

(2) pourcentage volumique d'eau retenue par le substrat à pF 1.5 (caractéristique obtenue par analyse)

Le pépiniériste maintiendra en permanence manuellement ou automatiquement, le poids de la caisse aux environs de 10,5 kg par apports d'eau.

Le besoin en eau des cultures en plein champ dépend de la situation géographique de la pépinière et de la nature des sols utilisés. Il est déterminé à partir du calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) donnée par la station météorologique la plus proche de la pépinière, après correction en fonction de la différence de situation entre la station météo et le lieu de production.

L'état hydrique du sol peut être contrôlé au moyen de tensiomètres. Cette précaution permet d'éviter un déficit ou un excès d'eau provoquant des dommages aux racines.

● Quand arroser ?

L'arrosage, généralement par aspersion, doit être réalisé en dehors des heures les plus chaudes de la journée pour éviter une brûlure des feuilles.

Quel que soit le type de culture, les arrosages peuvent être réduits ou stoppés à partir du mois de septembre.

Cette opération entraîne :

- l'arrêt de la croissance aérienne des plants,
- leur aoûtement (lignification de la tige et des rameaux),
- l'accumulation des réserves glucidiques dans les racines (meilleur taux de reprise à la plantation).

Exemple :

Nombre moyen de racines en activité par plants de cèdre de 8 mois :

Expérimentation CEMAGREF Aix, INRA Nancy

Plants témoins laissés sur leur aire de culture (hygrométrie atmosphérique)	6
Plants conditionnés sous serre durant 5 semaines (hygrométrie nulle)	14

L'installation des plants sous ombrières interceptant 50 à 60 % de la lumière permet de réduire l'évapotranspiration et de faciliter la gestion de l'air et de l'eau dans les substrats.

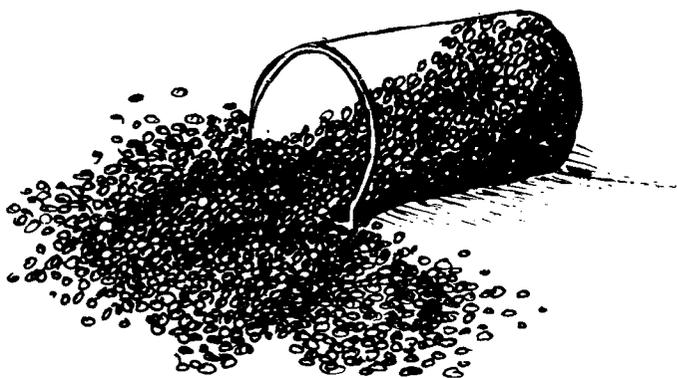
LA FERTILISATION

La fertilisation consiste à apporter, au niveau du système racinaire du plant ou par pulvérisation foliaire, l'ensemble des éléments minéraux nécessaires à sa croissance et à son développement. Cette opération est d'autant plus importante que le substrat de culture est pauvre en éléments minéraux.

Actuellement, ces besoins sont peu connus. Les doses et les fréquences d'apport sont déterminées de façon empirique.

Les engrais utilisés dans la production des plants en conteneur sont :

- des engrais à libération lente ("engrais retard") introduits dans le substrat de culture au moment de sa préparation,
- des solutions nutritives apportées (chaque semaine généralement) avec l'arrosage par le système d'irrigation.



Les engrais à libération lente sont d'utilisation pratique. Toutefois la libération des éléments minéraux, dépendante de la température et de l'humidité, est difficilement maîtrisable. Les solutions nutritives sont généralement apportées en complément des "engrais retard".

La mesure de la conductivité indique la présence d'éléments minéraux dans le substrat et permet d'apprécier son niveau de fertilisation.

En cours de culture, la conductivité doit être maintenue entre 300 et 500 μS .

La fertilisation des terrains destinés à accueillir les plants cultivés en plein champ se limite à une fumure de fond apportée au moment de la préparation du sol, et à des apports nutritifs par aspersion en cas de besoin (constatation de carence par jaunissement ou tout autre symptôme).

LES INTERVENTIONS SUR LE SYSTEME RACINAIRE

Pour les espèces dites pivotantes, la croissance racinaire de la première année se résume souvent (feuillus, par exemple) à la croissance du pivot (racines primaires et secondaires de très faible diamètre, peu nombreuses ou absentes). Il en résulte, qu'après un an de végétation, sa longueur peut dépasser le mètre linéaire; le coût de la plantation serait trop élevé. Diverses interventions sont pratiquées pour stopper la croissance du pivot et favoriser le développement des racines primaires et secondaires (cernage, dépivotage, soulèvement).

En culture hors-sol, on provoque l'arrêt de la croissance des racines (autocernage) en ménageant un espace de 20 cm à la base des conteneurs sans fond pour le passage de l'air. De plus, pour permettre le cernage des racines plagiotropes (à croissance horizontale), les conteneurs à parois perméables sont séparés par un espace d'au moins deux centimètres destiné au passage de l'air et de la lumière.

Pour favoriser le développement racinaire de certaines essences, le repiquage est parfois pratiqué. Cette opération peut être réalisée quel que soit le mode de culture, mais sur des plants éduqués en conteneurs (Sapins, par exemple), elle entraîne un retard correspondant à une année de végétation aérienne.

Des conditions particulières d'humidité doivent être respectées durant ces interventions de façon à ce que les racines soient sectionnées et non arrachées, ce qui entraînerait des risques phytosanitaires (attaques de parasites) et/ou des déformations (crosses). Ces opérations doivent être suivies d'un bon arrosage afin de recréer la cohésion du substrat et favoriser la croissance de nouvelles racines.

Les entretiens les plus courants sont les désherbages et les traitements phytosanitaires.

Le désherbage est destiné à limiter la concurrence d'autres végétaux pour l'eau et l'aération du système racinaire. Préventivement, on peut procéder à un traitement du substrat (ou du sol) par la vapeur ou le bromure de méthyle (par une entreprise agréée).

Les traitements phytosanitaires ont pour objectif d'empêcher ou de supprimer toute forme de parasitisme (fonte des semis, nématodes, acariens...). Ils sont préventifs (désinfection du substrat par exemple) ou curatifs.

CONSEILS

Faire effectuer, avant la mise en culture, les analyses du sol ou du substrat (pF) et conduire la production des plants en fonction des conseils prodigués par le laboratoire pour les différentes opérations à réaliser (fertilisation, arrosages...).

Vérifier le taux de germination du lot de graines, ce qui permet de mieux gérer la densité du semis.

Ne pas semer à des densités trop fortes qui entraînent une croissance disproportionnée du système aérien (en hauteur principalement) par rapport aux racines.

Contrôler régulièrement le pH et la conductivité des substrats en cours de culture.

Eviter le repiquage des plants en conteneur.

Préférer les plants jeunes (1.0) surtout lorsqu'ils sont éduqués en conteneur (déformations racinaires importantes et irréversibles).

PRINCIPAUX POINTS REGLEMENTAIRES

Le pépiniériste doit tenir à jour, entre autres documents, les fiches de suivi de chaque lot comportant des renseignements sur les semences utilisées et sur toutes les interventions culturales effectuées (arrêté du 13 février 1973).

Le pépiniériste doit être inscrit au Comité National Interprofessionnel de l'Horticulture et des pépiniéristes (CNIH).

Conditions de culture en conteneur imposées par le CCTP en zone méditerranéenne pour les reboisements bénéficiant d'aides publiques.

Conteneur (forme et volume) : voir fiche "Le conteneur".

Substrat : voir fiche "Le substrat de culture".

Dans tous les cas, pour l'élevage des plants en conteneur autocernés, un coussin d'air supérieur à 10 cm est exigé.

POUR EN SAVOIR PLUS...

CODE FORESTIER. Article L.555-1 et suivants et R.551-1 et suivants. Titre V du livre 5.

CODE RURAL. Articles 356 et suivants (contrôle des pépiniéristes).

DUCLOS G. (1977). Les analyses de sols et leur interprétation en vue du conseil fertilisation. Eau Aménage., 15, 2-24.

LE BOULER H. (1986). Techniques de production de plants de feuillus précieux. C.R. travaux, SERFOB Pays de Loire, 47p.

LE BOULER H. (1988). Techniques de production de plants de chênes pour le reboisement. C.R. travaux, SERFOB Pays de Loire, 59p.

PEYREMOU P. et ISBERIE C. (1986). Les tensiomètres, fiches 1,2 et 3, Maîtriser l'irrigation, RNEDHA Montpellier.

SONNEVELD C., VAN DEN ENDE J. et VAN DIJK P.A. (1974). Analysis of growing media by means of a 1:1,5 volume extract. Soil Sci. and Plant Anal., 5(3), 183-202.

LE CONDITIONNEMENT DU PLANT



Le conditionnement (arrachage, tri, conservation, transport) est une étape délicate de la vie du plant. Elle peut anéantir complètement les efforts fournis pour l'obtention d'un plant de qualité durant la période de culture. Chaque opération doit être menée avec soin.

L'ARRACHAGE DES PLANTS CULTIVÉS EN PLEIN CHAMP

En plein champ, les plants sont arrachés mécaniquement par passage d'une lame qui sectionne le système racinaire à une profondeur de 20 cm. Comme dans le cas d'un dépivotage, cernage ou soulèvement, la section doit être nette de façon à ne pas engendrer le développement de maladies. L'arrachage doit être réalisé peu de temps avant la plantation afin de réduire la durée d'exposition du système racinaire à l'air. Les arrachages se font, par conséquent, soit à l'automne soit au printemps, durant des journées à forte hygrométrie de l'air, de préférence.

Après l'arrachage, les plants font l'objet d'un tri dont le but est l'élimination des sujets non conformes aux normes ou aux exigences des reboiseurs (cf. fiches "le plant forestier", "la réception des plants forestiers").

LA CONSERVATION

La survie d'un plant dépend de sa capacité de régénération racinaire, elle-même dépendante de son **état hydrique** et de son **taux de réserves glucidiques**. Durant le stockage et le transport, il est donc impératif de maintenir les plants à des températures faibles dans une ambiance à humidité relative élevée afin de limiter les pertes respiratoires (consommation de sucres et d'eau) et les pertes d'eau dues à la transpiration.

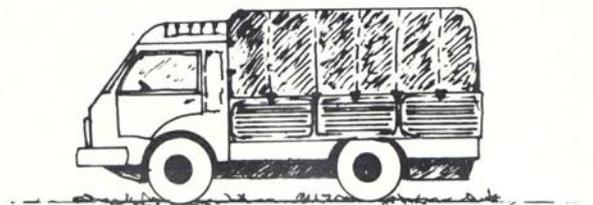


PHOTO - H. LE BOULER

● Les plants à racines nues

Différents types de conservation peuvent être envisagés :

- la mise en jauge : conservation dans un matériau humide et sain (sable par exemple) à l'abri du soleil et du vent,
- la conservation en chambre froide, ou sous hangar ou dans une cave. Dans ces deux derniers cas, la conservation doit être d'une **durée très courte** et **l'emballage complet des plants dans des sachets** plastiques ou des sacs en papier plastifié ou goudronnés, fermés hermétiquement, est impératif pour limiter les risques de dessèchement et de gel qui entraîneront, à plus ou moins longue échéance (quelquefois plusieurs semaines après plantation), la mortalité des plants.



Le pralinage permet d'augmenter la protection des plants contre la déshydratation. Il consiste à enrober le système racinaire avec un produit ayant un rôle de rétenteur d'eau ou agissant physiquement en bloquant la respiration. Le pralinage est effectué avant l'ensachage ou après la mise en jauge, avant la plantation. Cette technique est également utilisée pour la protection du système racinaire des plants en cours de repiquage.

● Les plants en conteneur

Les plants élevés en conteneur sont conditionnés dès le semis en vue du transport sur le terrain. Leur système racinaire est protégé des blessures qui peuvent survenir durant les manipulations. Cependant, les plants en conteneurs sont plus sensibles au gel. Durant l'hiver, il est donc conseillé de les placer sous des filets "antigel", sous serre ou sous tunnel équipé d'un système de chauffage.

LE TRANSPORT

Les plants doivent être transportés en **véhicule fermé ou bâché**, à l'abri du soleil et du vent pour éviter tout dessèchement.

Dans tous les cas, la conservation et le transport des plants doivent être les plus brefs possible.

CONSEILS

S'assurer que l'aoulement (tiges et ramifications lignifiées) des plants est correct à la livraison.

L'approvisionnement dans les pépinières proches du lieu de plantation permet de suivre l'évolution des lots de plants retenus auprès du pépiniériste, d'être assuré d'une bonne acclimatation des plants au terrain d'accueil et de réduire le temps de conservation et de transport.

La liste des pépinières agréées de la région et le détail de leur production peuvent être obtenus auprès du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt (Service Régional de la Forêt et du Bois) ou de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de chaque département.

PRINCIPAUX POINTS REGLEMENTAIRES

La commercialisation des Matériels Forestiers de Reproduction (MFR).

● Les essences soumises au Code Forestier

Les lots de plants sont commercialisés avec une étiquette et un document d'accompagnement (cf. fiche "la réception des plants")

Exemple d'étiquette pour un lot de plants de Cèdre de l'Atlas, catégorie sélectionnée.

<p>Nom et adresse du Fournisseur : Pépinière</p> <p>Espèce : Cèdre de l'Atlas - Cedrus atlantica</p> <p>Catégorie : Matériel sélectionné (étiquette verte)</p> <p>N° du document d'accompagnement : 02.1991.24</p> <p>Région de Provenance : 01 Région méditerranéenne</p>

● Les essences soumises à l'arrêté de 1961

Les plants sont commercialisés (par lot ou à l'unité) avec une étiquette comportant les nom et adresse du vendeur, le nom botanique des plants, leur âge, leurs dimensions (sauf les semis de 1-0 résineux), le lieu de récolte des graines (éventuellement le certificat d'origine des graines).

● Conditions de culture en conteneur imposées par le CCTP en région méditerranéenne pour les reboisements bénéficiant d'aides publiques.

Transport : délai maximum de 24 H entre le chargement en pépinière et la réception sur le chantier.

POUR EN SAVOIR PLUS...

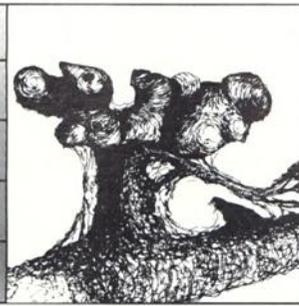
CODE FORESTIER. Articles L.555-1 et suivants et R.551-1 et suivants. Titre V du livre 5.

CODE RURAL. Articles 356 et suivants (contrôle des pépinières).

AUSSENAC G. et GUEHL JM. (1989). Les effets de la conservation sur la qualité physiologique des plants. For. Entrep., 59, 42-44.

FRANCOIS JM. (1989). L'emballage des plants à racines nues dès la pépinière. For. Entrep., 59, 46-53.

LA MYCORHIZATION

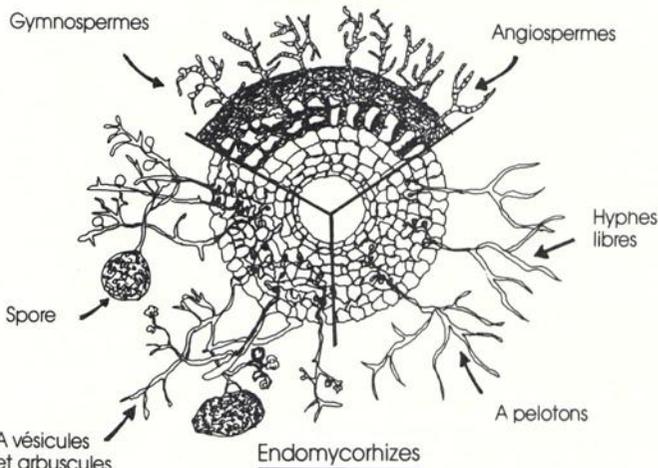


La symbiose mycorhizienne est une association entre un végétal et un champignon, association dont les deux partenaires tirent un bénéfice mutuel. Les mycorhizes sont des organes mixtes situés sur les racines des végétaux, formés par la juxtaposition de deux types d'organismes : la plante supérieure et les hyphes des champignons. Les hyphes sont les filaments mycéliens souterrains du champignon, la partie visible (parfois comestible) n'étant que le fruit ou carpophore.

LES DIFFERENTS TYPES DE MYCORHIZES

Plusieurs types de mycorhizes peuvent se rencontrer simultanément sur un même individu :

Ectomycorhizes



- Les ectomycorhizes. Les filaments mycéliens entourent la racine pour former un manteau fongique. Ils pénètrent entre les cellules de la racine pour former le réseau de "Hartig".

- Les endomycorhizes. Les hyphes ne forment pas de manteau mais franchissent les parois de cellules corticales racinaires.

- Les ectendomycorhizes présentent des caractéristiques communes aux deux précédents types. Le champignon forme un manteau autour de la racine et les hyphes traversent la paroi pectocellulosique.

Notons que ces deux derniers types peu évolués ne produisent pas de carpophores.



Photo: ATELIER 2

LES PARTENAIRES DE LA SYMBIOSE MYCORHIZIENNE

La totalité des espèces végétales, à l'exception des Crucifères, Chénopodiacées, Joncacées, Saxifragacées et de certaines plantes aquatiques, sont mycorhizées.

A ce jour, un grand nombre de champignons mycorhiziens (cinq cent vingt cinq espèces) ont été recensés. L'état symbiotique a été reproduit expérimentalement avec une centaine d'espèces.

Il existe une certaine spécificité entre le végétal et le champignon voire même la souche du champignon (mycélium provenant d'un isolat).

LE ROLE DES MYCORHIZES

L'établissement de la symbiose entraîne :

- une modification de la morphologie du système racinaire (forme et dimensions) et de son environnement (la mycorhizosphère),
- un fonctionnement particulier de l'association qui intègre la physiologie du champignon et le nouveau fonctionnement de la plante.

Augmentation des surfaces d'échanges entre la racine et le sol

Augmentation des mécanismes de compétition entre les agents pathogènes du sol et le champignon

Stimulation des mécanismes d'absorption d'eau et de divers éléments minéraux

Modifications dans le fonctionnement de la plante hôte

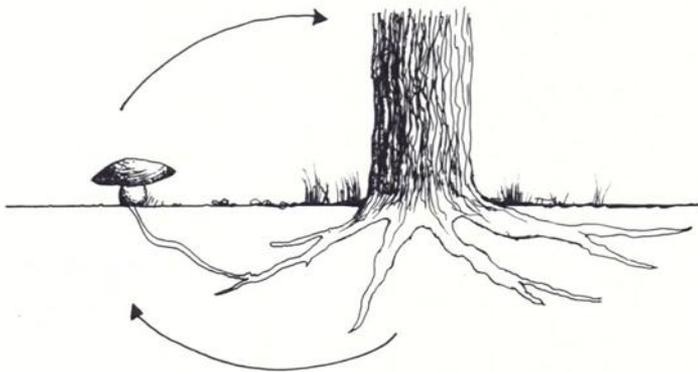


Stimulation de la croissance du végétal,

Amélioration de sa nutrition minérale,

Augmentation de sa tolérance à certains facteurs tels que le stress hydrique, la salinité et le calcaire du sol,

Amélioration de sa résistance aux agents pathogènes du sol.



Substances non identifiées

Photosynthétats (sucres synthétisés au niveau des feuilles)

Certaines vitamines



Survie

Croissance

Reproduction

du champignon

CONSEQUENCE PRATIQUE :

la mycorhization contrôlée des arbres forestiers

Les ectomycorhizes intéressent plus particulièrement les forestiers. Celles-ci sont en effet présentes sur la totalité des essences forestières des régions tempérées. La présence de carpophores permet de les isoler facilement. De plus, le champignon peut être cultivé sur milieu artificiel indépendamment de son hôte, ce qui n'est pas le cas des champignons endomycorhiziens.

● Pourquoi la mycorhization contrôlée ?

Des champignons mycorhiziens sont présents dans toutes les forêts naturelles. De ce fait, les plants installés sont mycorhizés par des souches indigènes plus ou moins "performantes", après une période plus ou moins longue après la plantation.

La mycorhization contrôlée par une souche sélectionnée "performante" peut permettre, dans ce type de reboisement, d'améliorer le taux de reprise après plantation et la croissance initiale. De plus, si la souche introduite est compétitive, et si les conditions du milieu le permettent, celle-ci se maintient sur le système racinaire des plants, poursuivant son action au cours du développement de l'arbre. Dans le cas contraire, les souches indigènes la remplaceront peu à peu et son action sera plus limitée dans le temps.

La mycorhization contrôlée prend toute son importance lorsqu'il y a absence de souches spécifiques de l'essence introduite. C'est le cas, par exemple, lors de la plantation d'espèces éloignées de leur aire d'origine. La mycorhization contrôlée peut être, dans ce cas, un facteur indispensable à la réussite du boisement.

Outre l'aspect purement forestier, notons que la production de champignons comestibles associés peut être envisagée ; la trufficulture en est l'exemple. Ce sujet ne sera pas abordé. En effet, la production et la culture des arbres truffiers nécessitent des soins particuliers qui relèvent davantage de l'arboriculture fruitière que de la production forestière.

● Comment ?

La mycorhization contrôlée peut être réalisée soit à partir de spores de champignons, soit à partir de mycelium. Cette seconde technique est actuellement la plus employée, la pureté de l'inoculum étant plus facile à déterminer.

Culture du plant

Sélection et mise en culture de souches de champignons mycorhiziens



Mise en contact des deux partenaires :
inoculation contrôlée

● Les résultats

L'INRA de Montpellier dispose d'une mycothèque renfermant des souches mycorhizogènes du Pin pignon et des Pins laricio. Les champignons concernés sont : **Suillus collinitus**, **Suillus mediterraneensis**, **Suillus granulatus**, **Pisolithus arhizus** et **Rhizopogon roseolus**.

Au niveau du laboratoire, la **production d'inoculum** sur support solide est **parfaitement maîtrisée**.

En région méditerranéenne, les conditions nécessaires à l'établissement de la symbiose, conditions probablement différentes selon le type d'association, n'ont été étudiées que dans le cadre de la culture hors-sol. Elles ne sont pas complètement définies et les résultats des inoculations restent variables d'une année sur l'autre.

Le pouvoir infectieux et l'effet des souches mycorrhizogènes du Pin pignon et des Pins laricio sur la croissance et la reprise à la plantation sont en cours de contrôle. Actuellement, l'effet positif de la mycorhization sur la croissance des plants au cours des premières années de plantation n'a été démontré que sur l'association Pin pignon-souche

J 3.15/2 de *Suillus collinitus* dans deux boisements expérimentaux (parmi les 6 installés par le CEMAGREF) : un terroir de bauxite et un terrain très salé. Il s'agit, dans ces deux cas, de zones particulièrement difficiles où il est probable que les champignons mycorrhiziens indigènes soient peu nombreux, voire absents.

Exemple : Effet de la mycorhization de Pin pignon par *Suillus collinitus* (J3.15/2) sur la hauteur des plants, 3 ans après la plantation.

Boisement	hauteur des plants témoins(cm)	hauteur des plants mycorhizés (cm)
Petite Camargue (13)	52,7	74,2
Villeveyrac (34)	23,2	32,2

Dans les deux boisements, les différences de hauteur entre les plants non mycorhizés (témoins) et les plants mycorhizés sont significatives.

● Les perspectives

L'isolement et la sélection de souches efficaces, spécifiques des essences à introduire, bien adaptées au milieu et présentant un pouvoir compétitif suffisant pour se maintenir après plantation sont poursuivis.

Les connaissances en ce qui concerne les relations entre les deux partenaires et les phénomènes régissant l'établissement de la symbiose doivent être approfondies.

La mise en place et le suivi des boisements expérimentaux existants, encore peu nombreux et jeunes, doivent être multipliés.

Enfin, en supposant la technique d'inoculation au point et l'efficacité de la mycorhization prouvée, il reste à envisager l'aspect économique. Actuellement, la mycorhization est obtenue par des techniques artisanales très lourdes et le coût d'un plant mycorhizé est très élevé. Une automatisation des procédés : préparation d'inoculum en fermenteur et inoculation automatique (introduction de l'inoculum au moment du remplissage des conteneurs par exemple) pourrait être envisagée. Dans ces conditions, la rentabilité d'une telle opération devra être prouvée.

CONSEILS

Actuellement la mycorhization des arbres forestiers (hormis avec la truffe) reste limitée à un cadre expérimental.

Il n'existe aucun test permettant d'affirmer que l'effet positif de la mycorhization sur la croissance, le développement et la reprise des plants constaté dans d'autres régions se reproduit systématiquement en région méditerranéenne.

Il est très important de connaître parfaitement la souche introduite et ses effets car une mycorhization mal contrôlée peut conduire à une réduction de la croissance de l'arbre. Lorsque le champignon prélève une fraction trop importante de réserves glucidiques dans la racine de l'hôte, un déséquilibre au profit du champignon peut apparaître. La symbiose s'apparente alors au parasitisme.

PRINCIPAUX POINTS REGLEMENTAIRES

Il n'existe aucune réglementation spécifique à la production et à la commercialisation de plants mycorhizés.

En cas de litige, la législation sur la répression des fraudes est, comme pour toute transaction, applicable.

POUR EN SAVOIR PLUS...

CHEVALIER G. (1985). La mycorhization contrôlée en pépinière forestière. Possibilités d'application aux conteneurs. *Rev. For. Fr.*, 2, 93-106.

GUEHL J.M., MOUSAIN D., FALCONNET G. et GRUEZ J. (1990). Growth, carbon dioxide assimilation capacity and water-use efficiency of *Pinus pinea* L seedlings inoculated with different ectomycorrhizal fungi. *Ann. Sci. For.*, 47, 91-100.

LE TACON F. (1982). Perspectives de la maîtrise de la mycorhization en sylviculture. In *Les Mycorhizes : biologie et utilisation*. Gianinazzi et al. Ed., INRA Press, 273-283.

MOUSAIN D. (1984). Aspects écologiques de la symbiose mycorhizienne. II. - Rôle des mycorhizes dans la nutrition minérale des plantes. *Ann. Soc. Hort. Hérault*, 124, Fascicule 1-2.

PIOU D. (1979). Importance de la mycorhization dans la résistance au calcaire de diverses espèces forestières. *Rev. For. Fr.*, 2, 116-125.

LA RECEPTION DES PLANTS



La réception des plants est une opération importante. Elle a lieu sur le terrain, au moment de la livraison. Elle permet au reboiseur de vérifier que toutes les directives imposées, au préalable, au pépiniériste pour la culture des plants ont été respectées et de refuser les lots non conformes aux diverses prescriptions (réglementaires et/ou contractuelles).

CONSEILS

La législation en vigueur pour la réception des plants à racines nues peut être étendue aux plants en conteneur.

Vérifier les conditions de transport des différents lots.

Réceptionner les plants à chaque arrivée et dans l'heure qui suit.

Prévoir la confection, sur le terrain, de jauges ou un abri (pour les plants en conteneur) afin de les protéger du dessèchement et du gel.



PRINCIPAUX POINTS REGLEMENTAIRES

La réglementation concernant la réception des plants ne s'applique qu'aux plants à racines nues.

- Le pépiniériste ou l'entrepreneur doit prévenir au moins 48 h à l'avance de la date de livraison des plants.

- Le délai à ne pas dépasser entre l'arrachage et la plantation est de 7 jours, sauf disposition particulière du CCTP. Lorsque ce délai est dépassé pour une raison valable ou si l'entreprise propose de le dépasser moyennant un procédé convenable de conservation (voir fiche "le conditionnement du plant"), le maître d'oeuvre peut accepter le lot de plants après expiration du délai.

- Les différents lots doivent être étiquetés et livrés avec un document d'accompagnement (s'assurer de la conformité de la provenance demandée).

Exemple de document d'accompagnement (au verso).

- Les lots doivent renfermer au moins quatre vingt quinze pour cent de plants satisfaisant aux prescriptions réglementaires (voir fiche "Le plant forestier"). La méthode de contrôle est une méthode statistique dont la description figure dans le document "Réussir la Forêt", édité par la Direction de l'Espace Rural et de la Forêt. Les calepins de contrôle officiels sont à retirer auprès des services du Ministère de l'Agriculture et de la Forêt.

Le délai de garantie de reprise des plants expire le 1er octobre qui suit d'au moins 90 jours la réception des travaux de plantation. Le taux de reprise doit alors être supérieur ou égal à 80 % (à l'exception du Peuplier et des hautes tiges) sauf conditions exceptionnelles reconnues par le maître d'oeuvre.

Le CCTP de la zone méditerranéenne, propose une méthode détaillée de réception des plants en conteneur.

POUR EN SAVOIR PLUS...

DERF (1990). Contrôle et réception des travaux, Réussir la FORET, 61p.

DERF, SRFB Languedoc-Roussillon (1990). Fourniture de plants forestiers en zone méditerranéenne, Cahier des Clauses Techniques Particulières, 24p.

CODE DES MARCHES PUBLICS DE TRAVAUX. Travaux forestiers de reboisement. CCTG, fascicule n° 34.

DOCUMENT D'ACCOMPAGNEMENT DE LOT DE PLANTS FORESTIERS

Date d'arrachage des plants RN : Expédition ou livraison du : (date de départ des plants de la pépinière) Conservation en chambre froide : oui non	N° du document : (à reporter sur les étiquettes)
---	---

FOURNISSEUR :	DESTINATAIRE :
---------------	----------------

DESIGNATION COMMUNE :
 DESIGNATION BOTANIQUE :
 NUMERO DU FICHIER DE SUIVI CORRESPONDANT :

A - ESSENCES SOUMISES AUX DISPOSITIONS DU CODE FORESTIER (arrêté du 22.01.79)

Catégories C.E.E.		Matériels commercialisés par dérogation	
CONTROLES (éti. bleue) <input type="checkbox"/> MATERIEL DE BASE : Admission provisoire: oui non	SELECTIONNES (éti. verte) <input type="checkbox"/> REGION DE PROVENANCE :	IDENTIFIES (éti. jaune) <input type="checkbox"/> REGION DE PROVENANCE :	NON IDENTIFIES (éti. blanche) <input type="checkbox"/> LIEU DE RECOLTE : Altitude :
<u>MATERIEL:</u>		<u>MOTIF DE LA DEROGATION:</u>	
Autochtone : <input type="checkbox"/> Non autochtone <input type="checkbox"/> Non autochtone <input type="checkbox"/>	introduit de : origine inconnue <input type="checkbox"/>	Difficulté d'approvisionnement : <input type="checkbox"/>	
<u>NATURE DU MATERIEL DE BASE :</u>		<u>Exportation hors C.E.E. :</u>	
Peuplement <input type="checkbox"/>	verger à graines <input type="checkbox"/>	Utilisation non forestière : <input type="checkbox"/>	
Matériel satisfaisant aux normes C.E.E. de qualité extérieure :		oui non	

B - ESSENCES CONCERNEES PAR L'ARRETE DU 19.12.1961

Lieu de récolte des graine dont sont issus les plants:

CATEGORIE D'AGE :

Nombre de plants	Nombre de bottes ou caisses	Categorie hauteur (cm)	Diamètre minimum (mm)	Observations (volume du conteneur)

DEPARTEMENT ET ALTITUDE DE LA PEPINIERE OU LES PLANTS ONT ETE ENLEVES AU COURS DE LEUR DERNIERE PERIODE DE VEGETATION :

◆ Remplir le cadre A OU B suivant l'essence.

A, le

Signature du Fournisseur

Trois ouvrages sur la forêt

La forêt et ses ennemis

J.F. Abgrall et A. Soutrenon

Regroupe 88 fiches décrivant les principaux insectes ravageurs, champignons et maladies des forêts.

Chaque fiche, présente de façon concise et simple les éléments indispensables à la reconnaissance des dégâts et les connaissances actuelles sur la biologie et l'écologie des principaux ennemis de nos forêts. Ces données sont complétées par des conseils sur les méthodes de contrôle préventif et les moyens de lutte pouvant être mis en œuvre. Cet ouvrage s'articule autour de trois chapitres qui traitent des maladies et insectes ravageurs communs à plusieurs essences forestières, puis spécifiques des essences résineuses et des essences feuillues.

Il intéressera les gestionnaires de la forêt, les enseignants mais aussi tous ceux qui se passionnent pour la forêt et la protection de la nature.

Ouvrage édité par le CEMAGREF, 1991, 3e édition, ISBN 285-362 196 -0, 21x29,7 relié, 400 pages, 485 photos. **Prix : 340 F. TTC Franco**



Phytocides en sylviculture Application des traitements par produits chimiques

Cet ouvrage, co-édité avec l'INRA, comprend :

une brochure qui présente les données essentielles en matière d'utilisation des phytocides en sylviculture (**objectifs sylvicoles, actions des phytocides, caractéristiques des spécialités commerciales, techniques et outils de mise en œuvre, clé pour le choix des matières actives de traitement, stratégies d'emploi**)

un ensemble de **fiches** par matière active à consulter après avoir arrêté le choix de la technique à l'aide des travaux du chapitre 5. Pour les techniques d'applications, se reporter au chapitre 4.

1988, 21x29,7, 120 pages, 60 illustrations noir et blanc.
Prix : 175 F. TTC Franco

Guide technique du forestier méditerranéen français

Réalisé par le CEMAGREF (Aix-en-Provence) et de nombreuses collaborations. Ce guide rassemble l'essentiel des connaissances acquises au cours de ces dernières années en matière de gestion forestière méditerranéenne. C'est un document de travail présenté sous forme d'un ensemble de 140 fiches insérées dans un classeur qui sera réactualisé.

1988, 28x32, schémas et photos couleurs.

Le classeur et le chapitre 3 : **Les essences forestières. Prix : 295 F. TTC Franco**

1989, 28x32, le chapitre 4 : **Protection des forêts contre l'incendie. Prix : 100 F. TTC Franco**

le classeur + le chapitre 3 et le chapitre 4 :
Prix : 385 F. TTC Franco



ISBN : 2-85362-231-2
Edition CEMAGREF-DICOVA

Prix: 100 F TTC