

Institut pour
le développement forestier
Service d'utilité forestière
du Centre national professionnel
de la propriété forestière
23, av. Bosquet, 75007 Paris
Tél. 01 40 62 22 80
idf@cnppf.fr

Directeur de la publication
Roland Martin
Directeur de la rédaction
Thomas Formery

Rédacteur
Samuel Six

Conception graphique
Jean-Éric Ridonat (High'com)

Maquettiste
Sophie Saint-Jore

Responsable Édition-Diffusion
Pascale Maurin

Diffusion - abonnements
François Kuczynski

Publicité
Helium Régie
22, rue Drouot - 75009 Paris
Tél. 01 48 01 86 86
Fax 01 48 01 86 82

Impression
Centre Impression
BP 218 - 87220 Feytiat
Tél. 05 55 71 39 29

Numéro d'imprimeur 00093

Tous droits de reproduction ou
de traduction réservés pour tous
pays, sauf autorisation de
l'éditeur.

Périodicité : 6 numéros par an
Abonnement 2007
France : 46 € étranger : 60 €
édité par le CNPPF

Commission paritaire des
publications et agences de
presse : n° 1008 G 84132
ISSN : 0752-5974
Siret : 180 092 355 00015

Les études présentées dans Forêt-
entreprise ne donnent que des indi-
cations générales. Nous attirons
l'attention du lecteur sur la nécessi-
té d'un avis ou d'une étude éma-
nant d'une personne ou d'un orga-
nisme compétent avant toute appli-
cation à son cas particulier. En
aucun cas l'IDF ne pourrait être tenu
responsable des conséquences -
quelles qu'elles soient - résultant de
l'utilisation des méthodes ou maté-
riels préconisés.

Cette publication peut être utilisée dans
le cadre de la formation permanente.

Dépôt légal : Mai 2007

foretpriveefrancaise.com
le site
de la forêt privée française

'Une forêt privée gérée et préservée
par un réseau d'hommes compétents
au service des générations futures'



sommaire

2

agenda

3

éditorial

4

actualité

5

filière

*France Bois Forêt, une dyna-
mique au cœur de la filière*

S. Six

7

cetef

*Le Cetef angevin se tourne
vers la plaquette forestière*

J.-J. Jemin

10

la vie de l'institut

*Les actions programmées du
Suf IDF pour 2007*

T. Formery

64

témoignage

*Exemple d'un scieur à façon
mobile dans la Nièvre*

Entretien avec W. Testa par
S. Six

11

dossier

*Climat propice
pour le cèdre*



Photo de couverture : cèdre
de l'Atlas pluriséculaire (âge
estimé à plus de 500 ans).

Louis-Michel Nageleisen, DSF

60

essence

*Pour mieux apprécier la
croissance du douglas :
de nouvelles courbes de
fertilité adaptées*

A. Angelier

Séminaire CRPF Languedoc-Roussillon

Le CRPF Languedoc-Roussillon, dans le cadre de sa participation au programme européen interreg IIIB « TECNOMED », organise 2 journées de séminaire à Montpellier : Jeudi 7 juin 2007 : « Bois précieux d'essences forestières secondaires : séminaire pour le développement de leur valorisation en Languedoc-Roussillon. » Cette journée a pour objectif de faire le point sur les possibilités de valorisation du bois de qualité que possèdent plusieurs espèces d'arbres et d'arbustes présentes en accompagnement dans les peuplements forestiers régionaux, mais sous-valorisées. Vendredi 8 juin 2007 « La cueillette des champignons dans les forêts privées : comment protéger, valoriser, optimiser cette ressource ? ». *Contact : CRPF Languedoc-Roussillon, 378 rue de la Galéra, BP 4228, 34097, Montpellier Cedex 5, tél. : 04 67 41 68 10, courriel : languedocroussillon@crpf.fr*



Journées nationales du développement forestier

L'édition 2007 des journées nationales du développement forestier se déroulera les 4 et 5 octobre, dans la région du Mans, sur le thème de la commercialisation des produits forestiers. L'organisation est partagée par le Ceteq de la Sarthe et l'IDF. Ces journées sont ouvertes aux représentants (Présidents et animateurs) des quelque 80 Ceteq, GDF, GVF (1)... actuellement recensés en France. L'ambition affichée est de responsabiliser le sylviculteur dans son rôle de producteur forestier, capable de maîtriser la mise en vente de ses produits,

en dégageant, autant que possible, des marges bénéficiaires satisfaisantes. Les journées nationales du développement, organisées annuellement, constituent une des actions phares du réseau « InterCeteq », constitué en 2003 sous l'égide de l'IDF. Elles offrent un espace de rencontre privilégié, permettant aux représentants des différents organismes de développement de se retrouver régulièrement pour échanger et dégager d'éventuelles synergies sur des problématiques communes : méthodes de développement, expérimentation, changement climatique, etc.

Contact : Alain Collinot, CNPPF bureau d'Orléans. Tél. : 02 38 71 90 62, courriel : alain.collinot@cnppf.fr

(1) Ceteq : Centre d'études techniques et économiques forestier, GDF : Groupement de développement forestier, GVF : Groupement de vulgarisation forestière.

Formations IDF

Désignation des stages	Animateur	Lieu	Date
Autécologie des essences et changement climatique	F. Charnet	Sologne (45) et environs	29-31 mai (3 jours)
L'utilisation du GPS en forêt	M. Chartier	Meymac	05-07 juin (2,5 jours)
Habitats forestiers : les identifier et les cartographier pour les intégrer dans la gestion	P. Gonin	Pyrénées centrales	12-15 juin (4 jours)
Botanique : reconnaître les principales espèces herbacées forestières et interpréter leur présence	P. Gonin	Hautes-Pyrénées	19-21 juin (3 jours)
La pédologie : du diagnostic à l'application forestière	F. Charnet	Centre	26-28 juin (3 jours)
Les clés du sylvopastoralisme	G. Guérin, Institut de l'élevage	Aveyron	03-05 juillet (3 jours)

Formation : Le châtaignier, un feuillu très précieux

Bretagne - 18 au 20 septembre 2007 - 450 € - Tout public, dont propriétaires sylviculteurs.

● **Animateur** : Jean Lemaire, IDF. *Inscriptions avant le 30 juin 2007.*

● **Objectifs pédagogiques** : Apprendre à diagnostiquer son peuplement à partir d'outil simple et pertinent. Prendre connaissance des avancées techniques : taillis, plantation, régénération naturelle... Mettre à jour ses connaissances sur les problématiques pathologiques du châtaignier. Savoir établir un lien entre station, potentiel d'amélioration, exigences des transformateurs et valorisation économique. Savoir prendre en compte les besoins de l'aval. Être capable de diagnostiquer la roulerie.

● **Points clés** : Éléments clefs pour diagnostiquer son taillis de châtaignier. Relation station et potentiel d'amélioration des peuplements. Un bois aux usages multiples : demande de l'industrie, qualité du bois. Conduite des régénérations naturelles et plantations. Problèmes pathologiques, diagnostic de la roulerie. Filière et prix des bois.

● **Méthodes** : Cas concrets variés : jeune plantation, éclaircie et amélioration de peuplements (plantation et taillis), régénération naturelle. Présentation des premiers résultats de la recherche et du groupe de travail châtaignier. Visite d'une scierie. Exercices de terrain. Séance d'échanges en clôture.

Renseignements et inscriptions : Danielle Gaudin : 02 99 65 39 65 – Florent Gallois : 01 40 62 22 80, courriel : idf-formation@cnppf.fr, site : www.foretrpiveefrancaise.com, rubrique « Services et Formation ». Catalogue 2007 disponible sur demande.

éditorial

Sous peine de passer pour un irresponsable, on ne peut plus se soustraire au questionnement anxieux que Monsieur Toulemonde et la société nous adressent : « Sérieusement, croyez-vous au réchauffement de la planète et à ses conséquences pour le monde végétal ? »

Qui de nos lecteurs n'a jamais été interpellé à ce sujet avec l'obligation d'une réponse rassurante pour le quidam. Dans ce but, on peut certes répondre que la Terre et son climat ont connu, au cours des siècles, de nombreux phénomènes atmosphériques : tempêtes, déluges, froids intenses ou canicule et ceci quelquefois en dehors des saisons où on a généralement l'habitude de les constater ; le dicton « Noël au balcon, Pâques aux tisons » ne date pas d'hier !

N'avez-vous pas, comme moi, constaté, après une période de sécheresse préoccupante, lorsqu'il se met à tomber une bonne pluie rafraîchissante, que les conversations du matin, chez le boulanger, reflètent le mécontentement du public. Somme toute, le beau temps du promeneur n'est pas celui de l'agriculteur ou du forestier.

Il n'empêche que les scientifiques et les météorologues constatent, depuis plus de dix ans, une progression sensible et préoccupante des températures maximales, ce que nous n'avions jamais connu. Un autre signe qui ne trompe pas : les dates du début des vendanges, fixées impérativement dans les grandes régions viticoles par l'autorité administrative, ont pris plus de 20 jours d'avance sur plusieurs siècles (par ailleurs, on notera que les années chaudes s'accumulent : 2002, 2004, 2005, 2006 et 2003 sont les années les plus chaudes depuis 1950 dans l'ordre croissant de température moyenne annuelle ; et l'hiver

2006/2007 n'a jamais été aussi doux depuis 127 ans).

Prenant en compte tous ces phénomènes, les forestiers doivent ajouter la prudence aux autres qualités morales qu'on leur prête généralement telles que l'esprit d'entreprise, la générosité et même le désintéressement.

C'est la raison pour laquelle nous avons voulu ce numéro où, à la lumière du risque que nous ne pouvons pas exclure, nous faisons le point sur les alternatives plausibles qui s'offrent au forestier et que nous avons ciblé aujourd'hui sur le cèdre de l'Atlas dont un cousin avait été employé par le roi Salomon pour édifier la charpente du Temple de Jérusalem. Cette essence méditerranéenne devrait mieux s'adapter aux conditions climatologiques promises que nos épicéas dépérissants et autres pins. Admettons que ce soit le bon choix et que les générations futures nous bénissent pour avoir su conserver le manteau forestier de notre pays, plutôt qu'une forêt dépérissante, affaiblie et offerte à l'incendie ou aux vandales. Mais serait-il normal que ce choix et la courageuse décision d'investir qui s'en suit ne soient pas pris en compte par l'industrie d'aval ? Et que nous nous retrouvions, dans quelques dizaines d'années, comme c'est le cas maintenant, dans la situation où on ne récolte que 60 % de l'accroissement biologique et où la campagne publicitaire en faveur de l'emploi du bois dans la construction (financée d'ailleurs en partie par les importateurs de bois scandinaves) se traduit par une augmentation des importations de sciages résineux ? Serait-ce toujours à nous de faire les paris audacieux afin que le pays ne manque pas de bois au risque de le brader par la suite ? Pensez-y...

Roland MARTIN

Carnet

Bernard Taris nous a quittés

Nous avons appris avec tristesse le décès, le 14 janvier 2007, du professeur Bernard Taris. Ingénieur INA, docteur ès sciences à la Sorbonne, membre de l'Académie d'Agriculture de France, membre du groupe Peuplier de l'IDF et du Conseil national du peuplier, il était également président du GIPA (Groupement interprofessionnel du peuplier d'Aquitaine). Le professeur Taris a participé à l'enseignement (notamment à l'Enita de Bordeaux) et à la recherche où il a mené d'importants travaux sur l'armillaire. Ses mérites lui ont valu les plus hautes distinctions : Officier de la Légion d'Honneur, Commandeur de l'Ordre National du Mérite, Commandeur du Mérite Agricole, Chevalier des Palmes Académiques.

Nous présentons nos condoléances à sa famille.

Fusion de l'AFOCEL et du CTBA

Le 28 mars dernier les Conseils d'administration de l'AFOCEL et du CTBA ont voté à l'unanimité la fusion des deux organismes au sein du désormais « plus gros centre de recherche-développement d'Europe » de la filière forêt-bois (près de 350 personnes). C'est l'objectif principal de l'AFOCEL et du CTBA : placer ce centre de recherche français en position de challenger,

voire de leader, dans un environnement européen et international en plein mouvement.

Face à la concurrence internationale, l'issue individualisée par l'AFOCEL et le CTBA est d'innover, de promouvoir les avancées technologiques afin de verrouiller de nouveaux marchés, dans l'intérêt de la filière forêt-bois-papier-ameublement. Il fallait pour cela rassembler les compétences au sein d'un organisme de dimension adéquate. C'est ce qui vient d'être réalisé grâce à cette fusion offensive, matérialisée par la transmission des outils de production de l'AFOCEL vers le CTBA.

Le nouveau Centre, « au service des entreprises pour l'avenir », est à la tête de quatre pôles :

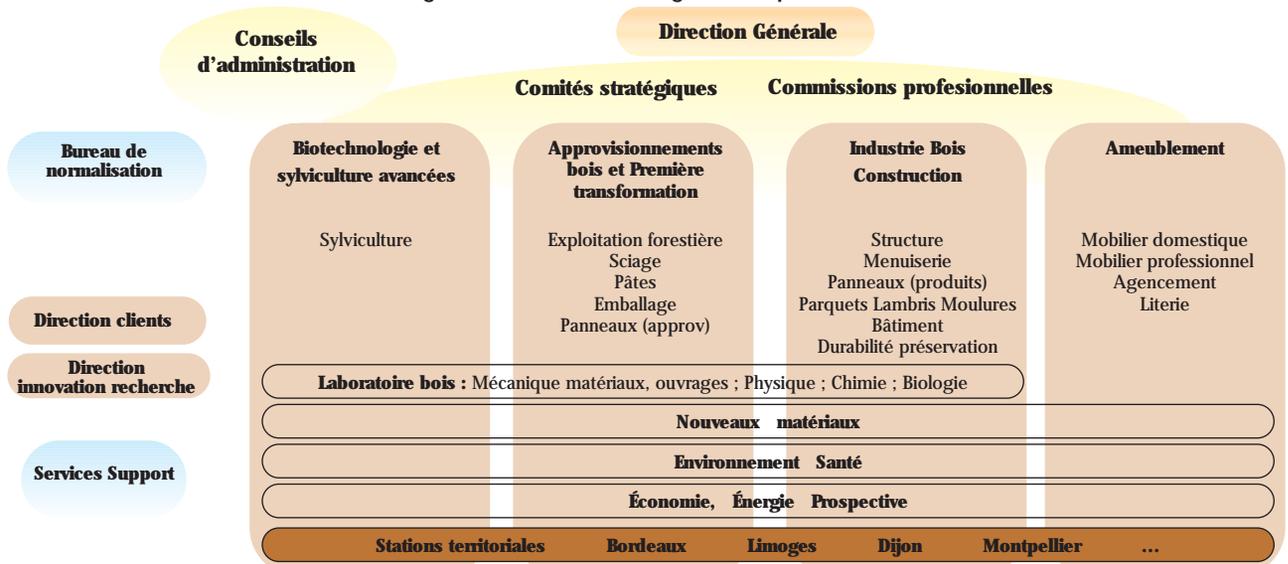
- biotechnologies et sylviculture avancées,
- approvisionnement et première transformation,
- industries du bois et de la construction,
- industrie de l'ameublement,

et d'outils communs à l'ensemble des grands secteurs professionnels (laboratoires d'essai sur le bois, nouveaux matériaux, environnement santé, macroéconomie et prospective). Pour se donner les moyens de leur fusion ambitieuse, l'AFOCEL et le CTBA comptent sur le maintien de leurs financements propres (cotisations, CVO, taxe affectée) ainsi que sur les financements publics, essentiels à la réussite de la fusion puisqu'ils représentent pour chaque organisme 40 % des ressources.



De gauche à droite : Jacques Sturm, directeur général de l'AFOCEL ; Jean-Marie Lacombe, président du CTBA ; Gérard Bontemps, président de l'AFOCEL et Daniel Guinard, directeur général du CTBA.

Organisation du nouvel organisme après fusion



France Bois Forêt, une dynamique au cœur de la filière

Samuel Six, IDF



Mardi 28 novembre, suite à son Conseil d'administration, France Bois Forêt a exposé les actions entreprises à partir des premières cotisations issues de la CVO (contribution volontaire obligatoire).

Dominique Juillot, président de France Bois Forêt, rappelle que cette interprofession est constituée de trois collèges :

- l'amont (production forestière représentée par la forêt privée, l'ONF, les communes forestières et l'union des coopératives) ;
- la première transformation et la récolte de bois ;
- les utilisateurs (fabrication et mise en œuvre dans le bâtiment).

France Bois Forêt perçoit la CVO des acteurs des professions concernées.

Combien rapporte la CVO ?

Le taux de la CVO est variable :

- les producteurs (propriétaires forestiers, ONF, communes forestières) paient cette cotisation sur leur chiffre d'affaires hors TVA au taux de 0,5 % pour les bois sur

piéd, 0,33 % pour les bois abattus bord de route, et 0,25 % pour les bois rendus usine ;

- les pépiniéristes paient une contribution égale à 0,07 % de leur chiffre d'affaires ;
- les autres professionnels de la filière (exploitation forestière, sciage et rabotage du bois, tranchage et sa mise en œuvre) cotisent à hauteur de 0,15 % de leur chiffre d'affaires ;

● LCB (commerce du bois) verse 0,1 % de son chiffre d'affaires au titre de son activité de rabotage (par ailleurs, pour éviter une concurrence avec les bois français, une taxe de 0,05 % sur le rabotage des bois importés s'est mise en place).

Bernard Rey, directeur de France Bois Forêt, annonce que depuis les premières perceptions du printemps 2006, la CVO (effective depuis septembre 2005) a rapporté 2 millions d'euros pour quatre mois de cotisations dues : « en année plei-

ne, nous pensons collecter 5 millions d'euros ». Fin novembre 2006, 60 % du budget a été engagé, soit 1 200 000 euros.

Dominique Juillot précise que l'État participe lorsque la filière engage ses fonds propres sur des actions collectives, ce qui permet de démultiplier l'impact de la CVO, outil privé dont la filière pilote les actions.

Quelles sont les actions entreprises ?

Dominique Juillot explique l'importance d'aboutir à des actions très concrètes et la nécessité de démontrer l'intérêt d'un autofinancement professionnel pour améliorer la compétitivité au sein de la filière.

« La proximité de France Bois Forêt avec les membres qui la constituent permet de décider d'actions qui leur sont réellement utiles, actions collectives au bénéfice de l'intérêt général. » Globalement, le budget de France Bois Forêt est employé à deux grandes actions :

La communication

La moitié de l'enveloppe est allouée à la communication. C'est-à-dire la promotion de la forêt et du bois, mais également la constitution d'un logo FBF, et la mise en ligne d'un site internet en 2007.

Pourquoi la CVO ?

Le FFN (Fonds Forestier National) qui, depuis 1947, finançait une grande partie des investissements forestiers et de la filière bois a été supprimé en 1999, puis relayé par le budget de l'État au titre de la reconstitution après la tempête. L'État souhaitait toutefois se désengager de son soutien à certaines actions en faveur de la filière, estimant que les économies réalisées sur la suppression de la taxe concernant les produits forestiers devraient permettre à la filière de les autofinancer... En 2004, les acteurs de la filière ont alors créé France Bois Forêt qui a mis en place la CVO par un accord interprofessionnel étendu par les pouvoirs publics. Les papetiers et industriels de la deuxième transformation ont préféré un autre système de soutien collectif à leur groupe.

Le soutien de la filière

L'autre moitié du budget sert à financer diverses actions.

French Timber

FBF soutient la filière au travers d'outils servant l'interprofession comme « French Timber » association créée en 2001 pour promouvoir les forêts et les bois français, apporter une information économique précise grâce à son activité de veille, contribuer au progrès technique et communiquer auprès des prescripteurs sur l'ensemble des produits de la filière. Parmi les dernières actions, une étude de marché sur la ressource en chêne en Ukraine (qui sera diffusée sur le site FBF, www.franceboisforet.fr), l'incorporation de toutes les essences résineuses aux normes techniques de construction chinoises et la baisse des tarifs douaniers japonais sur certains produits résineux européens.

Programme 1 000 chaufferies bois

FBF cofinance, avec l'Ademe et le ministère de l'Agriculture, le projet de 1 000 nouvelles chaufferies d'ici à 2012. Ce projet représente 20 % du prochain plan Bois-énergie (2 500 tonnes de bois, soit 75 000 tep économisés).

Qualité du bois de peuplier

FBF finance, avec l'État, une étude comparative des qualités de 10 cultivars de peuplier. Les arbres sont en cours d'analyse et les premiers résultats sont attendus pour fin 2007. Les utilisateurs pourront alors disposer de toutes les données technologiques sur ces 10 cultivars.

Le projet BING

Les scieurs voient se profiler à l'horizon 2007, une nouvelle contrainte : le marquage CE qui oblige à classer les sciages destinés à la construction selon leurs caractéristiques mécaniques. Deux méthodes de classement peuvent être mises

en œuvre : la méthode visuelle (très coûteuse) ou le classement par machine. Cette machine existe (machine BING qui par résonance permet de connaître rapidement les résultats) mais n'est pas homologuée. Cette homologation est maintenant possible grâce au soutien de la campagne d'essai par France Bois Forêt.

Un schéma stratégique forestier pour le massif des Pyrénées

Ce schéma a comme objectif de réunir l'ensemble des acteurs pour bâtir un projet de développement de la forêt pyrénéenne. FBF finance ce travail sur un an et demi à partir de 2007, afin d'aider à élaborer et mettre en application des méthodes qui pourront être reproductibles.

Étude et action pour inciter les propriétaires à la gestion et à la commercialisation de leurs bois

Ce projet est mené par l'Afomac (Association forêt Massif central) qui existe depuis une quinzaine d'années et coordonne les actions sur ce massif qui regroupe cinq régions. L'étude part du constat qu'en Auvergne et Limousin un bon nombre de forestiers sont absents de leur forêt et ne participe donc pas à l'enrichissement forestier du massif. L'étude a pour objectif d'identifier ces forestiers

« absents » en un premier temps pour ensuite trouver les moyens de les associer aux actions de développement à objectif de mobilisation croissante des bois dans un contexte de gestion durable. D'autres régions rencontrant le même problème ont souhaité être associées à l'étude, c'est le cas de la Franche-Comté.

Quels sont les projets de France Bois Forêt ?

Pour 2007, France Bois Forêt souhaite poursuivre ses grandes missions : la communication et le soutien de projets bénéfiques à l'ensemble de la filière. Un exemple marquant de projets pour 2007 est le « train de la terre », idée de Philippe Vasseur, Président de l'Aficar (Association française d'information et de communication agricole et rurale). Ce train du 1^{er} au 22 février 2007 a effectué un tour de la France en 22 étapes pour parler de l'agriculture... et de la forêt, grâce à l'appui de France Bois Forêt qui a obtenu une mise à l'honneur des produits bois dans chacun des wagons (quatre au total : du lever au coucher du soleil...). ■





Le Cetef angevin se tourne vers la plaquette forestière

Jean-Jacques Jemin, technicien au CRPF des Pays de la Loire

Le Cetef angevin a organisé en 2006 la mise en place d'un dispositif novateur de production de plaquettes forestières. Il a testé différentes techniques d'exploitation pouvant ouvrir la voie à l'industrialisation de la récolte des bois en Pays de la Loire. Cette démarche démontre la volonté des sylviculteurs de s'inscrire pleinement dans les initiatives de développement des énergies renouvelables où le bois peut occuper une place prépondérante.



Cetef angevin sur un chantier de déchiquetage.

Le Cetef (Centre d'études techniques et économiques forestier), pour faciliter la mise en place d'une filière bois-énergie, a organisé différents chantiers expérimentaux d'exploitation et de déchiquetage de bois, à des fins de production de plaquettes forestières. Les objectifs étaient de définir les contraintes techniques d'exploitation et de mesurer les conséquences sur la forêt.

L'expérience du Cetef angevin
Les tests ont porté sur les postes de bûcheronnage, de débardage et de

broyage ; l'entrepreneur prestataire étant équipé d'un broyeur lourd à grosse capacité.

Le chantier correspondait à une peupleraie de 3 hectares, exploitée un an et demi auparavant suite à une tempête. Le bois d'œuvre a été récolté jusqu'à une découpe de 25-30 cm fin bout. Le bois d'industrie n'a pas été extrait et les houppiers sont restés entiers (non démembrés). L'abattage a été correctement réalisé sur le milieu de la parcelle. En revanche, sur le pourtour, les têtes se sont croisées et la végétation au sol a colonisé 600 têtes de peupliers.

- La première expérience a consisté à broyer directement les têtes d'arbres sur le parterre de la coupe. Cette technique nécessite le travail simultané du broyeur et d'un engin avec un râteau pour pousser les têtes d'arbres. Le sol doit donc être parfaitement ressuyé (sec) pour éviter que le passage des engins lourds ne le détériore. Le faible rendement du broyeur, son poids, et la difficulté de transport des plaquettes (reprise sur camion), ont rapidement conduit les participants à conclure que cette solution n'était pas adaptée.

- La deuxième expérience a consisté à regrouper les houppiers entiers en bordure de parcelle, à proximité du chemin carrossable. Le broyeur a alors atteint rapidement sa capacité de rendement maximum (100 m³ par heure). Cependant, le transport des houppiers entiers reste difficile et leur mise en tas exige un espace de stockage de grande capacité à proximité d'une desserte accessible par les semi-remorques.

- La troisième expérience a consisté à débarder les houppiers après les avoir démembrés en bois de

toutes longueurs. Cette solution s'est révélée la plus satisfaisante. Cette expérience montre que, pour produire une plaquette de qualité et assurer un bon rendement, le broyeur lourd doit pratiquement rester à poste fixe. Il existe cependant d'autres matériels plus légers, de type « Silvatec », encore non présents dans l'ouest de la France. Ce matériel récolte et broie en une seule opération sur la parcelle (voir Forêt-entreprise n°162, page 62).

Valoriser les produits habituellement abandonnés

Le bois-énergie « en plaquettes » est un débouché supplémentaire pour les produits de nos forêts. Il offre la possibilité de valoriser les bois de faible diamètre (compris

entre 20 cm et 7 cm au minimum), désignés habituellement sous le terme de bois d'industrie et traditionnellement utilisés pour la fabrication des panneaux de particules ou la pâte à papier. Mais ce nouveau débouché peut concerner aussi des bois plus petits, voire des branchages.

Les bois susceptibles de satisfaire ce marché se trouvent donc dans les premières éclaircies, feuillues ou résineuses, mais aussi dans les coupes rases après enlèvement du bois d'œuvre. Celles-ci représentent une quantité de bois non négligeable.

Selon le contrat de vente signé, l'essence, et le marché, le bois de trituration n'est pas toujours extrait. Les rémanents sont alors mis en

andain ou en tas, parfois brûlés ou broyés. Aujourd'hui avec la possibilité de fabrication de bois déchiqueté, ces rémanents peuvent être transformés en plaquettes forestières.

Conséquences pour le sylviculteur et la forêt

Le sol forestier est le support de la forêt, il conditionne l'avenir des peuplements. Sa souplesse et sa richesse sont le gage d'un bon développement de la végétation. Il faut, par conséquent, être vigilant sur les conditions d'exploitation pour éviter les passages répétés d'engins occasionnant le tassement ou pire encore les ornières dans tous les sens. En Pays de la Loire, la période idéale d'exploitation sur sol ressuyé dure rarement plus de trois mois par an. Il est donc préférable de programmer une gestion rigoureuse du chantier en organisant des cloisonnements d'exploitation destinés à la circulation du matériel.

La transformation des rémanents de coupe en bois déchiqueté est préférable au brûlage sur place. Cependant, les petites branches et les feuillages ont une teneur très élevée en éléments minéraux. Leur enlèvement systématique diminuerait la fertilité du sol, surtout s'il est pauvre. Exporter en plaquettes la totalité du bois non utilisé, jusqu'à la plus petite brindille, comporterait un fort risque d'appauvrissement de la forêt. C'est pourquoi, il est fortement conseillé de les laisser se décomposer progressivement en forêt. Le cycle naturel de formation de la litière du sol forestier n'en sera pas perturbé.

Conclusion

La fabrication de bois déchiqueté demande un volume de bois mobilisable suffisant. Une desserte adap-

La plaquette forestière

Elle résulte du broyage homogène des troncs et des branches d'arbres. Le bois frais contient environ 50 % d'humidité. Le bois déchiqueté arrivé à la chaudière doit avoir un taux d'humidité compris entre 20 et 25 %. Il ne doit pas contenir de terre ni de corps étrangers. Il faut éviter les particules trop fines et les feuilles vertes qui sont sources de moisissure pendant le stockage et occasionnent un taux de cendre élevé. Les chantiers d'exploitation doivent donc être soignés.

Des exemples de chantiers et leurs bilans technico-économiques, sont exposés pages 48 à 51 dans le Forêt-entreprise n°172 dont le dossier se consacre au bois-énergie.





© J. J. Jemin

Dépôt des plaquettes à même le sol.

tée est un paramètre décisif tant pour l'organisation du chantier que pour la préservation des sols. La qualité des plaquettes, ainsi que leur prix devront être fiables et réguliers, afin de satisfaire les producteurs et les utilisateurs du bois-énergie. Cela suppose la mise en place de chantiers très organisés avec des intervenants professionnels de qualité. En Pays de la Loire, des plates-formes stratégiquement bien placées, équipées de hangars de stockage et de séchage des plaquettes seront créées pour soutenir cette filière.

La demande est soutenue, les

chaufferies collectives (collèges, établissements militaires, serres, immeubles, lotissements, etc.) et les petites chaufferies (mairies, complexes sportifs, exploitations forestières, petites copropriétés et maisons individuelles) se développent rapidement en France. La production d'électricité à partir de plaquettes a vu également le jour. Ainsi, l'approvisionnement de quatre centrales électriques est partiellement assuré par le Groupe Coopération Forestière. D'un point de vue environnemental, le bois est une énergie disponible et renouvelable qui améliore le bilan écolo-

gique, déjà favorable à la forêt, principalement grâce à son bilan neutre sur les émissions de carbone (le CO₂ émis a été absorbé par la photosynthèse et continue de l'être par les forêts gérées durablement). Il s'inscrit dans une démarche de développement durable.

D'un point de vue économique, le bois-énergie est moins cher et stimule les emplois locaux. Aujourd'hui, la filière bois-énergie s'organise, l'approvisionnement devient facile. Propriétaires forestiers, industriels, agriculteurs et négociants sauront-ils se partager équitablement un marché en plein essor ? ■

Quelques repères

La plaquette se mesure en mètre cube apparent (MAP). On admet que :

1 MAP = 0,75 stère.

1 stère = 1,33 MAP.

1 MAP sec (à 20 % d'humidité) = 100 l de fioul.

Voir le dossier de Forêt-entreprise n°172 sur le bois-énergie.

Le Cetef angevin

Président : Jean-Marc Lacarelle depuis 1993 - Animateur : Jean-Jacques Jemin (CRPF) depuis 1998 - Date de création : 1966 - Nombre d'adhérents : 30

Étapes clés :

- À la création du Cetef, son premier président Charles Henri de Damas, a beaucoup travaillé sur le peuplier en culture intensive avec essais de nombreux cultivars.

- En 1984, le deuxième président, Jean-Bernard Rivain, a ouvert le Cetef à la sylviculture des autres feuillus et a toujours essayé de maintenir un lien étroit avec les industriels du bois, organisation de visites de scieries.

- Depuis 1993, à l'initiative du président actuel : élargissement des axes de travail aux aspects « station/production » et « aide informatique à la gestion ». Le Cetef angevin se préoccupe également des questions de biodiversité. Il revient systématiquement tous les 5 ans sur les sites expérimentaux. Les sujets économiques sont jugés importants et travaillés en concertation avec les Cetef voisins, le but étant d'une part de réfléchir aux techniques de sylviculture intensive à moindre coût pour raccourcir les cycles et d'autre part de travailler en synergie entre Cetef pour éviter les redondances.

Adresse : Maison départementale de la forêt - Treillebois - 49610 Saint Melaine Sur Aubance.

Résumé

Le Cetef angevin a testé différentes techniques d'exploitation pouvant ouvrir la voie à l'industrialisation de la récolte des bois en Pays de la Loire. Cette démarche démontre que la meilleure solution consiste à broyer en poste fixe. Les houppiers après les avoir démembrés. L'expérimentation démontre par ailleurs que la transformation des rémanents de coupe en bois déchiqueté est préférable au brûlage sur place, à condition de ne pas exporter la totalité des rémanents (laisser les feuilles au sol notamment). Il est recommandé de programmer une gestion rigoureuse du chantier en organisant des cloisonnements d'exploitation destinés à la circulation du matériel.

Mots-clés : Cetef angevin, bois-énergie, plaquettes forestières.

Les actions programmées du Suf IDF pour 2007

Thomas Formery, directeur général du CNPPF



Les programmes d'activités de l'IDF et du CNPPF ne font plus qu'un depuis le 1^{er} janvier 2006, date à laquelle l'IDF a été intégré au CNPPF en tant que Service d'utilité forestière (Suf). Cette évolution apporte une meilleure cohérence aux actions menées.

L'année 2007 constitue une année charnière par la signature du contrat d'objectifs 2007-2011 entre le groupe CRPF-CNPPF et l'État (FE n°173, p. 64). Ce contrat s'articule autour de quatre objectifs qui forment le socle de l'action du Suf IDF : améliorer la compétitivité de la gestion forestière, accroître la surface des forêts privées gérées durablement, améliorer les connaissances, préserver les écosystèmes forestiers.

Améliorer la compétitivité de la gestion forestière

Le Suf IDF en tant qu'outil de recherche appliquée au service de la forêt privée française a pour mission de la préparer aux évolutions futures. Un ingénieur a récemment été assignée au développement des connaissances relatives au bois-énergie et à la biomasse, avec pour leitmotiv l'amélioration du revenu forestier. Dans le même esprit, les groupes de travail nationaux du Suf IDF visent à individualiser de nouveaux itinéraires techniques, plus économes ou plus productifs.

Accroître la surface des forêts privées gérées durablement

Le fer de lance de l'action du Suf IDF sur cet aspect est certainement la mise au point d'outils de diagnostic forestier tels que la Flore forestière française et son troisième

tome consacré à l'espace méditerranéen, ou les catalogues de stations et habitats. En parallèle, l'IDF étudie l'autécologie des essences (robinier, orme, poirier, pommier et feuillus précieux, cèdre, peuplier, chênes et châtaignier), et prépare un manuel de diagnostic des milieux forestiers.

Le CNPPF appuie le développement d'ISO 14001 dans les CRPF et contribue à la certification PEFC par la réalisation de suivis et d'audits.

Améliorer les connaissances et former les sylviculteurs

Le pôle expérimentation consolide les réseaux d'expérimentations. On peut citer à ce titre l'élaboration de la base Ilex qui regroupera l'ensemble des expérimentations menées au sein de la forêt privée française. Cette base de données permettra de précieuses synthèses et démultipliera les enseignements que peuvent apporter les expérimentations menées isolément.

Le Suf IDF dispose d'un Service entièrement consacré à la formation, et le Service édition (Ouvrages, Forêt-entreprise, plaquettes...) assure la diffusion des connaissances. L'IDF participe aux actions de communication via les sites internet et intranet de la forêt privée française, et la mise à disposition d'une somme importante d'informations grâce à son Service documentation. Par souci de performan-

ce, l'IDF évalue les actions de développement : une enquête est menée sur l'usage de la typologie des stations pour une meilleure adéquation de l'outil aux attentes des utilisateurs ; par ailleurs, le Suf s'efforce de concevoir un système, baptisé Resofop, de collecte et d'analyse de données auprès des sylviculteurs privés qui pourra servir d'indicateur de résultats ; et anime le réseau du développement pour un échange renforcé avec les sylviculteurs.

Préserver les écosystèmes forestiers

L'IDF intervient plus particulièrement sur ce dernier point par l'élaboration de méthodes d'évaluation de l'impact de la gestion forestière... sur l'eau par exemple, ou sur la séquestration du carbone (en collaboration avec Forestiers Privés de France, l'Union de la coopération forestière française, l'INRA et l'ONF). Préserver les écosystèmes forestiers consiste aussi à prévenir les risques de toute nature : sanitaire via la rédaction d'un manuel Pathologie avec le DSF ; cynégétique par le test de protections économes ; et climatique avec la participation aux nombreux travaux sur le changement climatique, que ce soit en adaptation de la forêt ou pour étudier son rôle dans la séquestration du carbone et la substitution du bois-énergie aux énergies fossiles. ■

dossier

*Climat propice pour
le cèdre*

Dossier coordonné
par
Philippe Riou-Nivert

12 Climat propice pour le cèdre
(Ph. Riou-Nivert)

14 Hommage à Jean Toth, pionnier de l'étude du cèdre en France
(Ph. Riou-Nivert)

15 Flore forestière

17 Autécologie du cèdre de l'Atlas
(Ch. Ripert)

21 Les meilleures provenances de cèdres pour le reboisement en France méditerranéenne
(M. Bariteau, D. Vauthier, J. Pommery, F. Rei, J. Royer)

27 Les problèmes phytosanitaires du cèdre en France
(L.-M. Nageleisen)

32 Réussir un boisement en cèdre de l'Atlas
(Ph. Van Lerberghe)

39 La production de plants de cèdre en France
(Entretien avec V. Naudet par S. Girard)

40 Croissance, production et conduite des peuplements de cèdre de l'Atlas
(F. Courbet, J.-M. Courdier, N. Mariotte et F. Courdier)

45 L'avenir du cèdre de l'Atlas en Midi-Pyrénées
(P. Gonin, A. Delarue, Ph. Thévenet)

51 Le cèdre de l'Atlas en Languedoc-Roussillon
(B. Lecomte)

55 Cèdre, flash régional...
(Ph. Riou-Nivert)

57 Le cèdre en 2100
(Ph. Riou-Nivert)

59 Conseils simples
(Ph. Riou-Nivert)

Climat propice pour le cèdre

Philippe Riou-Nivert, ingénieur à l'IDF

Le cèdre hier

Le cèdre a toujours bénéficié en France d'un grand capital de sympathie. Arbre emblématique, maintes fois cité dans la Bible, il occupe une place à part, alliant histoire, esthétique et production (1). Les relations privilégiées avec les pays d'Afrique du Nord et le Liban ont fait de notre pays la seconde patrie de cette superbe essence.

Sous Napoléon III, tout parc d'agrément digne de ce nom doit comporter des cèdres. On l'utilise aussi avec succès pour restaurer les terrains dégradés des moyennes montagnes méditerranéennes. Mais ce n'est qu'un siècle plus tard qu'il fait son apparition en boisements de production, subventionnés par le Fonds forestier national, et qu'il est utilisé dans le cadre de la lutte contre les incendies de forêt. Puis c'est l'éclipse. D'autres essences, comme le douglas, le battent en production sur les bonnes stations et la sylviculture anti-feu a du mal à décoller. Le cèdre est souvent cantonné sur les garrigues calcaires dont aucune autre essence ne veut, bien qu'il puisse donner d'excellents résultats sur les versants sud, au-dessus de 400 m.

Le cèdre aujourd'hui

Arrive l'été 2003, avec une sécheresse et une canicule sans précédent dans les annales de la climatologie. Les dépérissements forestiers se multiplient. Près de 70 000 ha sont ravagés par les incendies. Les gros producteurs sont mal en point : le glas de l'épicéa a sonné

dans tout le sud du Massif central, le douglas « rit jaune ». Pire encore : cet événement, que l'on aurait considéré jadis comme un aléa de plus que doit affronter la forêt, est annoncé par les scientifiques comme un des prémices du réchauffement climatique global en cours. En 2070, l'été 2003 sera un été moyen ! Affolement général. 2070, pour un arbre, c'est demain. Que faut-il donc planter aujourd'hui qui puisse résister à la sécheresse et être encore là dans un siècle ? On cherche. Le choix est fatalement restreint car le changement est extrêmement rapide. En première ligne, porteur de tous les espoirs, réapparaît... le cèdre.

C'est alors la ruée chez les pépiniéristes qui sont bientôt en rupture de stocks et ne peuvent satisfaire la demande. Les plantations se multiplient, parfois pas forcément là où il

faudrait. Et l'on découvre qu'on ne sait pas grand-chose sur l'essence... L'autécologie a bien été étudiée par le Cemagref d'Aix-en-Provence, mais seulement en zone méditerranéenne calcaire ; les programmes d'amélioration de l'Inra n'ont pu être menés à terme faute de moyens et on ne dispose pas de verger à graines ; les études sur la sylviculture et la production ont permis de mettre au point un modèle de croissance mais les essais de terrain de l'ONF ou des CRPF sont bien peu nombreux et pas toujours suivis... et sont toujours situés dans le Sud.

Le cèdre demain...

Impossible de répondre à la question que tout le monde se pose : que vaut le cèdre en dehors de la zone méditerranéenne ? Question qui entraîne bien d'autres :



Régénération naturelle de cèdre.



© C. Jezequel

Exploitation du cèdre de Saint-Vincent dans les Deux-Sèvres (voir pages 55-56).

Quel est son potentiel d'adaptation dans des secteurs où les sols sont en général bien meilleurs que les sols dégradés du sud de la France ; dans des climats où il n'était pas forcément jusqu'ici à son optimum mais qui vont évoluer en sa faveur ? Quelle sera la production à attendre dans ce nouveau contexte, en quantité et en qualité ? Ne sera-t-il pas l'objet d'attaques parasitaires nouvelles ? Que penser du cèdre du Liban face au cèdre de l'Atlas ? Quelques beaux exemples épars sont encourageants mais il faut se

garder de généralisations hâtives. Le champ des travaux est énorme si l'on veut en savoir plus, d'autant que nous sommes très pressés et que les moyens alloués à la forêt ne cessent de diminuer.

La première étape est évidemment de mettre toute l'information disponible en commun et à disposition du sylviculteur. C'est le rôle de l'IDF et l'objet de ce dossier. Tous les acteurs français ayant étudié le cèdre ont retroussé leurs manches pour faire un bilan actualisé des connaissances (2). De nouvelles

informations arriveront ensuite, notamment un point sur la qualité du bois et sur le cèdre face au feu : nous les livrerons au lecteur au fur et à mesure.

Si l'essentiel des recherches (et donc les articles qui suivent) s'est concentrée sur le cèdre de l'Atlas, traditionnellement considéré comme moins branchu, plus productif et plus résistant au froid que le cèdre du Liban (présent dans les parcs mais très peu en forêt), nous verrons cependant que certaines provenances de ce dernier peuvent être intéressantes (article de M. Bariteau, page 21).

Nous espérons que ce travail de synthèse sera utile au gestionnaire de terrain et lui évitera de faire de grosses erreurs d'introduction en attendant que nous puissions affiner le propos. Les résultats des régions du sud, même s'ils ne sont pas faciles à transposer, pourront ainsi profiter aux régions du nord qui inscrivent aujourd'hui le cèdre à leurs programmes.

Nous dédions avec émotion ce dossier à Jean Toth, chercheur à l'Inra d'Avignon et pionnier reconnu du cèdre, malheureusement disparu en décembre dernier après nous avoir laissé en testament un livre qui rassemble les résultats de ses travaux. Ses successeurs sauront en faire le meilleur usage. ■

(1) Voir par exemple l'article très complet sur l'histoire du cèdre de Michel Cointat dans la *Revue Forestière Française* : « Le roman du cèdre », *RFF XLVIII-6-1996*, p. 503-526.

(2) Le dernier article de fond paru dans *Forêt-entreprise*, synthèse collective intitulée « Le cèdre de l'Atlas », intégré à un dossier « Boiser en région méditerranéenne », date de 1993 (*FE n°93 - 1993 6/7*, p. 27-34). Des présentations générales sur les cèdres de l'Atlas et du Liban ont par ailleurs été publiées dans les *FE n°125 et 126* en 1999.

Hommage à Jean Toth pionnier de l'étude du cèdre en France

*Jean Toth est décédé dans la nuit du 25 au 26 décembre 2006
à l'âge de 78 ans.*

Philippe Riou-Nivert



© F. Courbet

Né en Hongrie, Jean Toth avait quitté son pays, comme plus de 200 000 de ses compatriotes, à la suite des événements de 1956 et il n'a pu y retourner que bien plus tard. Après avoir travaillé 7 ans en Afrique du Nord pendant lesquels il parcourut les cédraines de l'Atlas algérien, il est entré à l'Inra dans la recherche forestière en 1968, à la station d'Avignon.

Ingénieur de Recherche, il a longtemps étudié la croissance, la sylviculture, la fructification, sur le cèdre principalement, et également sur le pin noir et le chêne vert.

Sa collaboration avec l'IDF a été très étroite dans les années 1970 où, en duo avec René Putod, ingénieur IDF à Marseille, spécialisé dans les problèmes de la zone méditerranéen-

ne, il animait des stages pour les sylviculteurs et rédigeait des articles pour le BVF, ancêtre de Forêt-entreprise. Ainsi, les BVF n°4 en 1971, n°6 et 8 en 1974 furent consacrés au cèdre. Trente années d'études sur cette essence ont fait de Jean Toth une référence incontournable pour qui s'intéresse à cette essen-

ce. Depuis sa retraite en 1993, il avait entrepris de synthétiser ses travaux. On les trouvera dans son livre intitulé « Le cèdre de France » qu'il venait de publier avant de nous quitter. En le parcourant, nous nous souviendrons d'un chercheur toujours prêt à vulgariser ses résultats. ■

Le cèdre de France - Étude approfondie de l'espèce Ouvrage de Jean Toth

- Préface de Richard Moreau -

Présentation de l'ouvrage par François Courbet, INRA Avignon

Le livre traite surtout du cèdre de l'Atlas en situation forestière, espèce à laquelle l'auteur a consacré la majeure partie de ses travaux. Les trois autres espèces (cèdres du Liban, de l'Himalaya et de Chypre), beaucoup moins utilisées en reboisement, sont abordées plus brièvement.

Les quatre premiers chapitres traitent successivement des aspects suivants :

- Botanique, les quatre espèces de cèdres.
- Floraison, fructification, graines, conservation.
- Régénération artificielle et naturelle.
- Peuplements forestiers (croissance, utilisation du bois).

Ces chapitres sont les plus développés, Jean Toth ayant surtout travaillé dans ces domaines. Ce dernier rapporte ses observations et les résultats de mesures présentés sous forme de tableaux chiffrés (inventaires dendrométriques) ou de courbes de croissance, ce qui permet au lecteur de se faire une idée, à l'aide de ces exemples, de la production du cèdre de l'Atlas en France méridionale. Les autres chapitres abordent plus succinctement la génétique, les espèces associées (champignons, insectes ravageurs, oiseaux), les incendies et l'aspect esthétique et touristique des cédraines.

Le dernier chapitre décrit une vingtaine de peuplements remarquables et donne des indications pour pouvoir s'y rendre.

Le texte est illustré de nombreuses photographies en noir et blanc.

Ce livre devrait contenter le lecteur curieux de découvrir les différents aspects du cèdre en France et en particulier ses nombreux atouts, justifiant la place qu'ont accordée les forestiers à cette espèce largement introduite en région méditerranéenne française.

2005, 207 p., 19 €, Éditions L'Harmattan. Collection Biologie, Écologie, Agromonie. 5-7 rue de l'École polytechnique 75005 Paris.

Fiche extraite de la Flore forestière française Tome III région méditerranéenne (en préparation)

PINACÉES

CEDRUS

Cedrus atlantica (Manetti ex Endl.) Carrière
Cèdre de l'Atlas, Cèdre d'Algérie, Cèdre argenté

Prov.: Cèdre; Lang.: Cèdre; Ital.: Cedro dell'Atlante; Catal.: Cedre; Esp.: Cedro del Atlas; Angl.: Atlas Cedar; Allem.: Atlas-Zeder
du grec **kedros**: nom grec de l'arbre; du latin **atlanticus**: des régions atlantiques (Atlas marocain).

CARACTÈRES BIOLOGIQUES

- arbre de 30-40 m de haut; macrophanérophyte; **sempervirente**;
- longévité élevée; croissance juvénile faible;
- monoïque; floraison: septembre; pollinisée et dispersée par le vent; maturation du fruit en 2-3 ans; la désarticulation des cônes nécessite gel et humidité;
- **dryade**: régénération naturelle aisée après 30 ans.

CARACTÈRES DIAGNOSTIQUES

- port pyramidal, s'éclairant (« table ») avec l'âge;
- écorce jeune **gris clair**;
- 1 - **rameaux** longs, fins, gris jaunâtre, **nettement pubescents**; branches plutôt dressées;
- 2 - aiguilles (longues de 15-25 mm) **persistantes, raides, vertes ou glauques** (caractère très variable), isolées sur les rameaux longs ou groupées **en touffes** sur les rameaux courts;
- 3 - cônes dressés (longs de 5-8 cm), ovoïdes **cylindriques**, déprimés au sommet, se désarticulant lentement sur l'arbre au bout de 2 ans, laissant subsister l'axe sur les rameaux.

Nota. Confusion facile avec **C. libani**, aux rameaux longs glabres ou **faiblement pubescents**, à l'écorce **gris foncé**, aux cônes plus gros; (8-10 cm), **rétrécis** aux **deux extrémités** et aux aiguilles **vert sombre plus longues**.

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

- aire naturelle: montagnes de l'Afrique du Nord (de 1400 à 2200 m);
- zones d'introduction en France: basses et moyennes montagnes méridionales. Le versant sud du mont Ventoux et les crêtes du Petit Luberon constituent ses peuplements les plus anciens (introduction vers 1860);
- de 600 à 1100 m d'altitude; essence bien adaptée à l'étage bioclimatique du Chêne pubescent.



DONNÉES AUTÉCOLOGIQUES

- s'accommode du climat de l'étage supraméditerranéen;
- espèce de **semi-lumière**, réclamant un abri les premières années;
- tolère les hivers froids et neigeux, mais sensible aux fortes gelées et détritue par les températures inférieures à -25 °C; **supporte les fortes sécheresses** et les conditions hydriques irrégulières (espèce **xerophile**); s'accommode de stations à bilan hydrique moyen, voire déficitaire;
- craint les brouillards;
- enracinement pivotant et puissant; tolère des sols superficiels calcaires si la roche est fissurée;
- occupe des **sols variés** (calcaires ou siliceux), de préférence meubles et profonds, mais réussit sur les éboulis **calcaires**; craint les sols argileux, compacts et hydromorphes;
- se régénère facilement à l'étage supraméditerranéen;
- **résistante à la pollution urbaine**.

BIOTOPES, FORMATIONS VÉGÉTALES, PHYTOSOCIOLOGIE

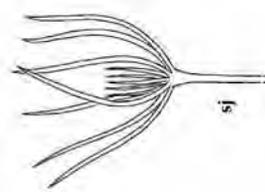
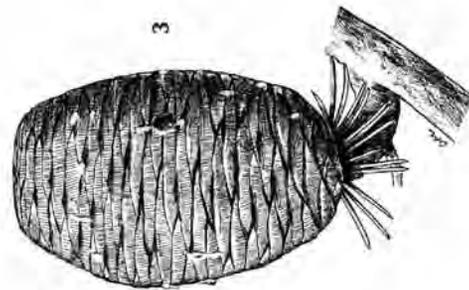
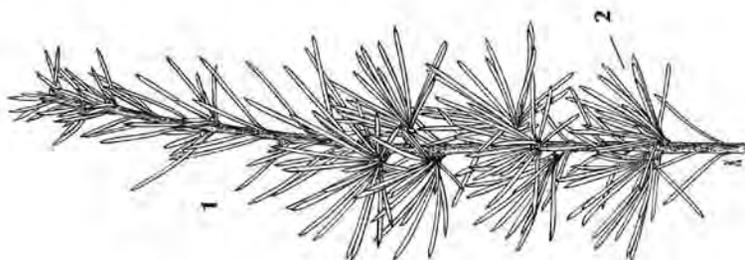
- série du Chêne pubescent (étage supraméditerranéen): **Quercion pubescentis**;
- base de l'étage montagnard méridional (hêtrais secs du **Cephalantho-Fagion**).

USAGES, PROPRIÉTÉS

- excellent bois d'œuvre aux propriétés mécaniques élevées (sauf la résistance aux chocs); bois à odeur caractéristique, durable;
- bois de mine, charpente, poteaux; bon bois de menuiserie (intérieure et extérieure) et d'ébénisterie;
- valeur ornementale et paysagère;
- feuillage peu à modérément combustible; litière compacte très peu combustible. La densité du houppier limite le développement du sous-étage; une cédraie adulte peut présenter une certaine discontinuité verticale et, de ce fait, présenter une faible sensibilité à l'incendie.



Aire d'origine



Autécologie du cèdre de l'Atlas

Christian Ripert, ingénieur au Cemagref (1)

Le comportement du cèdre en région méditerranéenne française où il a été introduit, abondamment utilisé et où il a fait l'objet d'une étude autécologique approfondie, est certainement d'un enseignement fructueux pour son implantation sous d'autres climats.



Dans cette région, la croissance des arbres est directement dépendante du bilan hydrique ; toutes les études de typologie forestière et autécologiques (3) sont cohérentes sur ce point.

Cela découle bien évidemment des particularités du climat méditerranéen dont le caractère majeur est de présenter un déficit pluviométrique estival alors que, pendant cette même période, les températures s'élèvent, ce qui accélère les phénomènes de transpiration et donc augmente les besoins en eau.

Le cèdre a montré qu'il était bien adapté à la région méditerranéenne notamment par ses facultés colonisatrices qui lui ont permis de s'étendre facilement et abondamment autour des secteurs où il a été introduit artificiellement (Mont Ventoux, Lubéron...).

En termes de croissance, ses performances sont meilleures lorsque le climat est plus humide et moins chaud : par exemple dans l'arrière-pays provençal ou languedocien (au-dessus de 400 ou 500 m, suivant l'exposition).

Autécologie du cèdre en région méditerranéenne française

L'étude autécologique qui a été menée dans la zone climatique méditerranéenne couvre trois départements : le Vaucluse, les Bouches-du-Rhône et l'ouest du Var, soit un ensemble qui correspond à la Provence calcaire ouest.

• Les facteurs climatiques

En région méditerranéenne, les facteurs expliquant la croissance du cèdre sont en premier lieu les facteurs climatiques (pluie, température, altitude, exposition) ; c'est la raison pour laquelle la première étape de la clé autécologique est une carte qui délimite les différentes zones bioclimatiques.

Qu'est ce qu'une étude autécologique ?

L'objectif d'une étude autécologique consiste à mettre en évidence les facteurs écologiques descriptifs du milieu naturel qui expliquent le mieux la croissance d'une essence. Le principe consiste à répertorier les boisements de cette essence présents dans le domaine d'étude, à choisir dans chacun d'eux des stations différant par quelques paramètres écologiques (topographie, exposition, ou substrat par exemple), sur lesquelles on réalise un relevé phytoécologique complet et des mesures dendrométriques (âge-hauteur) sur 5 ou 6 arbres de l'étage dominant. Cent relevés minimum sont nécessaires. Le résultat final est une clé, dite autécologique qui a pour fonction d'aider les praticiens à évaluer l'adaptation de l'essence à tel ou tel site à reboiser. Cette clé indique la hauteur ou la classe de croissance que les arbres pourront atteindre à un âge de référence donné. La principale contrainte de la méthode est l'existence de boisements forestiers, naturels ou artificiels (échecs ou réussites) de l'essence à étudier, suffisamment nombreux, diversifiés et représentatifs des principaux gradients écologiques du domaine d'étude, permettant des analyses valables sur le plan statistique. Une étude autécologique n'a donc de valeur que dans un domaine bien défini du point de vue climatique, géographique ou géologique. Son utilisation peut toutefois être envisagée sur des territoires immédiatement voisins sous réserve que ceux-ci présentent des conditions écologiques comparables, climatiques notamment. Ce qui est observé ou mesuré en région méditerranéenne n'est donc pas forcément vrai ailleurs. C'est évident pour les chiffres de production prédits par la clé ; ça l'est probablement aussi en ce qui concerne l'influence des facteurs explicatifs de la croissance qui peuvent être différents sous d'autres climats. On peut toutefois en tirer un enseignement sur les constantes de comportement de l'essence, ses exigences les plus marquantes et, peut-être, orienter certains choix pour de nouvelles études.

• Le volume de sol exploitable par les racines

Le volume de sol exploitable par les racines est lié aux facteurs topographiques (relief) et édaphiques (sol) interdépendants qui servent à caractériser le substrat où se localisent les réserves en eau mises à la disposition des arbres et que l'on peut comparer à un réservoir.

Le premier facteur est la position topographique de la parcelle :

– les substrats épais se rencontrent le plus souvent en bas de versant, dans les vallons, les vallées, les plaines et toute autre situation concave où ont pu s'effectuer colluvionnement et accumulation de matériau. À noter que ces mouvements affectent également le transit de l'eau ;

– les substrats superficiels se rencontrent inversement sur les sommets, les croupes, les hauts de pente, et autres situations convexes qui correspondent à des zones de départ de matériaux et d'eau (situation drainante). La formation superficielle est alors constituée par les produits d'altération de la roche en place (dite « altérite »).

Le type de matériau est donc une entrée déterminante pour l'appréciation de la fertilité des stations à cèdre :

– **les altérites** correspondent généralement aux situations les plus défavorables mais présentent néanmoins des différences plus ou moins prononcées, dépendant essentiellement de l'épaisseur des matériaux issus de l'altération de la roche en place et éventuellement de la nature géologique de celle-ci. **Les altérites de marne sont totalement impropres au cèdre alors que celles issues de calcaires durs sont tout à fait acceptables.**

Les caractéristiques du sous-sol peuvent aussi influencer la poten-

tialité forestière et elles jouent un rôle d'autant plus important que la formation superficielle est mince ; il s'agit du pendage des couches géologiques et surtout des diaclases (fissures perpendiculaires au plan des couches). Le cèdre possède en effet une capacité de prospection racinaire lui permettant d'explorer la terre fine présente dans les fissures. C'est la raison pour laquelle il valorise bien les lapiaz (formations calcaires fissurées), même si son installation y est au départ difficile ;

– **les colluvions**, issues du transport de matériau le long d'une pente, sont des mélanges de terre et d'éléments grossiers de toutes dimensions (graviers, cailloux, pierres et blocs) qui peuvent être présents dans des proportions très variables (de la colluvion terreuse à l'éboulis). Ce type de situation est en général favorable car, sauf cas particulier, les colluvions sont décompactées et hétérogènes ; mais leur qualité dépend là encore bien évidemment de leur composition et de leur épaisseur ;

– **les substrats alluvionnaires et agricoles**, qui sont en général plus terreux et profonds, peuvent être très favorables à condition qu'ils ne soient pas compacts ni asphyxiants. Il s'agit là d'une contrainte fondamentale pour l'adaptation du cèdre et qui concerne peut être plus particulièrement ces types de sol.

• Le manque d'aération du sol

Le manque d'aération du substrat est une contrainte très forte pour le cèdre. Les caractéristiques physiques du sol contribuant à son hétérogénéité et donc à son aération sont déterminantes. Elles dépendent essentiellement :

– de la charge en éléments grossiers (graviers, cailloux, pierres,

blocs), qui doit être modérée. Cette charge favorise en effet l'aération du substrat mais son excès diminue la réserve utile en eau. Celle-ci peut néanmoins être compensée par une grande épaisseur ou par l'humidité du climat ;

– de la texture de la terre fine, qui doit être équilibrée. Les sols constitués d'un seul type d'élément ne conviennent pas du tout au cèdre et ont un peu les défauts de leurs qualités :

– le sable, léger, meuble, est trop filtrant et ne favorise pas la rétention d'eau ; il a de plus tendance à se tasser en profondeur ;

– le limon améliore certes la rétention d'eau mais donne aussi un substrat peu aéré ;

– l'argile est certainement l'élément le plus favorable pour la rétention en eau mais donne des sols lourds que le cèdre ne supporte pas.

Dans la même logique (mais sans avoir pu le vérifier) une bonne structuration de la terre fine (entre les blocs) est sans doute un facteur favorable.

• La nature de la roche-mère

En région méditerranéenne les dolomies sableuses et les marnes sont particulièrement défavorables :

– les dolomies sableuses en raison de la texture sableuse grossière des produits d'altération et peut être aussi de problèmes chimiques (carence), pas très bien élucidés ;

– les marnes parce qu'elles donnent une altérite terreuse très limoneuse, à structure massive, qui est asphyxiante et très sécharde en été. Les colluvions marneuses, à moins d'avoir subi une longue évolution, présentent ces mêmes défauts en se stabilisant. De plus, sur les marnes, s'ajoute un problème chimique dû à la forte charge

en calcaire actif.

Sur le plan chimique, d'une manière générale et quelle que soit l'origine de la roche, les sols décarbonatés (réaction faible ou nulle de la terre fine à l'acide chlorhydrique) sont plus favorables à la croissance du cèdre que les substrats carbonatés. Ceci explique en partie peut être que les roches siliceuses comme les schistes, micaschistes et les gneiss (4) soient très favorables au cèdre, sous réserve bien évidemment de remplir les conditions de volume et d'hétérogénéité des matériaux décrites précédemment. Les substrats très acides et filtrants, d'origine granitique par exemple, ne conviennent cependant pas au cèdre.

Le cèdre hors climat méditerranéen

En ce qui concerne les facteurs liés au sol et à la topographie, leur rôle doit être probablement à peu près similaire à celui décrit plus haut. En zone tempérée, le bilan hydrique joue aussi un rôle mais de manière certainement moins aiguë puisque le climat, plus humide et moins chaud, doit compenser les manques d'eau.

On peut donc penser que d'autres facteurs, liés à la nutrition notamment, interviennent de façon déterminante et que leur influence se combine avec celle des facteurs physiques. Leur synergie ou leur compensation doit être assez complexe, sans qu'on puisse prédire quelles sont les bonnes combinaisons.

En ce qui concerne les facteurs climatiques, les introductions, souvent récentes, effectuées hors zone méditerranéenne, montrent généralement que la croissance du cèdre y est bonne, souvent meilleure que dans le Midi. Les climats moins secs et plus froids ne semblent pas

le gêner.

Des comparaisons climatiques montrent que les régions d'Afrique du Nord d'où le cèdre est originaire sont nettement plus humides, en moyenne, et plus froides que la région méditerranéenne française où il a été introduit à la fin du XIX^e siècle, à des altitudes d'ailleurs bien inférieures de celles de l'Atlas, du Rif ou des Aurès.

Au Maroc et en Algérie, le cèdre est un arbre de montagnes au climat assez rigoureux, notamment froid en hiver. Il n'est donc pas tout à fait surprenant qu'il puisse s'adapter dans des régions plus septentrionales ou plus froides que la région méditerranéenne. Quand aux précipitations, le cèdre, comme beaucoup d'essences, même résistantes à la sécheresse, apprécie certainement de ne pas avoir à supporter ce stress. Dans ces régions, il ne pleut pas forcément beaucoup plus qu'en région méditerranéenne mais il y pleut surtout plus régulièrement et l'on y enregistre pas de mois secs.

La comparaison entre les régions d'origine et les régions méditerranéennes françaises montre par ailleurs que la période chaude estivale coïncide avec une période sèche dans les deux cas, c'est-à-dire qu'on se trouve bien en climat à caractère méditerranéen avec 1, 2, 3, ou 4 mois secs (même si les moyennes annuelles thermiques ou pluviométriques sont différentes).

Ce caractère méditerranéen est certainement le point commun qui relie les deux régions de part et d'autre de la Méditerranée. Il recouvre en outre une autre spécificité de ces climats : une atmosphère lumineuse et sèche une grande partie de l'année.

Ce caractère ne se retrouve pas dans les différentes régions fran-

çaises où le cèdre a été introduit récemment (5) et a peut être une incidence sur d'autres aspects, sanitaires notamment ou phénologiques : fructification, débourrement... question sans réponse pour le moment mais qui est probablement à approfondir pour l'avenir.

En conclusion

Pour résumer, on pourrait dire qu'en région méditerranéenne, on a eu tendance à implanter le cèdre à trop basse altitude, dans le bioclimat méso-méditerranéen (étage du chêne vert), en dessous de 400 m, où il n'est vraiment pas à sa place, sauf situation de compensation édaphique forte. À ces niveaux, il ne pleut en effet pas suffisamment et il y fait trop chaud par rapport au climat de son aire d'origine.

Le remonter plus au nord ou plus en altitude est plus conforme à sa norme thermique et pluviométrique, avec néanmoins une restriction relative à l'excès d'humidité atmosphérique qui reste à vérifier.

Le contexte actuel de changement climatique implique probablement des sécheresses estivales dans des régions qui n'en présentaient pas jusqu'alors. Cette situation sera certainement dommageable pour certaines essences comme le douglas et plaide pour la recherche d'une essence de substitution.

Le cèdre peut probablement répondre à cette nouvelle donne sous réserve d'avoir une meilleure connaissance de ses exigences et de ses contraintes dans ces régions. Avant de lui faire jouer ce rôle, il serait donc nécessaire d'y entreprendre des études autécologiques, si celles-ci sont faisables, ou au moins d'y installer un réseau de placettes d'introduction pour suivre son adaptation. ■

	Localisation des cédras	Limites altitudes	précipitations annuelles	pluie d'été	M	m	Q2	type climatique
Régions d'origine	RIF OCCIDENTAL	2 300 1 400	1 786 1 390		24,1 28,3	-5,6 0,2	213 172	per-humide très froid humide froid/frais
	RIF CENTRAL	2 400 1 500	1 707 1 257		23,7 28,8	-5,6 0,4	206 150	per-humide très froid humide froid/frais
	RIF ORIENTAL	2 200 1 700	1 311 906		24,6 26,9	-5 -1,8	157 110	humide (/per) très froid humide (/sub) froid
	MOYEN ATLAS TABULAIRE	2 000 1 500	1 066 871		27,6 30,9	-4,7 -0,5	116 96	humide très froid subhumide froid (frais)
	MOYEN ATLAS ORIENTAL	2 000 1 800	927 615		26,5 28,7	-6,4 -3	99 68	subhumide (hum) glacial subhumide très froid
	HAUT ATLAS ORIENTAL	2 400 1 800	800 500		23,2 29,6	-8,3 -3,1	90 53	subhumide (hum) glacial subhumide très froid
	AURES	2 300 1 350	790 500		23,2 29,6	-8,3 -3,1	89 53	subhumide très froid subhumide froid
arrière-pays méditerranéen	> 400 m	800 à 1 000	100 à 180	28/30	-1 à 1	100 à 130	humide frais	
arrière-pays méditerranéen	< 400 m	500 à 800 m	70 à 130	29 à 31	1 à 4	70 à 100	subhumide frais	

M = moyenne des maxima du mois le plus chaud ; m = moyenne des minima du mois le plus froid ; P = pluie moyenne annuelle
Q2 = coefficient d'Emberger, exprime la sécheresse globale d'un climat, en comparant la dépense en eau (évaporation et transpiration)
au gain (précipitations), décliné en plusieurs classes de température hivernal, du glacial au très chaud.

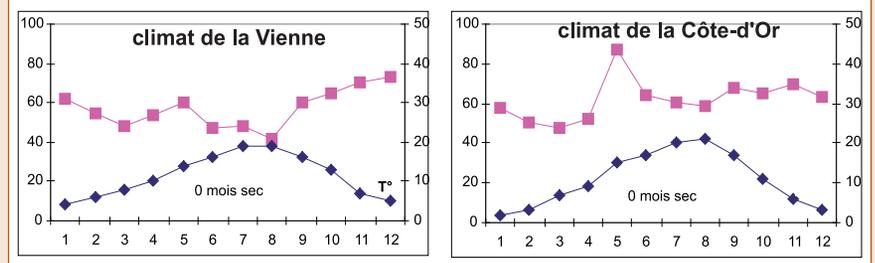
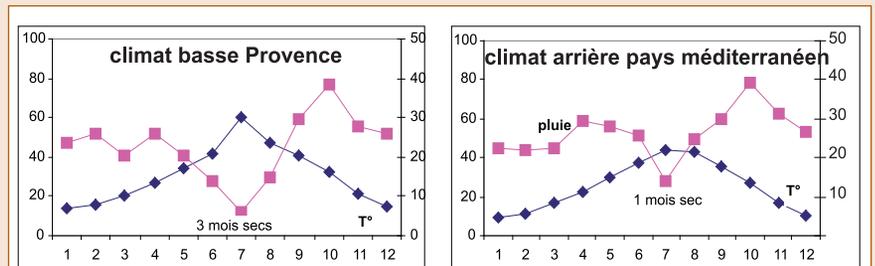
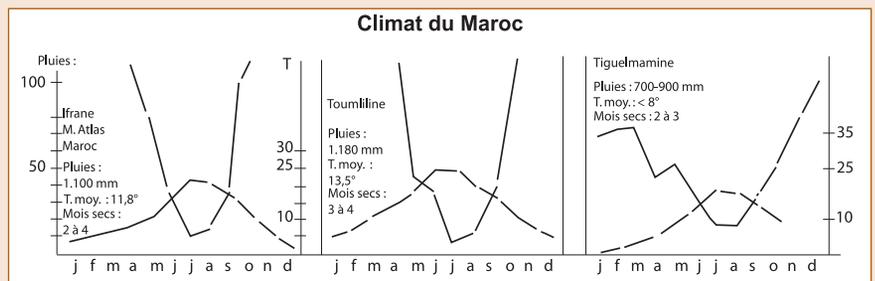
$$Q2 = \frac{2\ 000}{(M + m + 546)(M - m)}$$

Résumé

Les facteurs favorables à la croissance du cèdre sont : une bonne alimentation en eau, un sol profond ou au moins une roche-mère bien fissurée, une bonne aération du substrat. Il préfère les sols acides (sans excès), même s'il supporte les sols calcaires. Son introduction hors zone méditerranéenne semble poser peu de problèmes (hormis peut-être sanitaires) si l'on considère que son aire d'origine est nettement plus froide que la Provence où on le trouve aujourd'hui.

Mots-clés : cèdre, autécologie, changement climatique.

- (1) Cemagref - groupement d'Aix-en-Provence, 3275 route de Cézanne (RD 17, le Tholonet), CS 40061, 13181 Aix-en-Provence cedex 5, tél. : 04 42 66 99 79, fax : 04 42 66 99 71, courriel : christian.ripert@aix.cemagref.fr
- (2) On appelle station forestière une zone suffisamment homogène dans ses conditions physiques et biologiques pour que les végétaux trouvent sur toute sa surface des conditions égales de survie et de croissance.
- (3) Une dizaine d'espèces étudiées dans les années 80.
- (4) Tiré des relevés effectués dans le massif des Maures (cèdres de la Bergerie de Ragusse entre autres).
- (5) Vallée du Rhône, Bourgogne, Aquitaine, Centre de la France, marches ouest du Massif central, etc.



H. Gausson définit un mois comme sec si les précipitations exprimées en mm demeurent inférieures au double de la température exprimée en °C (P<2T).

Les meilleures provenances de cèdres pour le reboisement en France méditerranéenne

Michel Bariteau*, Denis Vauthier*, Jean Pommery*, Franck Rei*, Jack Royer** (1)

Avec plus de 20 000 ha de boisements, la France est le troisième pays au monde pour les surfaces de cèdre de l'Atlas, après le Maroc et l'Algérie (184 000 et 38 000 ha respectivement). La provenance est déterminante dans la réussite d'une plantation, c'est pourquoi le cèdre fait l'objet d'un programme d'amélioration génétique...

Depuis une cinquantaine d'années, le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) suscite de plus en plus d'intérêt en tant qu'espèce candidate au reboisement en France méditerranéenne, les forestiers ayant constaté le succès de son introduction au Mont Ventoux (84), et dans le massif du Riassesse (11) (Cointat, 1996). De fait, cette espèce a non seulement la capacité de constituer un écosystème productif dans des milieux pouvant être considérés *a priori* comme difficiles, mais elle a également des qualités écologiques certaines : bonne capacité de régénération naturelle, litière non acidifiante, canopée favorable à l'accueil de l'avifaune, etc. (Du Merle *et al.*, 1978).

Les forêts issues de la restauration des terrains en montagne (RTM) avaient été constituées au XIX^e siècle à partir de matériel venant d'Algérie. Quelles provenances fallait-il par la suite privilégier ? Ne fallait-il pas se tourner vers le cèdre marocain ? Et que valent les provenances françaises « artificielles » dont certaines sont déjà à la 3^e ou 4^e génération depuis leur installation (Fallour, 1998) ?

Plus de 30 ans de recherches

À partir de 1970, l'INRA a donc installé des plantations destinées à comparer les différentes provenances de cèdre de l'Atlas. Les tests ont également été conçus pour comparer le cèdre de l'Atlas avec le cèdre du Liban (*Cedrus libani*), le cèdre de Chypre (*Cedrus brevifolia*) et le cèdre de l'Himalaya (*Cedrus deodara*).

Ces recherches ont permis l'inscription de trois peuplements artificiels français de cèdre de l'Atlas comme matériel forestier de reproduction dit « catégorie testée » ou « étiquette bleue », c'est-à-dire dont les performances ont été reconnues en plantations comparatives (2) (voir paragraphe suivant). Les autres espèces et provenances se sont montrées moins productives et pour certaines peu adaptées (notamment sensibles au gel de printemps). Trois provenances de cèdre du Liban d'origine turque ont également attiré l'attention par leurs très bonnes performances, sur sol calcaire uniquement (croissance

en hauteur, survie).

Des résultats préliminaires sur la croissance, ainsi que sur l'architecture, la résistance aux pucerons, le comportement écophysologique ont été publiés dans le cadre de plusieurs contrats européens (Bariteau *et al.*, 2000 ; Fabre *et al.*, 1999 ; Ladjal *et al.*, 2005...). Ils ne montrent pas de supériorité nette sur le terrain de *Cedrus libani* sur *Cedrus atlantica* et mettent en évidence une très grande variabilité entre les provenances de cèdre du Liban.

En 2004, la Draf (Direction régionale de l'agriculture et de la forêt) du Languedoc-Roussillon, s'inquiétant des répercussions de la sécheresse et de la canicule de 2003 sur les plantations forestières, a souhaité apporter une aide financière à l'INRA pour étudier l'impact de ce phénomène dans les plantations comparatives de l'INRA. L'objectif était de réviser les conseils à donner en matière de reboisement et orienter les aides régionales pour les prochaines années. Cette étude a montré le très grand intérêt de certaines provenances de cèdre du Liban d'origine turque pour le reboisement sur calcaire, en raison de leur

résistance à la sécheresse estivale prolongée (Bariteau *et al.*, 2007). Nous présentons dans ce qui suit les résultats des « anciens tests », notamment sur la sélection des « étiquettes bleues » préconisées actuellement pour le reboisement. Puis, à l'aide de données récentes, nous ferons le point sur l'intérêt potentiel du cèdre du Liban d'origine turque dans la perspective du changement climatique, notamment en prévision de sécheresses estivales prolongées du même type que celle de 2003 et qui pourraient devenir fréquentes à l'horizon 2050.



Des « étiquettes bleues » pour un reboisement réussi

La sélection opérée par l'INRA pour classer les peuplements de cèdre de l'Atlas en catégorie « testée » a porté essentiellement sur deux critères :

- la plasticité, nécessaire en raison de l'hétérogénéité des conditions édaphiques en milieu méditerranéen ;
- la croissance en hauteur, corrélée avec la production de bois, la nécessité de constituer rapidement un couvert pour la protection contre les incendies, et la limitation des interventions de dégagement (en général non

mécanisables).

Trois peuplements sont finalement admis depuis 1987 (Tableau 1).

Les gains pour la croissance en hauteur ont été quantifiés sur la base de la moyenne des gains réalisés sur les trois plantations comparatives d'Oraison (04), Le Trepas (83) et Caunes Minervois (11) installées à l'automne 1977 et au printemps 1978. Les hauteurs totales avaient été mesurées fin 1982, 5 ans après plantation. De nouvelles mesures ont été effectuées en 1990, 13 ans après plantation, et elles ont confirmé le classement des trois peuplements « étiquette bleue ». Les gains présentés dans le Tableau 2 sont calculés par rapport à la moyenne des sept autres provenances françaises présentes dans le test (Rialsesse, Les Alois, La Trouhaude, Marcelly, Saou, Citou, Terney).

De plus, ces trois peuplements sont « plastiques » : les performances ne varient pas sensiblement selon que le sous-sol est calcaire ou acide (schistes). Certaines conditions stationnelles sont cependant à respec-

ter, comme pour toute provenance de cèdre de l'Atlas : éviter les sols compacts non fissurés et les sols hydromorphes ou soumis à des engorgements temporaires, préférer les substrats aérés, etc.

D'autres tests réalisés ultérieurement sur des sites variés ont permis de confirmer les performances de ces trois origines génétiques.

Il y a très peu d'écart de date de débournement entre les différents peuplements français testés dans les essais de l'INRA. Par contre, **ils sont globalement plus tardifs** que *Cedrus libani* (origine Liban) et *Cedrus brevifolia* (origine Chypre). Ces deux dernières origines subissent des dégâts importants en début de printemps, lors des gelées tardives. Les provenances françaises peuvent être touchées par les gelées du mois d'avril mais la croissance est encore à un stade précoce et la pousse terminale se reconstitue très vite par démarrage d'un bourgeon axillaire.

En dehors de la région méditerranéenne, le cèdre de l'Atlas a été testé avec succès, dans des climats

Tableau 2 : Gains réalisés par les peuplements de catégorie « testée » (13 ans après plantation)

Nom du peuplement	Gain sur la croissance en hauteur
Ménerbes	11 %
Mont-Ventoux	9 %
Saumon	16 %

Tableau 1 : Les trois peuplements de cèdre de l'Atlas de « catégorie testée »

Code	Nom	Commune	Forêt	Surface (ha)	Âge (ans)
CAT-PP-01	Ménerbes	Ménerbes (84)	F.C. de Ménerbes	90	55-135
CAT-PP-02	Mont-Ventoux	Bédoin (84)	F.C. de Bédoin	44,9	85-145
CAT-PP-03	Saumon	Digne-Les-Bains (04)	F.D. du Bes	12	60

F.D. = forêt domaniale

F.C. = forêt communale

Voir également les fiches cèdre de l'Atlas et cèdre du Liban extraites des « Conseils d'utilisation des matériels forestiers de reproduction » sur le site Internet du ministère de l'Agriculture à la rubrique « Graines et Plants » :

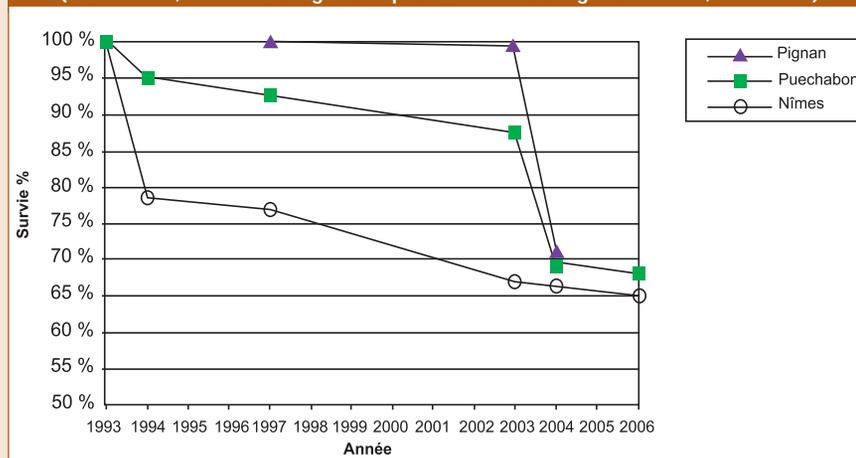
http://www.agriculture.gouv.fr/spip/ressources.themes.foretbois.grainesetplantsforestiers_r757.html

plus humides ou plus froids. Ainsi, dans l'arboretum des Barres (Loiret), il représente une des espèces de conifères les mieux adaptées (Chevalier *et al.*, 1998). Dans ces régions, les différentes origines et provenances de cèdres n'ont cependant pas été évaluées dans des dispositifs de recherche et il n'y a donc pas, pour l'instant, de raison de privilégier dans le reste de la France la catégorie « testée » par rapport à la catégorie sélectionnée : « étiquette verte » CAT900-France (unique région de provenance française qui regroupe 42 peuplements sélectionnés) (3).

Des cèdres du Liban d'origine turque pour faire face au changement climatique ?

Plusieurs plantations comparatives de cèdres ont été réalisées à partir de l'automne 1993 dans des conditions stationnelles difficiles, à l'éta-ge du chêne vert, de façon à sélectionner les espèces et les provenances les plus résistantes au stress hydrique. Les plantations figurant au tableau 3 ont été étudiées suite à la sécheresse et à la canicule de 2003. Elles ont été suivies à nou-

Figure 1 : Évolution de la survie en plantation sur trois sites (*C. atlantica*, *C. libani* d'origine turque et *C. libani* d'origine libanaise, confondus)



veau en 2006 pour évaluer l'impact sur plusieurs années d'un épisode de sécheresse tel que celui de 2003.

L'état de santé des plants a été relevé au cours de l'été 2004 de la façon suivante :

0 : plant sain, 1 : plant jauni dont la survie est compromise, 2 : plant mort suite à la sécheresse 2003 (« squelette » présent, aiguilles au sol), 3 : plant mort avant 2003 (en général déjà noté au cours de mesures précédentes).

La hauteur de chaque plant à Nîmes a été mesurée en 2004, en fin de période de croissance, ainsi que la pousse de la saison de croissance 2004. À Nîmes et Puechabon, la notation d'état de santé a été

reconduite en 2006, la note 2 étant réservée aux plants morts pendant la période 2003-2006. Les plants ont été mesurés sur les deux sites en 2006, en fin de période de croissance.

Le dispositif de Pignan n'a pas été observé en 2006.

La sécheresse de 2003 a provoqué le dépérissement de la cédraie de Puechabon dont la croissance et la survie étaient jusque là particulièrement bonnes. Elle a laissé ce site dans le même état que celui de Nîmes où les conditions sont plus sévères, la sélection s'y étant manifestée plus précocement, dès la plantation.

Dans le cas d'occurrences répétées d'étés du type de celui de

Tableau 3 : Plantations comparatives de cèdres à l'éta-ge du chêne vert, utilisées pour sélectionner les provenances de cèdres les plus résistantes à la sécheresse

Site	Altitude (m)	Substrat	Année de plantation	Provenances testées
Nîmes (30)	150	Calcaire	Automne 1993	7 prov. de cèdre de l'Atlas (France) 8 prov. de cèdre du Liban (Liban) 25 prov. de cèdre du Liban (Turquie)
Pignan (34)	150	Calcaire	Automne 1997	2 prov. de cèdre de l'Atlas (France) 6 prov. de cèdre du Liban (Turquie)
Puechabon (34)	300	Calcaire	Printemps 1994	7 prov. de cèdre de l'Atlas (France) 8 prov. de cèdre du Liban (Liban) 25 prov. de cèdre du Liban (Turquie)

2003, il faudrait donc veiller à une adaptation du matériel végétal en tenant compte des résultats obtenus sur les sites les plus défavorables. Il ne faut donc pas raisonner sur les conditions moyennes des stations, mais sur les effets de seuil exercés par les aléas climatiques.

À Pignan, la station est encore plus difficile qu'à Nîmes (600 mm de pluviométrie annuelle en moyenne), mais les arbres ont été arrosés après plantation puis intensivement entretenus par le propriétaire, ce qui explique une survie proche de 100 % jusqu'en 2003. L'effet « d'écrasement » de l'été 2003 est tout à fait remarquable puisque l'ensemble des trois sites a été ramené dans le même état moyen de survie.

La Figure 2 présente les pourcentages de survie (notes 0 et 1) en 2004 et 2006, selon les origines (sauf pour Pignan, noté seulement en 2004). Finalement, les survies se sont stabilisées après 2004 (voir également Figure 1) : il n'y a pas, pour l'instant, d'impact retardé de la sécheresse de 2003 sur la survie des plants. La récupération des plants est notable entre 2004 et

Site	Survie maximale (provenance)	Survie minimale (provenance)
Nîmes	97 % (Pozanti – Turquie)	44 % (Kammouah – Liban)
Puechabon	89 % (Ermenek – Turquie)	45 % (Maasser – Chouff – Liban)

2006 : sur les deux sites, seulement 6 % des plants notés 1 en 2004 sont morts. 60 % des plants notés 1 à Nîmes en 2004 sont redevenus « sains » en 2006.

Le cèdre du Liban originaire de Turquie apparaît nettement mieux adapté à la sécheresse que le cèdre de l'Atlas et le cèdre du Liban originaire du Liban. Cette dernière origine est la moins résistante, alors qu'elle est soumise à de longues périodes de sécheresse dans son aire naturelle. **Ces résultats prouvent que les essais de terrain sont indispensables pour évaluer la diversité adaptative, les conditions écologiques des peuplements d'origine ne renseignant pas sur les capacités d'adaptation après introduction dans de nouvelles stations.** Les écarts pour la survie entre les provenances sont

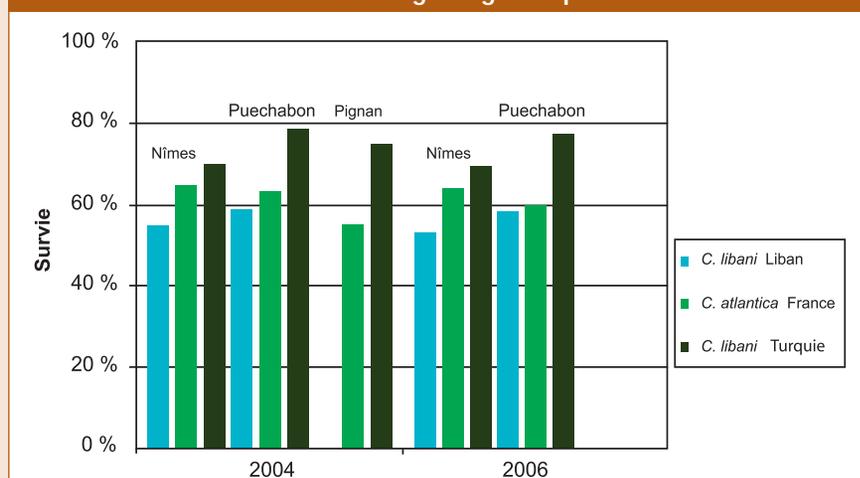
importants (Tableau 4).

En outre, le cèdre du Liban d'origine turque se caractérise par une forte variabilité : survies allant de 53 % à 89 % à Puechabon et de 51 % à 97 % à Nîmes. Les meilleures provenances de *Cedrus libani* de Turquie pour la survie proviennent toutes de la même région en Turquie : l'Est du Taurus (Figure 3). Ce sont également les plus vigoureuses et celles dont la pousse a été la moins réduite pendant la saison 2003. Des résultats déjà publiés montrent que ces provenances sont également résistantes aux gelées de printemps, en raison d'un débourrement tardif (Bariteau *et al.*, 2000). On peut remarquer tout particulièrement la provenance Pozanti qui avait déjà été notée dans les essais anciens de l'Inra pour ses capacités exceptionnelles de résistance à la sécheresse.

Sur sol calcaire, les provenances turques de l'Est du Taurus offrent les meilleures garanties d'obtenir à terme un boisement productif, fermé, et résistant aux épisodes de sécheresse accentuée. La liste des provenances recommandées est la suivante : Düden, Ermenek, Pozanti, Arslanköy (4).

En termes de gains, la présence de la catégorie testée Mont-Ventoux (CAT-PP-02) à Nîmes et Puechabon permet le bilan présenté dans la figure 4, en comparant cette provenance à la sélection turque, composée des quatre provenances citées plus haut. Ce résultat appelle plu-

Figure 2 : Pourcentages de survie en 2004 et 2006 selon les origines génétiques



NB : Le dispositif de Pignan ne contient pas de cèdres originaires du Liban.

Figure 3 : Localisation des 4 provenances sélectionnées en Turquie



sieurs remarques :

- **Il faut bien retenir que les gains obtenus ne sont valables que sur calcaire.**
- À Nîmes, le gain en survie est moins significatif. Cependant le choix exclusif de la provenance Pozanti permettrait, malgré les conditions sévères de sécheresse estivale, l'obtention d'un boisement pérenne, avec un taux exceptionnel de survie proche de 100 % (Tableau 4).
- Les accroissements sont faibles

(de l'ordre de 10 cm/an) : les deux sites sont en limite de possibilité d'utilisation du cèdre ; il est donc conseillé, même pour le cèdre du Liban d'origine turque, de viser des sites plus favorables sur le plan du bilan hydrique.

- Les gains obtenus avec la sélection turque ne sont pas significatifs pour les accroissements annuels en hauteur, par comparaison avec la catégorie testée « Mont-Ventoux ». Malgré tout, les provenances turques de cèdre

du Liban se montrent aussi performantes que les matériels issus d'un des meilleurs peuplements français de cèdre de l'Atlas appartenant à la catégorie testée « étiquette bleue ».

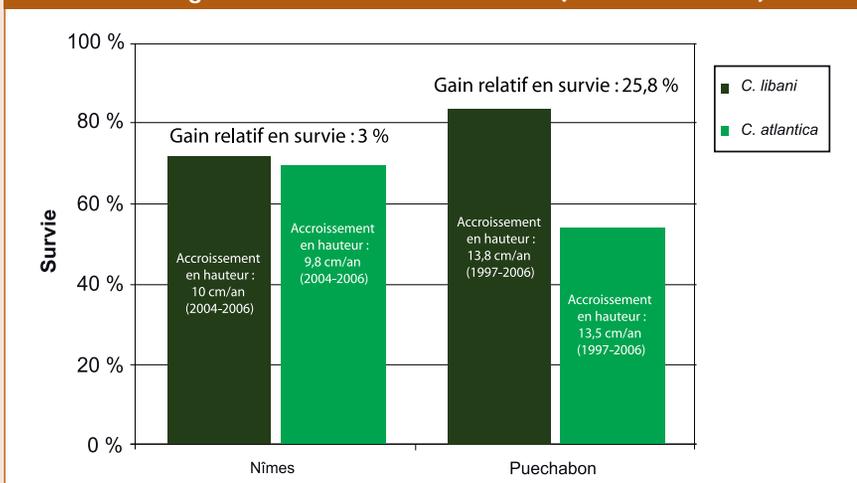
Enfin, **le choix des provenances est capital**, puisque le taux de survie après 13 ans de plantation et un épisode très sévère de sécheresse, peut varier selon les options de 45 % (reboisement compromis à terme ?), à plus de 97 % (très bonne réussite du reboisement, sur le critère de la survie). Cette évaluation ne tient cependant pas compte de l'effet de sécheresses répétées dans le temps. La capacité de récupération des cèdres après la sécheresse de 2003 est toutefois assez rassurante.

Conclusion

Les provenances turques de cèdre du Liban représentent un matériel forestier de grande valeur potentielle pour les zones méditerranéennes **sur calcaire** dans un contexte de changement climatique de plus en plus avéré. Une grande variabilité existe au sein des origines turques et seule une sélection de quatre provenances est recommandée. Ces provenances, tout en étant aussi productives que les « étiquettes bleues » déjà recommandées, offrent une garantie de survie importante pour les reboisements sur stations calcaires exposées aux risques de sécheresses estivales prolongées. La catégorie testée de cèdre de l'Atlas (étiquette bleue) est conseillée dans les stations moins exposées au risque de sécheresse.

Le cèdre de l'Atlas et le cèdre du

Figure 4 : Gains moyens réalisés en survie (notée en 2006) et en accroissement annuel en hauteur par la sélection de provenances turques (*Cedrus libani*), par comparaison avec la catégorie testée « Mont-Ventoux » (*Cedrus atlantica*)



Liban sont soumis aux dispositions du code forestier.

Pour le cèdre de l'Atlas : seules les matériels des catégories testée (étiquette bleue) et sélectionnée (étiquette verte) sont autorisés à la commercialisation en France.

Pour le cèdre du Liban : suite aux résultats de l'INRA, aucune région de provenance n'a été définie en France. Les quatre provenances turques recommandées sont, à ce jour, uniquement commercialisées en catégorie identifiée (étiquette jaune). Les résultats obtenus par l'INRA dans le cadre de cette étude et les conseils qui en découlent permettront notamment à la Draf Languedoc-Roussillon la prochaine mise à jour de la liste des matériels éligibles dans cette région (arrêté préfectoral du Languedoc-Roussillon relatif aux conditions de financement par les aides publiques des investissements forestiers de production).

Les cèdres sont de plus en plus envisagés comme essence de reboisement sur l'ensemble du territoire français. Il conviendrait désormais d'étendre le réseau d'essais comparatifs à d'autres régions d'intérêt, mais aussi dans les zones méditerranéennes non concernées par cette essence jusqu'alors. ■

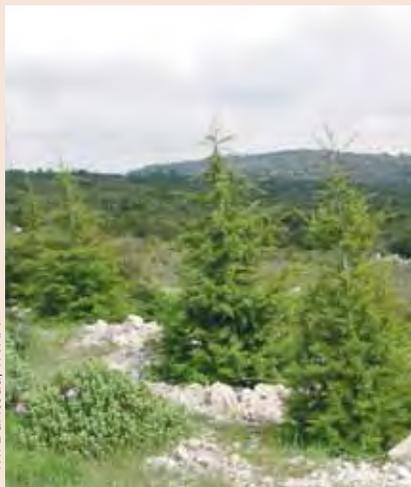
(1) * : INRA Domaine St Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9.

** : Draf Languedoc-Roussillon, ZAC d'Alco, B.P. 3052, 34034 Montpellier Cedex 01.

(2) La supériorité génétique de ces peuplements est jugée sur la performance en plantation comparative des plants qui en sont issus, garantissant ainsi leur intérêt en tant que sources de graines.

(3) Ces peuplements sont dits « sélectionnés », c'est-à-dire jugés sur l'aspect des arbres en place, mais pas sur la supériorité génétique des plants issus de ces peuplements.

(4) Ces peuplements font partie des peuplements répertoriés et récoltés en Turquie. Les pépiniéristes peuvent en principe en disposer. Par ailleurs, il est possible de commander des graines au service forestier turc ou chez les grainetiers.



© M. Bariteau, INRA

Cèdres du Liban d'origine turque à Pignan.

Remerciements

Les dispositifs comparatifs ont été installés avec l'appui des gestionnaires forestiers (ONF, CRPF, DDAF...), de la cellule de recherche en sylviculture et environnement de l'ONF Avignon (ex STIR-ONF), de la pépinière forestière d'Aix-les-Milles (DDAF 13) et des propriétaires privés. Les études sur l'impact de la sécheresse de 2003 ont été financées par la Direction régionale de l'agriculture et de la forêt de Languedoc-Roussillon. Que tous soient remerciés pour leur contribution à ces recherches.

Résumé

Les boisements de cèdre sont de plus en plus courants en France, mais posent la question du choix de la meilleure provenance. L'INRA apporte dans cet article le résultat de ses essais sur le cèdre de l'Atlas et le cèdre du Liban. Le cèdre de l'Atlas « étiquette bleue » a démontré ses qualités et convient même en zones plus froides et plus humides. Le cèdre du Liban de provenance turque se distingue en revanche par sa résistance et sa bonne capacité de récupération à la sécheresse.

Mots-clés : cèdre du Liban, cèdre de l'Atlas, sécheresse, provenances.

Bibliographie

■ **Bariteau (M.), Panetsos (K.-P.), M'Hirit (O.), Scaltsoyiannes (A.), 1999** – Variabilité génétique du Cèdre de l'Atlas en comparaison avec les autres Cèdres méditerranéens. Forêt Méditerranéenne, XX, 4, 175-190

■ **Bariteau (M.), Pommery (J.), Vauthier (D.), 2000** – Adaptation of Cedrus provenances tested in France in comparative plantations In : Panetsos K. (ed) proc. of the final conference of the EU Joint Research Project FAIR CT95-0097, Mytilene, Grèce, 2-6 Juin 2000, 15-19.

■ **Bariteau (M.), Royer (J.), Vauthier (D.), Fady (B.), Pichot (C.), 2007** – Conséquences de la sécheresse et de la canicule de l'été 2003 sur les plantations comparatives gérées par l'I.N.R.A. en Languedoc Roussillon, INRA/ECOFOR. Ed. Quæa (sous presse)

■ **Chevalier (R.), Gilbert (J.-M.), Ginisty (C.), Cemagref Nogent sur Vernisson, ONF Bastia, 1998** – Introduction de conifères – Les enseignements de l'arboretum forestier des Barillons. Ingénieries (13), 29-40.

■ **Cointat (M.), 1996** – Le roman du cèdre. Rev For Fr XLVIII (6), 503-526.

■ **Du Merle (P.), Barbero (M.), Blondel (J.), Cornic (J.E.), Guende (G.), Quezel (P.), Luquet (G.C.), Scotto La Massese (C.), Thimon (M.), 1978** – Le massif du Ventoux. Eléments d'une synthèse écologique. La Terre et La Vie. Supplément n°1. 314 p.

■ **Fabre (J.-P.), Mouna (M.), Du Merle (P.), Benhalima (S.), 1999** – Le point sur certains ravageurs du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord, en France et en Europe. Forêt Méditerranéenne, t. XX (4), 203-218.

■ **Fallour (A.), 1998** – Évolution et structuration spatiale de la diversité du cèdre de l'Atlas sur le Petit Luberon : approches écologique, dendroécologique et génétique. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille III, 152p.

■ **Ladjal (M.), Huc (R.), Ducrey (M.), 2005** – Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability to embolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars. Tree physiology, 25 : p. 1109-1117.

Les problèmes phytosanitaires du cèdre en France

Louis-Michel Nageleisen, Département de la santé des forêts (1)

Cet article présente les dommages et leurs causes observés sur le cèdre en France au cours des dernières décennies, à la lueur d'études réalisées par la recherche forestière (notamment à l'INRA d'Avignon) et des observations du Département de la santé des forêts, en ciblant le propos sur le cèdre de l'Atlas, principale espèce plantée en forêt.

Essence introduite sur tout le territoire, le cèdre « forestier » (cèdre du Liban et de l'Atlas) possède en France un cortège limité de parasites (5 espèces actuellement) qui lui sont inféodés et qui l'ont suivi depuis son aire d'origine. En revanche, certains parasites polyphages à très large répartition sont présents à la fois dans son aire d'origine et dans les lieux où il est introduit. D'autres parasites, spécifiques des essences résineuses européennes, peuvent occasionnellement essayer de coloniser cette nouvelle essence. Enfin, comme toute essence de reboisement, le cèdre est soumis à diverses

contraintes abiotiques (climatiques, pédologiques...) qui peuvent affecter sa vitalité.

Les remèdes aux problèmes phytosanitaires forestiers sont limités. Le principal moyen de lutte reste bien sûr préventif en assurant aux arbres les meilleures conditions de croissance possibles (adaptation à la station, qualité des plants et de la plantation...).

Causes de dommages aux aiguilles

Les insectes mangeurs d'aiguilles (phylophages) sont parmi les prin-

cipaux parasites du cèdre dans son aire nord-africaine.

Si **la processionnaire du cèdre** (*Thaumetopoea bonjeani*) n'est pas présente en Europe, **la processionnaire du pin** (*Thaumetopoea pityocampa*) qui attaque régulièrement le cèdre dans son aire d'origine, est largement répartie sur une grande moitié méridionale du territoire national. Elle peut provoquer des défoliations importantes sur les cèdres. Son cycle est bien connu des forestiers : ponte en été, éclosion dès la fin août donnant des jeunes chenilles qui consomment déjà les aiguilles, hibernation dans des nids soyeux bien repérables, développement jusqu'en fin d'hiver ou début de printemps selon les régions et le climat de l'année, nymphose dans le sol à la suite d'une procession et apparition des papillons qui assureront la reproduction en début d'été. Des défoliations, même répétées plusieurs années de suite, n'entraînent qu'exceptionnellement des phénomènes de dépérissement.

Lutte et prévention : urticante à partir du troisième stade larvaire, la processionnaire du pin fait l'objet de traitement dans les zones de fréquentation par l'homme. Les formulations à base de Bacille de Thuringe sont efficaces dans le cas



Cèdres dépérissants dans le Moyen Atlas (Maroc).

© F.-X. Saintonge



Nid de processionnaire du pin.

d'application précoce en début d'automne.

La tordeuse du cèdre (*Epinotia cedricida*), spécifique de cette essence, est présente en France depuis plusieurs dizaines d'années. Elle a même été décrite en France (exemplaires provenant du Lubéron) avant d'être découverte dans son aire d'origine nord-africaine. Les jeunes chenilles, de très petite taille, apparaissent au printemps et se nourrissent des jeunes aiguilles en formation. Les papillons volent en août après une nymphose au cours du mois de juillet. Sa dynamique se caractérise par des alternances rapides de phase de pullulation et de phase d'endémie sans doute liées à la quantité de nourriture disponible. Elle peut provoquer la destruction totale des aiguilles de l'année et le rougissement complet des arbres attaqués, ce qui induit une perte de vitalité importante.

Une pullulation de **tordeuse du sapin** (*Choristoneura murinana*) a

© L.-M. Nageleisen



Chenille de tordeuse du cèdre.

été observée au cours des années 1987-89 dans une dizaine de cédraies du sud-est de la France dans des milieux plus chauds et plus secs que ceux convenant au sapin (Du Merle *et al.*, 1989). Cependant, depuis, cet insecte ne semble pas avoir causé de nouveaux dommages (aucun signalement dans les données du DSF depuis 1989). Il est cependant à surveiller car ses pullulations sur sapin peuvent être séparées de périodes de latence relativement longues (plus de 10 ans).

Deux espèces de pucerons, *Cedrobium laportei* et *Cinara cedri*, font également partie des insectes du cèdre importés depuis son aire d'origine. *Cinara cedri* est un assez gros puceron dont des colonies abondantes peuvent être observées mais il ne cause pas de dommage aux aiguilles. *Cedrobium laportei* se révèle beaucoup plus dommageable ; les pullulations au niveau des bouquets d'aiguilles provoquent leur rougissement puis leur chute prématurée. Dans des cas extrêmes il a même été observé des mortalités. Les jeunes plantations sont particulièrement sensibles.

Lutte et prévention : la découverte au Maroc d'un hyménoptère parasite de C. laportei : Pauesia cedrobii a permis la mise au point d'une lutte biologique efficace après son introduction en France et son acclimatation réussie dans les cédraies du Sud-Est.

Causes de dommages aux cônes et aux graines

Un hyménoptère chalcidien (*Megastigmus suspectus* var. *pinsapinis*) s'attaque aux graines du

cèdre dans les cônes. L'infestation a lieu au moment de la croissance des ovules dans le jeune cône en formation. L'existence d'une diapause de l'insecte, qui correspond à la période de dormance des graines lignifiées, rallonge la période de développement complet à deux années. Les attaques se caractérisent par des écoulements de résine sur les cônes. Les dommages aux graines sont parfois importants : 70 % des graines peuvent être parasitées. Actuellement, les fructifications irrégulières du cèdre limitent les populations de cet insecte et l'impact économique actuel est nul. Il pourrait cependant devenir un problème sérieux en cas de constitution de vergers à graines.

Une nouvelle espèce (*Megastigmus schimitscheki*), très proche de la précédente, d'origine turque, a récemment été découverte dans les cédraies du Mont Ventoux. Elle fait l'objet d'un programme de recherche de l'INRA pour évaluer son impact et sa capacité à coloniser de nouveaux hôtes (sapin, pin...) (Auger-Rozenberg, Roques, 2002).

Causes de dommages aux pousses de l'année

La tordeuse des pousses du pin (*Rhyacionia buoliana*) peut occasionnellement coloniser le cèdre. Les jeunes chenilles minent les bourgeons et les pousses, ce qui entraîne des déformations de l'axe principal lorsque le bourgeon ou la pousse terminale sont affectés. Cet insecte reste actuellement sporadique en France sur cèdre.

Comme la plupart des essences sous nos climats tempérés, le cèdre peut subir des dégâts dus aux gels

tardifs de printemps, qui peuvent se traduire par la destruction des jeunes pousses, le rougissement de l'extrémité des aiguilles et l'altération des bourgeons de l'extrémité des rameaux.

Des dessèchements de pousses importants ont été constatés au cours des années 1990 dans le sud-est de la France (Ardèche) et en Haute-Loire, induisant un port buissonnant dans les cas extrêmes (Mirault et Regad, 1995 ; Legrand, 2003). Il s'agissait de jeunes plantations sur des sols acides très filtrants dans un contexte de sécheresse durable de 1989 à 1992. Aucun insecte n'a été mis en cause. Les champignons trouvés (*Sclerophoma pityophila*, *Botrytis cinerea*) étaient des parasites d'équilibre ou de blessure, donc n'étaient pas une cause primaire du phénomène. Les analyses de sol réalisées ont mis en évidence **des carences en oligo-éléments, notamment en bore ou en manganèse**. Un même phénomène ayant été décrit dans des dis-

positifs expérimentaux de l'INRA à la fin des années 1970, la visite des parcelles affectées à cette époque a montré qu'en final, une quinzaine d'années après, les conséquences étaient minimales : la majeure partie des tiges a retrouvé, sans intervention, une bonne dominance apicale et un port satisfaisant.

Lutte et prévention : cet épisode traduit en fait la vulnérabilité du cèdre sur substrat acide filtrant et doit inciter les reboiseurs à la prudence dans l'utilisation du cèdre sur ce type de sol (Mirault et Regad, 1995).



Causes de dommages sur le tronc et les branches

Les espèces d'**insectes sous-corticaux** spécifiques du cèdre (coléoptères scolytidés, buprestidés, curculionidés, cerambycidés) sont au nombre de plusieurs dizaines dans son aire d'origine. Certains d'entre eux comme *Phaenops marmottani* (buprestidé) sont la cause de mortalités très importantes (plusieurs centaines de milliers de m³ depuis une vingtaine d'années) dans le Moyen Atlas marocain, dans un contexte de déficit hydrique récurrent. Aucune de ces espèces n'a été introduite en Europe. En France, ce sont plus particulièrement les scolytes du sapin – curvidenté (*Pityokteines curvidens*), spinidenté (*Pityokteines spinidens*), et pityographe (*Pityophthorus pityographus*) – qui sont observés sur cèdre. Occasionnellement ont été relevées également des attaques de sténographe (*Ips sexdentatus*) ou d'érodé (*Orthotomicus erosus*), plus spécifiquement inféodés aux pins. Ces insectes sont toujours des parasites de faiblesse qui ne peuvent

coloniser une tige en bon état physiologique. Par contre, une colonisation se traduit en général par la mort rapide de l'arbre. Deux générations annuelles sont classiquement observées chez ces espèces.

Lutte et prévention : en cas de constat d'une attaque, il faut rapidement intervenir pour éliminer les tiges porteuses d'insectes sous-corticaux en suivant les stratégies classiques d'intervention contre les scolytes.

Dans le cas de jeunes plantations, **le grand charançon du pin** (*Hyllobius abietis*) est susceptible de causer des dommages importants par ses morsures.

Lutte et prévention : l'hylobe doit particulièrement être surveillé en cas de plantation après coupe rase, notamment de pins, dans le voisinage immédiat. En cas de détection, une protection préventive par traitement insecticide s'impose.

Plusieurs champignons lignivores dont certaines espèces sont présentes en Europe (*Trametes pini*, *Fomitopsis pinicola*) provoquent des pourritures importantes du bois dans le Moyen Atlas en Afrique du Nord, dans un contexte d'émondage fréquent par les bergers pour nourrir leur troupeau de moutons ou de chèvres en hiver. Ces champignons ne semblent pas être un souci en France sur cèdre.

En revanche, de multiples signalements de nécroses infectées par le champignon *Sphaeropsis sapinea* ont été réalisés au cours des dix dernières années. Ce champignon peut coloniser les jeunes pousses en élongation mais c'est surtout au niveau de blessures ou de nécroses d'origines diverses (gel, grêle, coup de soleil...) qu'on l'observe. Il est favorisé par les stress hydriques, les étés chauds, les dépôts azotés... Il pourrait prendre une importance



Champignons lignivores.



Cèdre attaqué par le bupreste (*Phaenops marmottani*) dans le Moyen Atlas.

grandissante dans le contexte actuel de changements globaux.

Causes de dommages aux racines et au collet

L'armillaire (*Armillaria spp.*) est le principal parasite signalé sur cèdre en France depuis la création du DSE, en particulier dans des plantations déjà anciennes, de 10 à 30 ans. Parasite de faiblesse, il est souvent associé à des densités de peuplement fortes, des textures de sol filtrantes, un contexte de sécheresse... Il intervient comme facteur aggravant dans des processus de dépérissement plurifactoriel.

Le fomes (*Heterobasidion annosum*) peut coloniser le cèdre. Il est dans ce cas plus associé à des processus de dépérissement dans des jeunes plantations qu'à une pourriture de cœur d'arbres plus âgés.

Lutte et prévention : il faut à ce titre rappeler le risque que représente la plantation de résineux sur un site précédemment occupé par des résineux, notamment des épicéas, déjà colonisés par le fomes.

Les petits rongeurs, essentiellement des campagnols (agreste, roussâtre, terrestre), s'attaquent également aux plantations de cèdre, en particulier lorsqu'elles sont réalisées sur terrain enherbé.

Dépérissement et phénomènes complexes

Un dépérissement important affecte la cédraie du Moyen Atlas depuis une vingtaine d'année. Plusieurs milliers d'hectares sont concernés, en particulier dans la région d'Azrou et d'Ifrane. Un programme plu-

ridisciplinaire sous l'égide de la FAO, analyse actuellement ce phénomène. Le Département de la santé des forêts a été sollicité pour un appui méthodologique et une coopération étroite s'est engagée avec les services forestiers marocains. Aucun phénomène analogue n'a été observé jusqu'à présent en Europe. Les dépérissements constatés en France sont très localisés et très limités en surface. Ils font intervenir la plupart du temps des facteurs climatiques (sécheresse), des problèmes de sol (substrat acide, matériau filtrant, sol limoneux compacté, sol à hydromorphie temporaire...), éventuellement la qualité de la plantation et selon le cas des facteurs biotiques (puceons, insectes phyllophages, scolytes, armillaire...) qui viennent s'ajouter aux autres facteurs et éventuellement contribuer à la mort d'une certaine proportion des tiges.

Conclusion

Essence très en vogue actuellement avec l'annonce du réchauffement climatique, le cèdre peut subir des dommages phytosanitaires non négligeables. L'essence n'étant pas dans son aire d'origine en France, son cortège de parasites reste modeste. Mais le cèdre est proche du sapin d'un point de vue phylogénétique (Du Merle *et al.*, 1989) et on constate que plusieurs parasites autochtones inféodés à d'autres résineux et en particulier au sapin arrivent à bien le coloniser. Leur totale adaptation au cèdre est donc à surveiller. Parallèlement, une grande vigilance reste de mise pour éviter l'introduction de parasites inféodés au cèdre depuis son aire d'origine qui trouveraient des

conditions optimales de développement en France en l'absence d'antagonistes spécifiques dans nos écosystèmes.

Enfin, lors de reboisements, insistons à nouveau sur le soin qui doit être apporté au choix de la station, à la qualité et aux provenances des plants, à la plantation, et par la suite à la conduite des peuplements. ■

(1) Ministère de l'agriculture et de la pêche
Département de la Santé des Forêts - Antenne Spécialisée - Centre INRA de Nancy -54280 CHAMPENOUX

Bibliographie

- **Auger-Rozenberg (M.-A.), Roques (A.), 2002** - Étude d'un nouveau ravageur des graines d'origine turque dans les cédraies du Mont Ventoux. Les Cahiers du DSE, 1-2002 (La santé des forêts France) en 2000 et 2001. Min. Agri. Alim. Pêche Aff. Rur. (Derf) Paris, 125 p.
- **Du Merle (P.), Brunet (S.), Chambon (J.-P.), Cornic (J.-E.), Fabre (J.-P.), 1989** - Colonisation d'un végétal introduit (*Cedrus atlantica*) et de nouveaux milieux bioclimatiques par un insecte phytophage : *Choristoneura murinana* (Lep. Tortricidae). Acta Oecologica- Oecologia applicata.
- **Fabre (J.-P.), Demolin (G.), Du Merle (P.), 1990** - Problèmes entomologiques des cèdres (genre *Cedrus*) en France et en Europe. IUFRO, Proceeding XIX World Congress, Montréal, Canada, p. 513-523.
- **Graf Peter et al. (ouvrage collectif), 1994** - Ravageurs et maladies des forêts au Maroc. Ministère de l'Agriculture et la Mise en Valeur agricole DPVCTRE, Rabat, Maroc, 203 p.
- **Legrand (Ph.), 2003** - Carence en bore de jeunes plantations de cèdre de l'Atlas dans le Massif central. Revue Forestière Française, LV (2), p. 123-128.
- **Mirault (J.), Regad (J.), 1995** - Le dessèchement des pousses du cèdre en Ardèche. La santé des forêts en France (1994). Département de la santé des forêts, ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation (DERF), Paris, p. 34-35.

Tableau de diagnostic des pathologies du cèdre

ORGANES	SYMPTÔMES	AGENT POSSIBLE		
		insectes	champignons	autres
Cônes	perforation, écoulement de résine, galerie pénétrante	<i>Megastigmus spp.</i>		
Bourgeons	perforation, évidement, dessèchement	Tordeuse des pousses du pin		
Aiguilles	marbrures puis jaunissement, rougissement, dessèchement puis chute ; miellat et fumagine	<i>Cedrobium laportei</i>		
	colonies de gros pucerons, miellat et fumagine, peu de jaunissement des aiguilles	<i>Cinara cedri</i>		
	grignotage puis brunissement, chenilles avec nid d'hiver soyeux	Processionnaire du pin		
	grignotage des jeunes aiguilles, brunissement, absence de nid soyeux	Tordeuse du sapin		
	aiguilles perforées à l'automne, rassemblées en fourreau, déjections dans fils soyeux	Tordeuse du cèdre		
	rougissement généralisé en fin d'hiver, début de printemps			Rougissement physiologique
Pousses de l'année	jaunissement, rougissement puis chute des aiguilles anciennes			Carence nutritionnelle
	flétrissement, dessèchement total			Dompage dû au gel
	dessèchement progressif aboutissant à un port buissonnant		Pathogènes d'équilibre	Carence nutritionnelle, substrat acide filtrant
Branches tronc	déformation en baïonnette	Tordeuse des pousses du pin		
	petits chancres multiples localisés sur un côté			Dompage dû à la grêle
	altération, pourriture du bois ; présence de carpophores		Polypores (<i>Trametes</i> , <i>Fomitopsis...</i>)	
	vermoulure rousse, galeries sous l'écorce	Scolytes		
	écorçage par plage avec traces de dent			Rongeurs
Racines collet	écorçage par plage des jeunes plants	Hylobe		
	mycélium blanc sous-cortical en peau de chamois, cordon ; mycélien noir		Armillaire	
Tout l'arbre	écorçage par plage, sectionnement, traces de dent			Rongeurs
	perte progressive d'aiguilles, dessèchement de rameaux et branches, éclaircissement du houppier, descente de cime, mortalité			Dépérissement, causes multiples (station, climat...)
	dessèchement de plants, absence de symptômes particuliers, quelquefois sporophore au collet		<i>Fomes</i> (analyse pathologique nécessaire pour confirmer)	
	dessèchement de pousses, rougissement de branches, nécroses au niveau de blessures du tronc, bleuissement du bois		<i>Sphaeropsis sapinea</i>	

Résumé

Le cèdre originaire de l'Atlas a apporté avec lui quelques insectes parasites. Il est aussi susceptible d'être attaqué par les ravageurs classiques des résineux présents en France. Le cèdre est cependant peu sensible à ces parasites ; par ailleurs, des exemples de lutte biologique peuvent être mentionnés. Cependant, la meilleure protection reste préventive, principalement grâce à l'adaptation de l'essence à la station.

Mots-clés : cèdre, pathogènes, parasites, lutte et prévention.

Réussir un boisement en cèdre de l'Atlas

Philippe Van Lerberghe, ingénieur à l'IDF (1)

Le dépérissement de peuplements de douglas, d'épicéas communs, de pins d'une quarantaine d'années dans le Sud du Massif central (Montagne noire) est un exemple concret qui peut préfigurer l'impact sur les écosystèmes forestiers français du réchauffement climatique. En dehors du bassin méditerranéen, le cèdre de l'Atlas est perçu actuellement comme une essence de remplacement dont les surfaces plantées sont susceptibles d'augmenter dans les prochaines années. Si l'autécologie de cette essence est encore à préciser, le forestier méditerranéen a développé des techniques de reboisement efficaces dont les critères de qualité sont exposés dans le présent article et dont il peut être tiré parti dans d'autres régions.

Le réchauffement global du climat tel qu'il est envisagé par les scientifiques au cours du siècle prochain se traduirait notamment par une augmentation significative des températures, en particulier dans le Sud de la France, par un changement du régime des précipitations avec une aggravation du stress hydrique printanier et estival, et par une augmentation des pluies en période de repos végétatif (pouvant intensifier

les contraintes liées à l'excès d'eau hivernal dans les stations hydromorphes).

Bien que le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) soit connu pour sa résistance à la sécheresse, ces conditions particulières doivent inciter le forestier à privilégier les modes de gestion sylvicoles améliorant la résistance des jeunes plants au stress hydrique et à recourir à des techniques économes vis-à-vis de la gestion de l'eau tout au long du pro-

cessus de régénération artificielle.

Adapter l'essence à la station

Chaque espèce forestière a des exigences écologiques bien définies et tout l'art du boiseur consiste à faire concorder ces exigences avec les caractéristiques du milieu. **En pratique, le diagnostic préalable de la station à boiser doit permettre d'évaluer les facteurs favorables et défavorables aux arbres et se fonde essentiellement sur l'analyse du climat et du sol de la parcelle.**

Dans son aire d'origine (Moyen Atlas au Maroc et Algérie), le cèdre de l'Atlas est installé sous des climats montagnards lumineux et secs. Ceux-ci correspondent au climat méditerranéen supérieur en France, trouvé sur les collines du pourtour de la Méditerranée, principalement entre 300 et 1 000 m d'altitude. Son aire potentielle d'extension concerne surtout les stations relevant des étages du chêne



Plantation de cèdre de l'Atlas de 5 ans (Midi-Pyrénées).

pubescent (2) (supraméditerranéen) et du chêne vert (mésoméditerranéen supérieur). Il peut localement être introduit en versant sud jusqu'à 1 200 m d'altitude (Alpes du Sud, Cévennes, Pyrénées-Orientales). À basse altitude, son introduction doit être limitée à des stations plus fraîches (bonne rétention en eau) sur versant nord ou à sol profond pour compenser la faible pluviosité et une sécheresse estivale souvent supérieure à deux mois.

Le cèdre aime la chaleur et demande des étés chauds, même courts. Les données recueillies au Maroc situent son aire entre 8 et 14 °C de température moyenne annuelle. Les extrêmes thermiques sont généralement bien tolérés par cette essence qui supporte de - 25 °C à 35 °C. Les températures basses peuvent occasionner des jaunissements et des défoliations. Les températures élevées, plutôt inoffensives pour les adultes, peuvent être nocives pour les semis naturels et même les détruire.

Dans ses stations d'origine, il peut recevoir des quantités d'eau de pluie et de neige variant de 600 à 1 500 mm du Moyen Atlas au Rif. Le nombre moyen de mois secs selon Gaussen (3) est de 2 à 4 au Maroc. En France, s'il demande une certaine pluviosité annuelle (600 mm), c'est surtout la pluviosité durant la saison sèche (mai à août) qui est importante pour sa survie et sa croissance. Le cèdre est réputé difficile d'installation car son système racinaire, qui est relativement fragile, doit, durant cette saison, pénétrer assez rapidement en profondeur pour bénéficier de l'humidité que retiennent les couches les plus profondes ; 100 mm d'eau en été serait un minimum (50 à 120 mm au Maroc de juin à septembre). Le cèdre est une essence héliophile

à l'état adulte, mais il est classé parmi les espèces forestières de demi-lumière car il réclame un abri les premières années. Sa réaction vis-à-vis de la lumière varie en fonction de l'insolation incidente. Dans les stations à forte luminosité, les semis naturels se développent à l'abri des semenciers ou des végétaux autochtones ; dans les stations à forte nébulosité, il colonise les places ensoleillées, les semis périssant rapidement sous couvert.

Au point de vue exposition, il a une préférence prononcée, en altitude, pour les adrets ensoleillés et chauds. L'expérience a montré qu'il est possible de le planter en dehors de la région méditerranéenne, là où le climat n'est pas trop froid et humide. Comme presque toutes les essences xérophiles, le cèdre peut être gravement endommagé par un hiver rigoureux. Les trous à gelées lui sont également nocifs.

Le cèdre de l'Atlas est une essence frugale, assez indifférente à la nature chimique des sols. Les peuplements se trouvent, soit sur calcaire

(argilo-calcaire ou marno-calcaire), soit sur des grès marno-schisteux. La constitution physique du sol a un rôle plus déterminant : sa texture et sa structure conditionnent l'économie de l'eau dans le sol (capacité de rétention, point de flétrissement, drainage). Il a une prédilection marquée pour les sols meubles, profonds et drainants car le système racinaire du jeune plant y pénètre aisément et s'y développe rapidement en résistant aux rigueurs de l'été. Il réussit sur les sols caillouteux et accepte les sols arides, même calcaires (éboulis) si la profondeur prospectable par les racines est suffisante. En revanche, il végète sur les dalles et les sols superficiels non fissurés, à moins qu'on les ait défoncés préalablement par sous-solage. L'absence de drainage est néfaste au cèdre qui redoute les terrains mouilleux tels que les sols à molinie, les marnes et argiles compactes et non drainées, asphyxiants pour les racines.

Le vent, par l'influence desséchante qu'il exerce, a une action néfaste

Semis naturels et artificiels

Le climat est le facteur essentiel et déterminant dans la régénération naturelle. Une bonne année de fructification n'induit pas forcément une forte densité de semis naturels. Si la dissémination des graines s'effectue tardivement en raison de la non-concordance des trois facteurs consécutifs nécessaires à la désarticulation des cônes (imbibition, gel, dégel) et si elle est suivie d'une période prolongée de sécheresse, les graines ne pourront pas germer sans humidité.

Le succès du semis naturel est dû à la précocité de la germination et à l'installation des plantules. Il semble que l'action du froid intervienne dans la levée de dormance des graines. Après germination, la plantule développe un long pivot (et assez peu de racines secondaires) pour autant que le terrain soit meuble. Les écarts thermiques sont nocifs : les gelées printanières ainsi que des températures trop fortes (brûlures au collet) détruisent les semis. La sécheresse de la saison estivale constitue une épreuve sélective. Ne pourront subsister que les plantules ayant développé un enracinement assez important pour profiter de l'humidité des couches plus profondes du sol. L'abri latéral de la végétation ligneuse ou semi-ligneuse est toujours favorable, alors que la concurrence herbacée enserrant des plants exposés au soleil est néfaste (manque d'abri, concurrence sévère pour l'eau).

Conditionnée par de nombreux facteurs, la régénération naturelle montre un caractère capricieux et l'on constate des différences de dynamisme d'installation des semis dans des stations où les conditions écologiques semblent analogues. Quant au semis direct, cette méthode présente deux inconvénients majeurs : consommer d'importantes quantités de graines et être trop largement tributaire des conditions climatiques. Elle est aujourd'hui abandonnée.

sur la croissance ; les arbres ainsi exposés sur les crêtes ont une forme en drapeau typique. Les charlis sont assez rares car le cèdre résiste bien grâce à un fort ancrage réalisé par un système racinaire puissant (étendu et ramifié), pivotant et profond. Par contre, les bris de grosses branches sont fréquents.



Choisir un matériel végétal de qualité

Le forestier doit porter une attention particulière au choix du matériel végétal en privilégiant des origines performantes et adaptées à la station mais aussi des plants vigoureux et bien conformés.

Dans les tests réalisés en région méditerranéenne, les plants issus de graines récoltées en France ont en général une meilleure croissance que ceux issus de graines provenant de l'aire naturelle, et cela, quelles que soient les stations (4).

Deux choix sont possibles pour le cèdre de l'Atlas selon les disponibilités en pépinière :

- Le matériel « testé » (étiquette bleue) est issu de l'un des trois peuplements suivants : CAT PP 01 – Ménerbes, CAT PP 02 – Mont-Ventoux et CAT PP 03 – Saumon ; ces peuplements ont montré leur supériorité dans des tests comparatifs.

- Le matériel « sélectionné » (étiquette verte - CAT 900 France) est issu de peuplements choisis uniquement sur leur valeur phénotypique (c'est-à-dire sur leur allure) bien que leur valeur génétique soit inconnue et qu'il n'y ait pas de garantie de transmission de leurs qualités aux descendants.

Dans les années 1970, l'élevage des plants à racines nues prévalait. Cette méthode a été abandonnée



© P. Gontin

Cèdre en godet anti-chignon à paroi pleine : volume de 400 cm³, section carrée, paroi rainurée verticalement, fond ouvert.

compte tenu de nombreux échecs liés principalement aux conditions de réalisation de la plantation : arrachage peu précautionneux des plants en pépinière aboutissant à des mutilations graves du pivot, délai trop long entre l'arrachage et la mise en place sur chantier, responsable d'un dessèchement trop important des racines, échauffement des plants durant le transport et le stockage sur chantier, insuffisance des précipitations survenant après plantation.

Aujourd'hui, la quasi-totalité de la production française (99 % en 2003/04) se fait dans des conteneurs préformés en matière plastique (polyéthylène ou polystyrène) qui assurent une protection efficace du système racinaire jusqu'à la mise en place finale du plant (Photo ci-dessus). Le végétal est planté avec sa motte après enlèvement préalable du godet. Le plant en conteneur offre de meilleures garanties de reprise, car le système racinaire ne subit aucune mutilation et le végétal supporte mieux une exposition à la chaleur sur chantier, le dessèchement interve-

nant moins rapidement.

Dans le commerce, on trouve plusieurs types de plants forestiers : 1+0G, 1+1G, 2+0G (5). Un beau plant de cèdre est un petit sujet devant mesurer au moins 11 cm de haut et 3 mm de diamètre au collet, après une année de croissance. Les plants de deux ans sont fortement déconseillés car les risques sont élevés de constater des enroulements racinaires risquant d'entraîner des étranglements du pivot.

Pour obtenir un système racinaire bien ramifié et sans déformation, le cèdre doit être élevé dans un godet d'au moins 400 cm³ de volume ; les dimensions usuelles sont 17-25 cm de long et 5-7 cm de diamètre pour une section minimale de 20 cm². Pour les conteneurs à parois pleines, l'effet anti-chignon est obtenu par des rainures ou reliefs amenant les racines à se développer vers le fond ouvert du récipient ; au contact de l'air, les extrémités racinaires arrêtent leur croissance (auto-cernage). Les stries verticales que présentent les parois (dièdres, voir photo) du conteneur en forme de WM évitent aussi l'enroulement racinaire (section du conteneur développé par A. Riedacker de l'INRA). Pour les conteneurs à parois ajourées, l'auto-cernage concerne toutes les racines latérales qui émergent de la motte



© CRPF Paca

Godet Riedacker à section WM.

au niveau des jours du conteneur, à condition qu'il n'y ait pas de contact étroit entre les parois des godets contigus.

Bien préparer le terrain

Un nettoyage préalable du terrain vise à donner le maximum de chances de survie aux plants de cèdre. La végétation ligneuse ou semi-ligneuse est enlevée en totalité, ou par bandes lorsque l'on veut procurer un abri latéral aux plants durant les premières années. On a souvent recours au broyage qui laisse sur le terrain des débris végétaux susceptibles d'évoluer en humus. En région méditerranéenne, on évite ainsi l'exportation de matière organique qui fait si souvent défaut. La concurrence herbacée enserrant des plants exposés au soleil est très néfaste et doit être contrôlée par désherbage chimique. Après nettoyage de la végétation, le sous-solage est conseillé sur



Sur pente forte (jusqu'à 60 %), l'ouverture de potets se fait au godet de 50 litres monté sur pelle araignée.

sol peu profond ou mal fissuré. Il conditionne le succès de la plantation, particulièrement en région méditerranéenne où les conditions écologiques sont difficiles. Il s'agit de garantir le bon développement du système racinaire des plants par dislocation du substrat, d'accroître les possibilités nutritionnelles et de favoriser l'ancrage futur des arbres. Ce travail du sol en profondeur (entre 50 et 80 cm) est réalisé sur toute la surface à reboiser ou limité aux futures bandes de plantation préalablement dégagées de leur végétation spontanée. Afin d'obtenir un véritable éclatement du substrat, il est nécessaire d'intervenir en saison sèche. Ce travail est éventuellement complété par le passage d'autres engins mécaniques d'affinage du sol (covercrop, chisel).

On peut aussi se limiter à une préparation partielle et localisée du sol. Il s'agit de creuser des trous ou potets de dimensions variables (trous cubiques de 30 cm d'arête) sur l'emplacement futur du plant, après décapage de la végétation en place sur 1 m de diamètre. La terre est ameublie à la pioche (on parle de « potet pioché »), les plus grosses pierres ($\text{Ø} > 7$ cm) et racines ($\text{Ø} > 1$ cm) sont enlevées. Lorsqu'une dimension supérieure à 30 x 30 x 30 cm s'avère nécessaire, l'ouverture des trous s'effectue mécaniquement au godet sur pelle hydraulique (photo ci-contre) voire à la tarière à condition de ne pas lisser les parois du potet. Cette technique est de moins en moins utilisée sur terrain plat où le sous-solage est toujours préférable. On limite son emploi à des reboisements en conditions difficiles (terrain accidenté, pente forte, présence de souches ou d'un enrochement).

Préserver l'humidité des mottes



Cèdres en godets forestiers conditionnés en cagette de bois avant transport.

En pépinière, les plants sont conditionnés en cagettes bois (photo ci-dessus), caisses plastiques ou livrés en plaques de culture par camions aménagés à étagères de façon à ne pas endommager les bourgeons terminaux. Il est capital que la fraîcheur soit préservée durant le transport et l'attente sur le chantier avant plantation. Le délai d'entreposage doit être le plus court possible.

Dès réception des plants, les caisses sont stockées à l'extérieur, dans un lieu ombragé, frais et à l'abri du vent. Si les plants sont entreposés à l'intérieur (hangar, cave), ce lieu doit être aéré et éclairé. Il ne faut jamais laisser les plants dans l'obscurité plusieurs jours consécutifs. Par ailleurs, la motte des plants doit toujours être maintenue humide, en arrosant le cas échéant. Cela est d'autant plus important que les substrats utilisés (à base de tourbe) sont difficiles à réhumecter une fois secs.

Planter en automne

En zone méditerranéenne, les plantations précoces d'automne donnent en général les meilleurs résultats. En effet, les sujets mis en place dès septembre ont la possibilité de s'enraciner avant l'hiver. Même s'ils sont aoûtés, et si la croissance de la partie aérienne est terminée, le système racinaire poursuit son développement tant que la terre est encore chaude (les seuils de température permettant l'allongement des racines se situeraient entre 2 et 4 °C). De plus, le redémarrage des plants est plus rapide dès les premières chaleurs du printemps. On évitera de planter durant les périodes de vent desséchant (mistral, tramontane) et on attendra que se déclenchent les grosses pluies afin de ne pas risquer un dessèchement racinaire à partir d'un sol initialement trop sec. On pensera toujours à laisser le temps au sol de se tasser après une préparation profonde par sous-solage car elle crée des poches d'air préjudiciables aux jeunes racines (dessèchement). En cas de pluies d'automne insuffisantes pour tasser le sol, il est vivement conseillé de laisser reposer le terrain durant une année avant de planter.

En région plus tempérée et humide, une plantation durant l'hiver augmente le risque de déchaussement des plants par l'action combinée du gel et du dégel. Les plants en conteneurs y sont très sensibles. Une plantation de printemps doit s'envisager dans les climats à l'arrière-saison courte et hivers rigoureux à condition que le sol ressuyé se soit réchauffé (température > 4 °C) et que le retour des grands froids ne soit plus à craindre. En cas

de stockage des plants sur chantier par temps de gel, les mottes risquent de geler intégralement, provoquant la destruction des racines.

Planter à moyenne densité

Le choix de la densité de plantation est particulier à chaque cas et doit prendre en compte un certain nombre de facteurs objectifs : la station (rigueur du climat, ingratitude du sol, vigueur de la végétation adventice), la présence de gibier et les objectifs propres du forestier. On plantera plus espacé sur station ventée (pour diminuer les risques de chablis à terme) ou sur sols à faible capacité de rétention en eau. De même, sur forte pente, un écartement plus grand diminuera le nombre d'éclaircies coûteuses car difficiles à réaliser. Par contre, en cas de présence abondante de petit gibier (lapin, lièvre) et de chevreuils, auxquels le cèdre est très sensible, on a sans doute intérêt à prévoir un surplus de plants pour compenser les pertes possibles, à moins de poser des protections coûteuses.

Le cèdre a tendance à développer de grosses branches latérales. Si l'écartement entre lignes de plants est important (supérieur à 4 m), les arbres deviennent fortement branchus, les branches sèches restent très longtemps sur l'arbre et l'élagage artificiel est indispensable si l'on veut éviter la seule production de bois de charpente. On préconise actuellement de planter à des densités entre 1 100 et 1 500 plants/ha pour les peuplements de production traités en futaie régulière et réservés aux bonnes stations. Dans les boisements de protection réalisés dans les secteurs méditerra-

néens à haut risque d'incendie, on cherche la fermeture rapide du couvert afin de protéger de l'érosion un sol fragile et de limiter la prolifération d'un sous-bois combustible ; la densité initiale doit être élevée, proche de 2 500 plants/ha. La largeur des interlignes conditionne la mécanisation des entretiens. Si les dégagements sont programmés, l'écartement entre lignes de plants doit être supérieur à 3,5 m pour faciliter le passage de tracteurs équipés d'un gyrobroyeur et minimiser le risque d'abîmer une forte proportion d'arbres. Planter à plus de 4 m d'interligne (par exemple, 2 m x 4,5 m) pourra s'envisager dans le cas d'un reboisement dans la garrigue de chêne kermès sur sol calcaire ou dans le maquis de bruyère sur sol cristallin à condition de maintenir une ceinture de végétation ligneuse déjà existante qui protégera la future ligne de plantation préalablement décapée sur 2 m de large.

Soigner la mise en place

À la plantation, le conteneur sera enlevé sans briser la motte pour respecter le chevelu racinaire ; il ne sera ni abandonné, ni brûlé, ni enterré sur le chantier. La mise en place du plant devra être soignée en veillant à assurer un contact parfait entre la motte, le fond du trou et les parois verticales de la cavité de plantation.

Dans les sols non mécanisables, la plantation s'effectue dans le potet pioché ; la profondeur de la cavité doit excéder au moins de 5 cm la longueur de la motte. Sur sol travaillé, il suffit d'ouvrir un trou de dimensions adaptées au volume de la motte du plant. La forme iden-

tique du potet et de la motte racinaire évite alors beaucoup de travail au planteur puisqu'il n'est plus obligé de combler chaque trou. Dans tous les cas, la partie supérieure du substrat sera recouverte de 2 à 5 cm de terre (par refoulement au pied) pour éviter sa dessiccation par effet mèche. Un tassement après plantation est à proscrire car cela détruirait les racines blanches en croissance dans le substrat, celles-là même qui pénètrent rapidement le sol.



© Ph. Van Lerberghe

Un film bioplastique de paillage en bande est un dispositif efficace pour la lutte contre la concurrence herbacée.

Lutter contre la concurrence herbacée

Le cèdre est très sensible à la concurrence herbacée. Après plantation, cette végétation naturelle manifeste souvent de la vigueur, elle repousse assez rapidement et exerce donc une concurrence sévère à l'égard des jeunes cèdres, soit en leur masquant la lumière, ce qui entraîne l'étiollement des plants, soit en les privant d'une partie des réserves en eau du sol.

Les trois premières années, il est essentiel de supprimer ces adventices au pied des plants si on veut une bonne croissance juvénile. On a le choix entre le désherbage chimique et le paillage des plants. Le binage manuel reste possible mais il est coûteux. Le traitement phytocide est possible au moyen de Gardenurs. Cette spécialité commerciale à base de propyzamide et d'oxyfluorène doit être utilisée en localisé. La protection des jeunes plants peut aussi être assurée par la pose au pied du plant d'un film de paillage plastique (50 microns d'épaisseur) ou biodégradable (120 à 140 microns), de 80 à 100 cm de large, éventuellement enterré sur

les bords pour résister à l'arrachement par le vent (photo). Lorsque les plants sont peu espacés sur les lignes, le paillis peut être posé en bandes par une pailleuse agricole classique, pour autant que la surface travaillée ne soit pas trop accidentée. Quant à la végétation préexistante qui aura été laissée en vie sur les interbandes, un certain affaiblissement par débroussaillage ou broyage peut s'avérer nécessaire (sans la détruire complètement). ■

(1) *Suf IDF - CNPPF, Maison de la Forêt, 7 chemin de la Lacade, 31320 Auzeville-Tolosane, tél. : 05 61 75 45 00, fax : 05 61 75 45 09, courriel : philippe.vanlerberghe@cnppf.fr*

(2) *Les exigences écologiques du cèdre de l'Atlas sont voisines de celles du chêne pubescent : c'est une bonne essence de reboisement dans toute l'aire de cette espèce.*

(3) *Selon Gaussen, le mois est sec si sa pluviosité moyenne en mm est inférieure au double de sa température moyenne en °C.*

(4) *On se référera à l'article de Bariteau et coll. dans ce dossier pour plus de détails.*

(5) *Le premier chiffre correspond au nombre d'années passées à l'état de semis ; le deuxième chiffre est le nombre d'années après repiquage. G = godet.*

Remerciements

Le présent article a bénéficié de l'expérience d'Etienne Montagne (Cofogar), de Luc Bouvarel, Philippe Thévenet, Antoine Delarue et Jean Pierre-Ortisset (CRPF Midi-Pyrénées), de Philippe Riou-Nivert et Sabine Girard (IDF). Qu'ils en soient remerciés.

Résumé

Dans le contexte actuel du réchauffement climatique, le cèdre de l'Atlas est perçu, en dehors de la région méditerranéenne où il fut introduit dès le XIX^e siècle, comme une essence de remplacement pouvant se substituer à certaines essences déperissantes. Bien que le cèdre soit connu pour sa résistance à la sécheresse, sa régénération artificielle doit mettre en œuvre des techniques forestières économes en eau. La réussite d'une plantation implique une bonne adéquation de l'essence à la station, un travail du sol favorable à une pénétration racinaire rapide en profondeur pour bénéficier de l'humidité du sol, l'élevage des plants en godets anti-chignon propices au développement de racines ramifiées et sans déformation, le maintien constant de l'état de fraîcheur de la motte d'élevage depuis la pépinière jusqu'à la mise en terre, la plantation soignée pour réduire tout risque de dessiccation du plant, le contrôle actif de la végétation herbacée concurrentielle pour l'eau.

Mots-clés : Cèdre de l'Atlas, reboisement, régénération artificielle, plantation.

Exemples d'itinéraires de boisement en cèdre sur terrain agricole en Midi-Pyrénées

Nature et définition sommaire des travaux	Unité	Prix unitaire HT	Quantité/ha	Prix HT		Année	Mois
				Itinéraire 1	Itinéraire 2		
Travaux de préparation							
Fourniture de phytocide à base de glyphosate	l	12 €	5	60 €		n-1	mai
Désherbage chimique : en plein, avec matériel porté par tracteur à roues	ha	85 €	1	85 €		n-1	mai
Déchaumage : en plein, par passage simple de covercrop	ha	90 €	1		90 €	n-1	sept.
Sous-solage à 55-70 cm : sur futures lignes de plantation	ha	200 €	1	200 €	200 €	n-1	sept.
Affinage après travail du sol : en plein (covercrop)	ha	90 €	1	90 €	90 €	n-1	sept.
Piquetage lors de la mise en place : alignement simple	ha	65 €	1	65 €	65 €	n-1	oct.
Sous-total préparation				500 €	445 €		
Travaux de plantation							
Fourniture de plants de cèdre de l'Atlas : 1-0 G, 400 cm ³	unité	1,10 €	1 250	1 375 €	1 375 €	n-1	nov.
Fourniture de film plastique (50 microns)	m lin.	0,22 €	2 500		550 €	n-1	nov.
Pose du paillis : en bandes	m lin.	0,20 €	2 500		500 €	n-2	nov.
Plantation (2 m x 4 m) manuelle, en terrain travaillé	unité	0,45 €	1 250	563 €		n-1	nov.
Mise en place de plants (2 m x 4 m) manuelle, sur paillis	unité	0,55 €	1 250		688 €	n-1	nov.
Sous-total plantation				1 938 €	3 113 €		
Travaux d'entretien indispensables sur 4 ans							
Fourniture de phytocide à base de Propyzamide + Oxyfluorène	kg	88 €	2	176 €		n	janv.
Épandage chimique localisé sur lignes : en plein avec tracteur	ha	90 €	1	90 €		n	janv.
Entretien des interlignes aux disques agricoles : en plein	ha	75 €	1	75 €	75 €	n	mai
Fourniture de phytocide à base de Propyzamide + Oxyfluorène	kg	88 €	2	176 €		n+1	janv.
Épandage chimique localisé sur lignes : en plein avec tracteur	ha	90 €	1	90 €		n+1	janv.
Entretien des interlignes aux disques agricoles : en plein	ha	75 €	1	75 €	75 €	n+1	mai
Fourniture de phytocide à base de Glyphosate	l	12 €	1,2	14 €		n+2	avril
Épandage chimique localisé sur lignes : en plein avec tracteur	ha	140 €	1	140 €		n+2	avril
Entretien des interlignes aux disques agricoles : en plein	ha	75 €	1	75 €	75 €	n+2	mai
Entretien des interlignes aux disques agricoles : en plein	ha	75 €	1	75 €		n+3	mai
Entretien manuel : de rattrapage, sur lignes	ha	250 €	1	250 €		n+3	mai
Sous-total des entretiens année n à n+3				1 236 €	225 €		
Total général sur 4 ans				3 674 €	3 783 €		

D'après le « Catalogue d'itinéraires technico-économiques de référence pour le boisement de terres agricoles en région Midi-Pyrénées ». Groupe de travail CRPF/Draf/FRCF/IDF/IF - Cniefeb/ONF. Actualisation des prix 2006-07 : Cofogar.

En savoir plus

Bariteau (M.), Courbet (E.), Ducrey (M.), Dreyfus (P.), 1993. *Faut-il boiser en région méditerranéenne ?* Forêt-entreprise n°93, 18 p.
Bourdenet (Ph.), 1977. *Enquête sur le cèdre en Languedoc-Roussillon et possibilité d'extension.* Mémoire Enitef ; CTGref Aix-en-Provence, 100 p.
Bouvet (P.), 1984. Les techniques d'introduction du cèdre : bilan de quelques plantations réalisées dans le Var, le Vaucluse et le Gard. Mémoire Enitef, 89 p.
Cemagref, 1988. Guide technique du forestier méditerranéen français. Cemagref.
Putod (R.), 1974. Le cèdre dans la région Provence-Côte d'Azur. BVF ; InterCetef, 6, p. 33-76.
Toth (J.), 1980. Le cèdre - III. Elevage des plants en pépinière, reboisement, régénération naturelle. La Forêt Privée, 132, p. 41-47.
Toth (J.), 2005. Le cèdre de France : étude approfondie de l'espèce. L'Harmattan. 207 p.
Van Lerberghe (Ph.), 1999. Cèdre de l'Atlas (3 fiches). In Catalogue d'itinéraires technico-économiques de référence pour le boisement de terres agricoles en Région Midi-Pyrénées. IDF, 65 p.

La production de plants de cèdre en France

Entretien avec Vincent Naudet par Sabine Girard, IDF

Vincent Naudet est président du syndicat national des pépiniéristes forestiers (SNPF). Il a accepté de répondre ici à nos questions sur la production et la disponibilité en plants de cèdre français.

Forêt-entreprise : Quelle est l'importance du marché des plants de cèdre en France ?

Vincent Naudet : En France, 99 % des plants de cèdres vendus aux forestiers sont des cèdres de l'Atlas (*Cedrus atlantica*).

Selon les statistiques du ministère de l'Agriculture, environ 300 000 cèdres ont été vendus l'année dernière, ce qui représentait un peu moins de 5 % des plants commercialisés dans le pays et plaçait l'espèce en 23^e position des ventes. C'est un marché en augmentation depuis 2002 (voir graphique).

FE : En 2005/2006, les pépiniéristes n'ont pu fournir la totalité des plants demandés ; quelle est la situation cet hiver ?

V.N. : Malheureusement, nous nous

trouvons cette année dans la même situation. Les faibles quantités de semences récoltées et leur qualité moyenne sont à l'origine de cette pénurie. La récolte de graines a en revanche été bonne en 2006, ce qui laisse présager d'une production satisfaisante en 2007/08.

FE : D'où viennent les plants vendus en France ?

V.N. : Tous les plants forestiers vendus dans le pays sont produits en France. La moitié est vendue sous étiquette verte (catégorie sélectionnée), l'autre sous étiquette bleue (catégorie testée).

Les plants vendus avec une étiquette verte proviennent de graines récoltées dans des peuplements sélectionnés qui appartiennent à l'unique région de provenance

française CAT900-France.

Ceux qui sont vendus avec une étiquette bleue sont issus des graines récoltées dans l'un des 3 peuplements testés du Sud-Est : Ménerbes, Mont Ventoux ou Saumon. Les scientifiques ont montré qu'en région méditerranéenne, les plants étiquette bleue présentent une supériorité de croissance. Ils peuvent également être utilisés ailleurs ; leur supériorité n'y a simplement pas été démontrée.

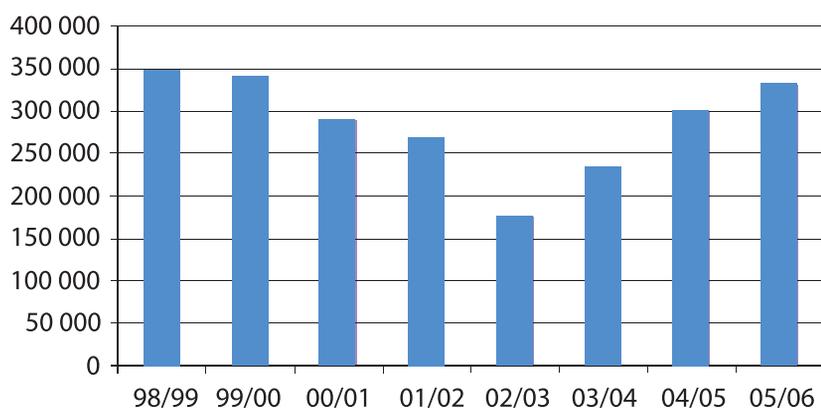
FE : Comment bien choisir un plant de cèdre ?

V.N. : Choisir un plant jeune – âgé de 1 an ou 2 ans maximum – élevé dans un godet anti-chignon d'au moins 400 cm³ de volume, mesurant au moins 11 cm de haut et 3 mm de diamètre au collet. Par ailleurs, un bon plant présente plusieurs ramifications.

FE : Y-a-t-il des précautions particulières à prendre au moment de la plantation ?

V.N. : Comme pour toute plantation en godet, il faut veiller à bien enfoncer la motte et à la recouvrir d'un peu de terre en formant une cuvette autour du collet pour favoriser l'humectation de la motte. Rappelons que les sols asphyxiants mal drainés et argileux ne conviennent pas au cèdre. ■

Évolution des ventes en France de plants de cèdre de l'Atlas



Source : Ministère de l'Agriculture.

Croissance, production et conduite des peuplements de cèdre de l'Atlas

François Courbet*, Jean-Marc Courdier**, Nicolas Mariotte* et Florence Courdier* (1)

La sylviculture du cèdre en région méditerranéenne bénéficie de plusieurs décennies de recherches et d'expérimentations. Les résultats acquis et l'amélioration des connaissances relatives à la conduite des peuplements dans le sud de la France encouragent à étendre l'aire de production du cèdre moyennant certaines précautions.

De puis les premières introductions forestières dans les années 1860 dans le Vaucluse et dans l'Aude, le cèdre de l'Atlas s'est largement étendu, soit par régénération naturelles, soit par plantation, jusqu'à couvrir un peu plus de 20 000 ha (2). Le cèdre a donc été largement favorisé par l'action des gestionnaires forestiers du fait de ses nombreux atouts. Parmi ceux-ci figurent en bonne place une productivité intéressante et une bonne qualité des produits, attestée par des prix de vente plus élevés que ceux des autres essences du pourtour méditerranéen. Le cèdre atteint souvent des prix deux fois supérieurs à ceux du pin noir des mêmes massifs, toutes autres conditions égales par ailleurs.

Le cèdre est aussi relativement tolérant à la sécheresse. S'il reste largement cantonné aux départements du pourtour méditerranéen entre 400 et 800 m d'altitude, les perspectives de changement climatique, à l'échéance d'une génération d'arbres forestiers (80-100 ans), renforcent son intérêt pour les autres régions françaises. À la lumière de l'expérience acquise

dans le sud de la France et dans une perspective d'une plus large utilisation de l'espèce, il nous paraît important de donner quelques éléments sur sa croissance, sa production et la sylviculture qu'on peut lui appliquer.

Croissance et production

L'Unité de recherches forestières méditerranéennes (URFM) de l'INRA d'Avignon suit une quinzaine de placettes semi-permanentes installées dans des peuplements d'âges variés. La plus ancienne a été mise en place en 1923 par l'École nationale des eaux et forêts. Depuis 1990, et pour répondre aux besoins récents en matière de modélisation, des dispositifs expérimentaux comparant des sylvicultures volontairement tranchées ont été installés. Ils ont permis de récolter des premières données complémentaires dans des situations s'écartant radicalement de la sylviculture traditionnelle observée, et qui vont de l'absence d'intervention à la croissance « libre » où les arbres ne subissent que la concurrence des strates herbacée et arbus-

Tarif de cubage

959 arbres ont été cubés par l'URFM dans des placettes suivies régulièrement et 672 par l'IFN à l'occasion de ses passages successifs. Un tarif de cubage à deux entrées (diamètre à 1,30 m et hauteur totale) a pu être construit sur l'ensemble des 1 631 tiges. Ce tarif donne le volume commercial tige sur écorce arrêté à la découpe 7 cm de diamètre (Courbet, 1991). Il a été ensuite adapté pour fournir le volume à la découpe 14 cm pour les arbres de 25 cm de diamètre et plus. Ce tarif est désormais utilisé par l'ONF (Tableau 1).

Courbes de croissance en hauteur dominante

Un faisceau de courbes de croissance en hauteur dominante a été construit à partir d'analyses de tiges prélevées dans dix-sept peuplements suivis ou caractérisés par l'INRA d'Avignon et cinq peuplements repérés et mesurés par le Cemagref d'Aix-en-Provence. De ce faisceau initial couvrant une large gamme de fertilité a été extrait un faisceau d'amplitude plus restreinte composé de quatre classes, de fertilité moyenne à bonne, correspondant aux besoins de l'ONF (Figure

Tableau 1 : Tarif de cubage à deux entrées pour le cèdre de l'Atlas en France

Volume commercial tige sur écorce (m³) arrondi à la découpe 7 cm de diamètre pour les arbres de moins de 25 cm de diamètre, 14 cm pour les arbres de 25 et plus

		Hauteur totale (m)																				
		4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34			36	38	40
Diamètre à 1,30 m (cm)	10	0,02	0,02	0,03	0,03																10	
	15		0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21												15
	20			0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,29	0,34	0,39	0,45										20
	25				0,20	0,24	0,28	0,33	0,38	0,44	0,51	0,58	0,65	0,73	0,81							25
	30					0,34	0,40	0,47	0,55	0,63	0,72	0,82	0,92	1,03	1,15	1,27	1,40					30
	35						0,55	0,64	0,74	0,84	0,96	1,08	1,21	1,35	1,50	1,66	1,82	2,00	2,18	2,37		35
	40							0,71	0,82	0,95	1,08	1,22	1,37	1,53	1,71	1,89	2,08	2,27	2,48	2,70	2,93	40
	45								1,18	1,34	1,52	1,70	1,89	2,09	2,31	2,53	2,77	3,01	3,27	3,54		45
	50									1,64	1,84	2,06	2,29	2,52	2,77	3,03	3,31	3,59	3,89	4,20		50
	55										2,21	2,46	2,72	3,00	3,29	3,59	3,90	4,23	4,57	4,92		55
	60											2,90	3,20	3,52	3,85	4,19	4,55	4,92	5,30	5,70		60
	65												3,39	3,73	4,09	4,46	4,85	5,25	5,67	6,10	6,55	65
70													3,93	4,31	4,72	5,13	5,57	6,02	6,48	6,97	7,46	70

1). Chaque classe est caractérisée par la hauteur dominante du peuplement atteinte à 100 ans, qui varie de 20 à 35 mètres par pas de 5 mètres (Figure 1).

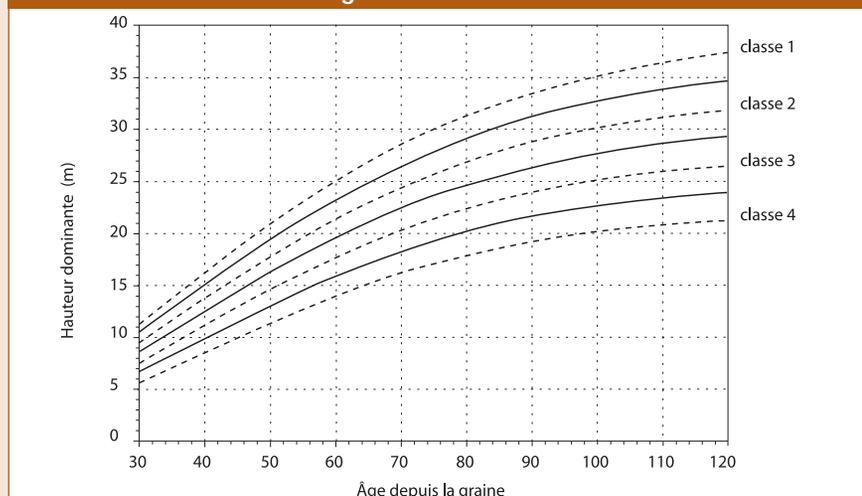
Production

Les chiffres de production en surfa-

ce terrière et en volume sont tirés du modèle de croissance établi par l'INRA. Une décote de 20 % a été appliquée pour tenir compte des inévitables pertes de production dues aux trouées et purges. La production totale varie donc de 621 à 1 466 m³/ha pour un âge d'explo-

tabilité allant de 100 à 120 ans selon les classes de fertilité, ce qui donne un accroissement moyen compris entre 5,2 et 14,7 m³/ha/an. Les meilleures productivités sont constatées sur roche-mère siliceuse, en général du schiste.

Figure 1 : Classes de fertilité utilisées par l'ONF pour le cèdre de l'Atlas en région méditerranéenne



Les 4 classes sont repérées par la hauteur dominante atteinte à 100 ans (20, 25, 30 et 35 m). On peut déterminer la classe de fertilité d'un peuplement en connaissant son couple hauteur dominante/âge. La hauteur dominante est la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare (sur une placette représentative de n ares, on peut, en première approximation, faire la moyenne des hauteurs des n plus gros arbres). Pour avoir l'âge depuis la graine, ajouter l'âge des plants à l'âge de la plantation.

Sylviculture

Plantation

Il n'est question ici que de la densité de plantation. Les autres éléments (préparation du sol, plants, entretiens...) font l'objet d'un autre article dans ce même dossier (Van Lerberghe, p 32). Rappelons toutefois que le sous-solage ou la création de potets à la pelle mécanique reste indispensable au moins en région méditerranéenne pour assurer un bon taux de survie et la bonne croissance ultérieure des plants.

Comparées à celles d'autres essences, les plantations de cèdre présentent, après quelques

années, une forte hétérogénéité des dimensions des arbres, aussi bien sur substrat calcaire que siliceux. Une explication possible vient de son enracinement pivotant dont la mise en place permet à l'arbre d'explorer rapidement le volume de sol prospectable, quelle que soit son importance. De ce fait, les variations locales de profondeur du sol et de fertilité se reflètent assez vite dans la croissance du système racinaire qui conditionne à son tour le développement de la partie aérienne.

Le cèdre possède une branchaison assez variable d'un individu à l'autre. Contrairement à d'autres résineux qui possèdent une dominance apicale plus marquée (sapins, épicéas, douglas), il développe rapidement de grosses branches latérales.

Ces caractéristiques militent en faveur d'une densité de plantation suffisante pour garder des possibilités de sélection lors des éclaircies successives : **1 100 tiges par hectare semblent être un minimum.**

Régénération naturelle

En région méditerranéenne, **la régénération naturelle est efficace sur roche-mère calcaire.** Les premiers peuplements introduits au mont Ventoux et dans le Luberon sur quelques dizaines d'hectares se sont renouvelés et étendus naturellement jusqu'à couvrir plusieurs centaines d'hectares en quatre générations. La dispersion des graines peut se faire sur de longues distances : plusieurs centaines de mètres, voire plusieurs kilomètres, pour peu que certains facteurs soient favorables (violent mistral, pente descendante). Au mont Ventoux, le cèdre colonise ainsi les taillis de chênes verts et pubescents dont les coupes périodiques favori-

sent la croissance et l'installation des semis du fait de la mise en lumière et du travail superficiel du sol provoqué par l'exploitation.

La régénération naturelle possède, en zone méditerranéenne, un avantage sur la plantation : **le nombre important de semis permet d'explorer et d'exploiter la moindre situation favorable**, en particulier les fissures de la roche-mère calcaire. On peut ainsi optimiser l'exploitation du milieu par le peuplement. Sur roche-mère acide, les semis sont vite confrontés à une végétation concurrente plus dynamique que sur calcaire : la régénération est alors compromise si on n'intervient pas rapidement et de façon suivie. Les cèdres peuvent commencer à fructifier dès 20 ans mais ne se régénèrent efficacement qu'à partir de 40 ans. On peut compter sur une bonne fructification tous les trois ans en moyenne. Le développement des cônes s'effectuant sur 2 ans, il est possible d'anticiper l'arrivée des graines.

La création de peuplements pleins par régénération naturelle peut être entreprise par **l'installation préalable d'arbres à faible densité.** La fructification est d'autant plus forte que le houppier est développé, les cônes étant répartis sur toute sa hauteur. Les arbres destinés à devenir semenciers peuvent être plantés à large espacement, comme lors des introductions au XIX^e siècle, ou sous forme de bouquets ou lignes de dissémination régulièrement espacées de quelques dizaines de mètres tout au plus. Ces arbres dont le houppier sera développé ne donneront toutefois pas des produits de qualité.

La densité de la régénération peut être pléthorique : on compte parfois plusieurs dizaines de milliers de semis à l'hectare. Si la densité de la

régénération excède 1 600 tiges par hectare pour une hauteur dominante de 2 à 3 m, on veillera par un **dépressage unique** à ramener cette densité à 1 100 tiges par hectare. Si le cèdre tolère l'ombrage d'un abri, qui peut même favoriser son installation, il demande à être rapidement dégagé pour exprimer son potentiel.

Éclaircies

Les expérimentations menées à l'INRA ont montré que la croissance en diamètre est d'autant plus forte que l'intensité de l'éclaircie est forte, ceci dans une large gamme de traitements allant de 25 à 85 % de surface terrière prélevée.

La sylviculture choisie par l'ONF (figure 2a) préconise de **passer en éclaircie tous les 10 ans avec des prélèvements d'autant plus forts que la fertilité est faible.** La première éclaircie intervient à 16 m de hauteur dominante en classes 1 et 2 contre 15 m en classe 3 et 14 m en classe 4. Ce choix d'une sylviculture relativement plus intensive pour les moins bonnes classes de fertilité (figure 2b) se justifie par la volonté :

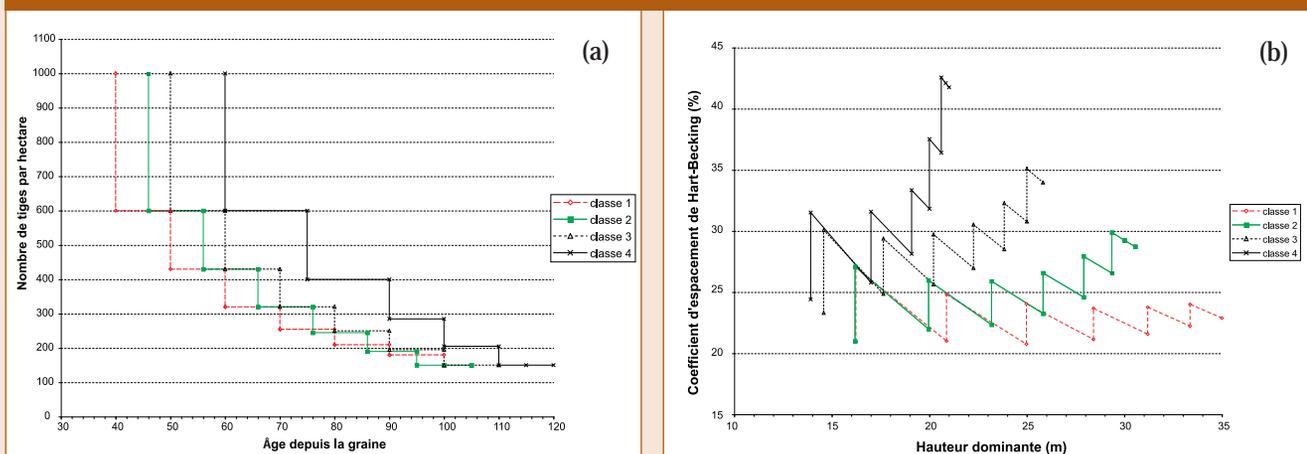
- de favoriser la croissance individuelle dans les peuplements moins productifs pour arriver plus vite au diamètre d'exploitabilité,
- de limiter la grosseur des branches dans les meilleures classes de fertilité.

Le stade de réalisation des premières éclaircies est aussi choisi de façon à assurer un volume commercialisable suffisant (entre 65 et 100 m³/ha).

On peut noter que cette sylviculture table sur une perte de 9 % des plants par mortalité naturelle entre la plantation (1 100 tiges par hectare) et la première éclaircie.

En général, les peuplements de

Figure 2 : Guide de sylviculture préconisée par l'ONF (DT Méditerranée)



Le coefficient de Hart-Becking est un indice de densité qui donne l'espacement moyen des arbres en pourcentage de la hauteur dominante du peuplement. $S(\%) = 10\,746/H_0\sqrt{N}$ avec N = nombre de tiges par hectare, H_0 = hauteur dominante en mètres. Le nombre de tiges n'a pas la même signification pour un peuplement de 5 m que pour un peuplement de 20 m de hauteur dominante. Le coefficient d'espacement permet donc de comparer la densité de peuplements de stades de développement différents.

cèdre situés dans l'étage supraméditerranéen ne sont pas soumis à un fort risque d'incendie. On observe néanmoins que les peuplements fermés favorisent le contrôle du sous-bois ce qui peut se révéler localement intéressant.

L'âge d'exploitabilité varie entre 100 et 120 ans, le diamètre d'exploitabilité entre 50 et 61 cm selon les classes. Le volume de l'arbre moyen du peuplement final se situe entre 1,8 et 4,75 m³ (Figures 3a et 3b).

Élagage

La propulsion du cèdre à dévelop-

per de grosses branches est une des caractéristiques de l'espèce qu'il convient absolument de prendre en compte pour définir une sylviculture adaptée. Le choix d'une sylviculture dynamique (large espacement à la plantation, coupes fortes et précoces) entraînera inexorablement le développement de branches de gros diamètre dépréciant la qualité des arbres en l'absence d'élagage artificiel.

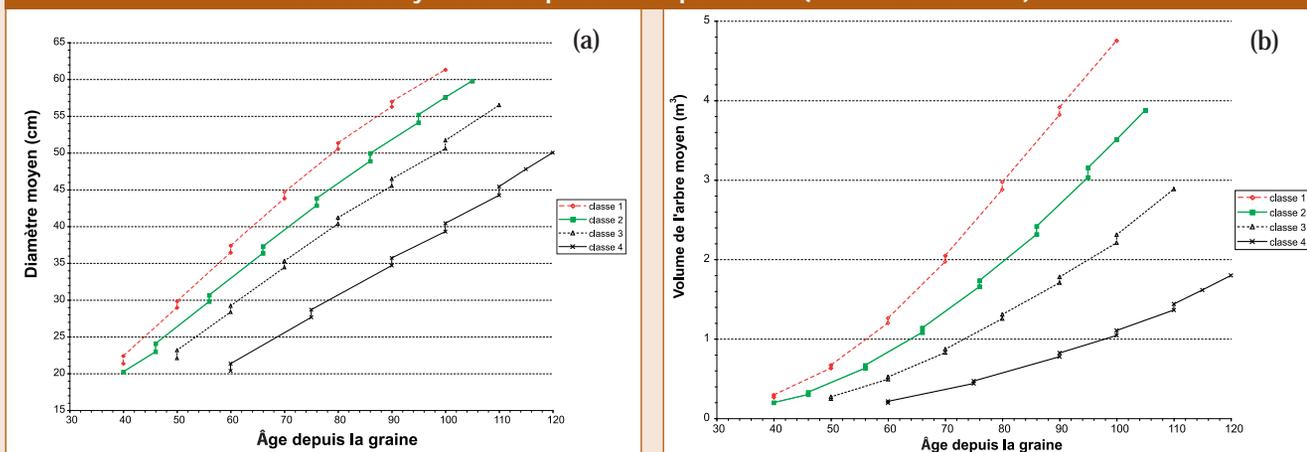
De plus, si le maintien d'arbres en peuplements serrés permet de contrôler le développement des branches et de faire mourir les branches basses, celles-ci ne tom-

bent pas facilement. Le recours à l'élagage artificiel s'avère donc indispensable pour la production de bois sans nœud. L'expérience en ce domaine a montré que le cèdre supporte bien un élagage précoce pourvu que la coupe des branches respecte le bourrelet de cicatrization. Cet élagage sera réservé aux peuplements des bonnes classes de fertilité (1 et 2, éventuellement 3) dans lesquels on espère rentabiliser l'investissement.

On élaguera les arbres en deux passages :

- le premier élaguera 250 à 300 tiges/ha jusqu'à 3 m pour une hau-

Figure 3 : Évolution du diamètre et du volume de l'arbre moyen Guide de sylviculture préconisée par l'ONF (DT Méditerranée)



teur dominante de 8 m ;
 – le second élaguera à 6 m, 150 à 180 arbres-objectif/ha selon les classes, choisis parmi les arbres élagués au premier passage. La désignation et l'élagage de ces arbres doivent être concomitants avec le marquage de la première éclaircie, donc entre 14 et 16 m de hauteur dominante, pour diminuer la concurrence autour des arbres élagués et leur éviter de perdre leur statut de dominants.

Marché du bois

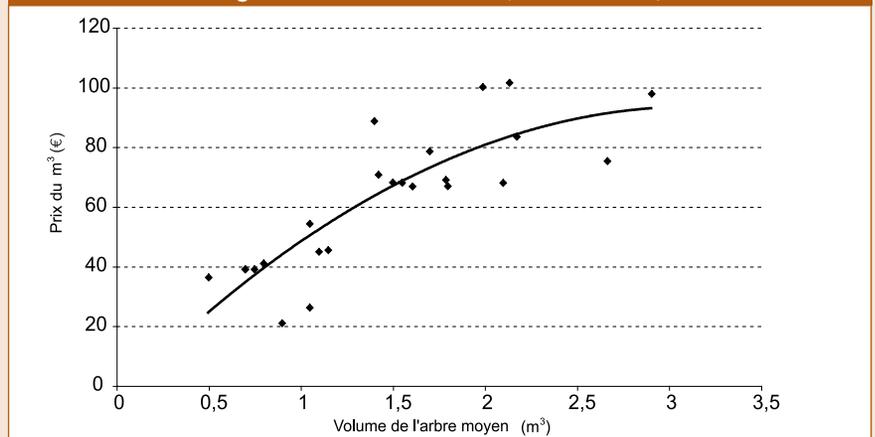
Les quantités mises sur le marché actuellement sont assez faibles, de l'ordre de quelques milliers de mètres cubes par an. Néanmoins, la concentration de l'offre dans les premiers sites d'introduction (Ventoux, Luberon, Rialsesse) a permis à quelques exploitants scieurs de se spécialiser sur cette espèce. Les données issues des coupes en forêt publique permettent de se faire une idée du prix des bois en fonction du volume de l'arbre moyen mis en vente (Figure 4). Les meilleurs prix unitaires sont obtenus dans l'Aude pour des arbres à faible décroissance ayant poussé serrés et dont le volume est compris entre 2 et 3 m³.

Résumé

Les essais sylvicoles menés sur le cèdre de l'Atlas en région méditerranéenne conduisent à conseiller des densités de plantation moyennes (1 100 plants/ha), une sylviculture d'autant plus dynamique que la fertilité est faible, un élagage artificiel sur 6 mètres de haut pour les bonnes fertilités. La production à attendre en bonnes stations peut dépasser 10 m³/ha/an avec un peuplement final à 100 ans composé d'arbres de 50 à 60 cm de diamètre. Le choix de la régénération naturelle peut être intéressant sur roche-mère calcaire.

Mots-clés : cèdre, sylviculture, conduite des peuplements.

Figure 4 : Prix de vente (1998 à 2001)



Le prix du mètre cube des gros arbres semble stagner au-delà d'un volume unitaire de 2,2 m³. Les données sont toutefois en nombre insuffisant pour conclure définitivement.

Les données manquent pour savoir si le prix du mètre cube d'arbres de plus de 3 m³ tels que ceux obtenus dans les classes 1 et 2 en fin de révolution, sera encore supérieur.

Conclusion

Le cèdre est un bon producteur de bois et peut offrir une alternative intéressante à d'autres espèces plus sensibles à la sécheresse. Deux conditions sont toutefois nécessaires pour assurer la réussite des reboisements : être très vigilant sur le choix de la station et en particulier du type de sol (voir l'article de Christian Ripert dans ce même dossier) et appliquer aux peuplements une sylviculture adaptée. Quelques beaux peuplements témoignent des possibilités d'adaptation du cèdre au nord de la Loire (cédraie de La Trouhaude en Côte-d'Or, cèdres de l'arboretum des Barres, Chevalier *et al.*, 1998). Il serait souhaitable d'enquêter toutefois sur les effets de la canicule de 2003 sur ces reboisements. ■

Bibliographie

- Bariteau (M.), Courbet (E.), Dreyfus (Ph.), Ducrey (M.), Du Merle (P.), Fady (B.), Oswald (H.), Teissier du Cros (E.), 1993 – *Faut-il boiser en région méditerranéenne ?* Forêt Entreprise, N° 93 (6-7) 24-45.
- Courbet (E.), 1991 – *Tarif de cubage à deux entrées pour le cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Manetti) en France.* Rev. For. Fr., 43 (3) 215-226.
- Chevalier (R.), Gilbert (J.M.), Gimisty (C.), 1998 – *Introduction de conifères – Les enseignements de l'arboretum forestier des Barillons.* Ingénieries (13), 29-40.
- Toth (I.), 1984 – *La prévision des possibilités de récolte de cônes de cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Manetti).* ONF, Paris, Bulletin technique n°15, 39-51.

Remerciements

Les auteurs remercient le ministère en charge de l'Agriculture et de la Forêt, l'Inventaire forestier national, la Direction régionale de l'Agriculture de la région Languedoc-Roussillon, l'Office national des forêts du Vaucluse et de l'Aude pour leur soutien et leur contribution aux recherches menées.

(1) * INRA, Unité de recherches forestières méditerranéennes. Domaine St Paul - Site Agroparc - 84914 Avignon Cedex 9.

** ONF DT Méditerranée. Pôle recherche et développement. 1175 chemin du Lavarin 84000 Avignon.

(2) Formations boisées de production où le cèdre représente plus de 50 % du couvert (IFN 2003).

L'avenir du cèdre de l'Atlas en Midi-Pyrénées

Pierre Gonin*, Antoine Delarue**, Philippe Thévenet** (1)

Depuis plus de 30 ans, les expériences se succèdent pour mieux appréhender l'adaptation du cèdre en Midi-Pyrénées. Sa rusticité et son adaptabilité à diverses stations le rendent plein de promesses. Sera-t-il l'une des solutions pour l'avenir de la forêt dans cette région ?

La région Midi-Pyrénées partage une longue histoire avec le cèdre de l'Atlas. Sa silhouette caractéristique, en bordure des bastides et en arbres de parc, fait partie du patrimoine. Des arbres anciens, voire emblématiques, ponctuent le paysage régional. Les forestiers ont depuis longtemps regardé avec intérêt cet arbre méditerranéen au bois d'une qualité exceptionnelle.



Peuplement de 14 ans, d'une densité de 700 tiges/ha après éclaircie, dont 380 élaguées à 2m50.

Une position marginale en Midi-Pyrénées

Le cèdre de l'Atlas est présent depuis plus de 40 ans dans les forêts de la région, tant en boisement de terres agricoles qu'en enrésinement de taillis pauvres des Causses, dans le Lot en particulier. Ses qualités, liées à une plasticité certaine et à son bois reconnu dans tout le bassin méditerranéen, le positionnent comme une essence d'avenir.

Pour des raisons économiques, jusque dans les années 1990, le cèdre a souvent été introduit en mélange avec du pin noir d'Autriche ou du pin laricio de Corse, surtout sur les chantiers de surface importante ; en général, une ligne sur deux était alors plantée en pin,

l'autre en mélange pied à pied pin/cèdre.

L'IFN évalue à 2 090 ha la surface des boisements et reboisements de cèdre de l'Atlas en Midi-Pyrénées (regroupement des données 1992 à 2002 selon les départements), localisés essentiellement en forêt privée (80 %). La surface des peuplements comportant du cèdre est sans doute supérieure du fait du morcellement des boisements et de l'existence de plantations mélangées où le cèdre est minoritaire. Il est présent dans la plupart des départements, essentiellement sur les coteaux, ainsi que dans la bordure sud du Massif central.

Les plants utilisés ont le plus souvent pour origine les peuplements

classés du Ventoux, le peuplement classé régional (Savis dans le Gers) n'ayant jamais été récolté. Le cèdre du Liban a également été introduit, mais il reste marginal (la suite de l'article ne porte que sur le cèdre de l'Atlas).

Croissance du cèdre sur les coteaux et vallées alluviales

Les conditions stationnelles variées de Midi-Pyrénées sont favorables à l'étude autécologique du cèdre. Les stations des coteaux et vallées, au centre de la région, ayant été décrites dans un catalogue (lire

Figure 1 : Croissance en hauteur dominante du cèdre selon les US

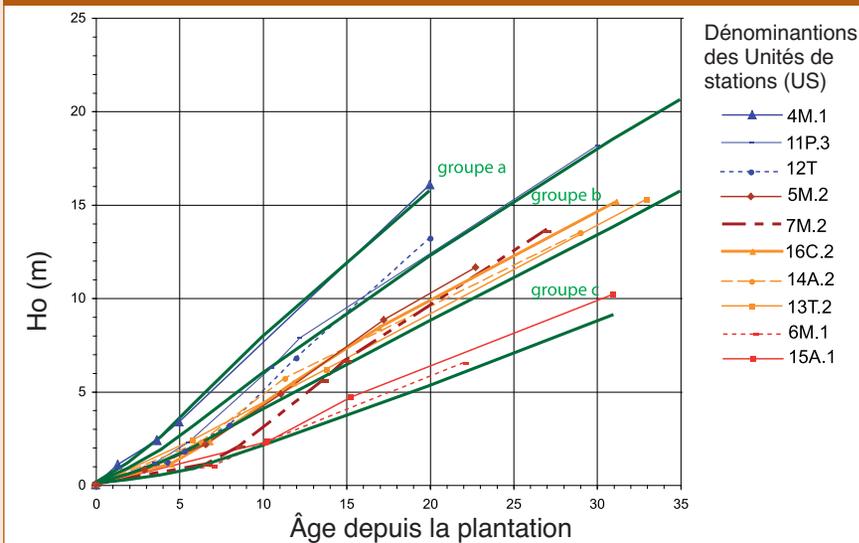


Figure 2 : Croissance en hauteur dominante du cèdre dans le réseau de référence CRPF pour les US 11P3 et 12T (situées principalement en groupe a)



l'encadré « Les stations et la croissance des plantations »), le comportement de plusieurs essences a pu être étudié en fonction des « **Unités de station** » (US) ainsi définies.

Cette étude menée en 1994 a été actualisée fin 2006 pour le cèdre, avec 17 relevés effectués dans 10 plantations âgées de 20 à 35 ans, avec un antécédent agricole. Seize placettes du réseau de références du CRPF sont venues compléter ces relevés. Les conditions stationnelles sont variées puisque 10 des 16 US ont été échantillonnées : les observations sont trop restreintes pour avoir une valeur statistique, mais elles donnent des indications sur les facteurs limitants.

Trois groupes stationnels

La figure 1 représente la croissance en hauteur dominante du cèdre de l'Atlas, pour chaque unité de station (US), calculée à partir des plantations étudiées entre 1994 et 2006, hors réseau de références CRPF. On y distingue trois groupes stationnels :

Groupe a - potentialités très bonnes avec une hauteur dominan-

Les stations et la croissance des plantations sur les coteaux et vallées

La zone de collines, au centre de Midi-Pyrénées, est recouverte d'une formation hétérogène (« la molasse ») dominée par des roches argileuses carbonatées. Ces matériaux ont été entaillés de vallées présentant des terrasses d'âges variés, recouvertes par des alluvions caillouteuses surmontées de limon. Les sols sont donc très divers : sols calcaires ou sols bruns sur la molasse, sols peu évolués ou lessivés, avec parfois des traces d'hydromorphie liées à des excès d'eau temporaire dans les vallées.

Le climat dominant est océanique, mêlé d'influences méditerranéennes : étés chauds et secs opposés à des hivers doux et humides, avec une pluviosité (P) comprise entre 660 et 850 mm/an et une température moyenne annuelle (T) de 11 à 13 °C, subsécheresse (P<3T) pendant 3 à 4 mois l'été, mais pas de mois sec (P<2T).

Sur un territoire de 530 000 ha à l'est de la Garonne, le Guide pratique de reconnaissance des stations décrit 16 unités de station (US) : **1V à 3V dans les vallons, 4M à 8M sur les coteaux molassiques, 9P à 16C dans les vallées alluviales**. Ces US peuvent être divisées en plusieurs variantes (ex. : 16C.2, 11P.3, etc.). Ces US correspondent au regroupement de 33 types de station décrits dans le catalogue. Elles concernent les forêts mais aussi les milieux ouverts (terres agricoles, friches).

Les plantations étant récentes, leur croissance fut étudiée en 1994 par comparaison des accroissements en hauteur au-dessus de 2 m, ce qui permettait de limiter la variabilité due à la reprise. Des compléments de mesures en 2006 ont permis de reconstituer la croissance sur une plus longue durée pour chaque unité de station, en reprenant la date de plantation comme origine.

Les données du réseau de références du CRPF complètent ces observations ; elles n'entrent pas dans le calcul des courbes de croissance car elles ne forment pas des séries chronologiques complètes depuis l'origine, mais elles confirment les résultats de croissance.

te à 20 ans supérieure à 12 m, ceci sur trois US :

- « Coteaux frais et calcaires » (4M.1) caractérisés par un sol épais, argileux et calcaire, mais ayant surtout une bonne alimentation en eau (topographie favorable : dépression, bas de versant...), sans engorgement superficiel.

- « Plaine » (11P.3) et « terrasse alluviale peu acide » (12T), à sol ayant souvent un bon niveau trophique et sans excès d'eau. La croissance peut être bonne même lorsqu'un horizon caillouteux apparaît à faible profondeur (11P.3), mais il serait nécessaire de connaître son épaisseur et la profondeur d'enracinement par une analyse sur fosse pédologique.

La figure 2 montre que les sept références du CRPF situées dans ces US sont également dans ce groupe.

Groupe c — potentialités faibles avec une hauteur dominante à 20 ans inférieure à 8 m (moins de 10 m à 30 ans pour un relevé) et de fortes mortalités, ceci sur deux US :

- « Coteaux secs » (6M.1) caractérisés par des sols calcaires et argileux, mais surtout **peu épais** (molasse à moins de 50 cm) ; dans ce cas le facteur limitant est la faible épaisseur du sol, la molasse sous-jacente étant peu fissurée et non prospectable par le système racinaire.

- « Versant alluvial acide », à excès d'eau temporaire en surface (15A.1), caractérisé par des sols épais, s'enrichissant en argile en profondeur et présentant des figures d'**hydromorphie temporaire à faible profondeur** (moins de 50 cm), le facteur limitant étant alors l'excès d'eau.

Groupe b - potentialités intermédiaires, avec une hauteur dominan-

te à 20 ans comprise entre 8 et 12 m, ceci pour cinq autres unités : « Coteau calcaire » à sols épais, souvent argileux mais bien structurés (5M.2), « Coteau peu acide » à sols épais, bien structurés et texture argileuse ou équilibrée (7M.2), « Terrasse acide » et « Versant alluvial peu acide » à sols épais et texture équilibrée à limoneuse s'enrichissant en argile en profondeur (13T.2 et 14A.2), « Alluvions

caillouteuses » avec apparition d'un horizon caillouteux entre 0 et 30 cm (16C.2), tous ces sols ne présentant pas d'excès d'eau en surface (entre 0 et 50 cm).

Les huit références du CRPF classées dans ces US ont également une croissance intermédiaire (Figure 3). Seule la référence 35 a une croissance supérieure, car des entretiens intensifs pendant les cinq premières années ont amélioré la

Figure 3 : Croissance en hauteur dominante du cèdre dans le réseau de référence CRPF pour les US 5M.2, 7M.2 et 16C.2 (situées principalement en groupe b)

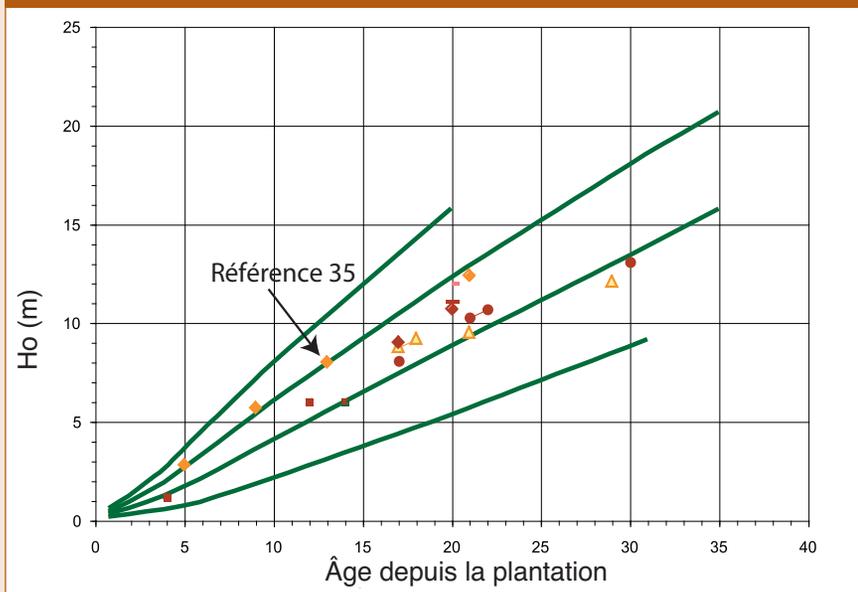


Figure 4 : Croissance en hauteur dominante du cèdre sur coteaux molassiques (3 plantations sur US 5M.2)

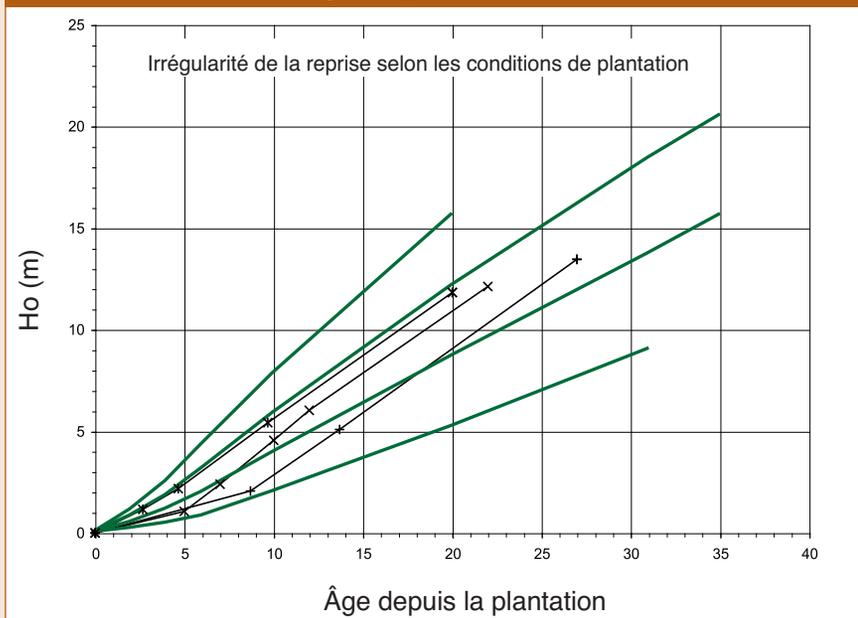
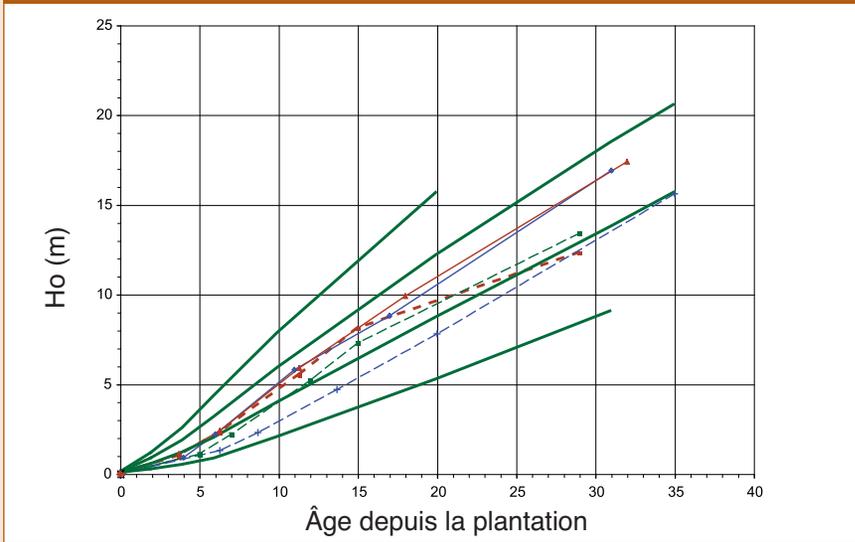


Figure 5 : Irrégularité de la croissance en hauteur dominante du cèdre sur terrasses alluviales à sol caillouteux (5 plantations sur US 16C.2)



reprise sur cette US 16C.2 de vallées alluviales à sol caillouteux.

Variabilité de la reprise

Des différences de reprise s'observent également sur les coteaux. C'est le cas avec l'US 5M.2 caractérisée par un sol calcaire épais, à dominante argileuse : la figure 4 montre une croissance initiale très différente pour trois plantations dont les accroissements deviennent comparables au-delà de 2 m de haut. Une attention toute particulière doit donc être portée à la qualité de la plantation (préparation du terrain, mode de plantation...) et aux entretiens sur ces sols argileux.

Variabilité de la croissance sur terrasses « caillouteuses »

Sur terrasses alluviales, la croissance du cèdre est moyenne lorsqu'un horizon caillouteux apparaît à faible profondeur (entre 0 et 30 cm sur US 16C.2). Le développement est cependant supérieur à celui observé sur les sols peu épais de coteaux molassiques (6M.1), indiquant une meilleure prospection racinaire dans l'horizon caillouteux que dans la molasse compacte et peu fissurée. La figure 5 montre que la croissance

du cèdre est variable sur ces terrains, l'accroissement de certaines plantations subissant un ralentissement après 10-15 ans : on peut supposer que ces différences sont liées aux variations d'épaisseur et de charge en éléments grossiers de l'horizon caillouteux ; vérifier cette hypothèse nécessitera d'ouvrir des fosses pédologiques profondes.

Des plantations hétérogènes

Les plantations de cèdre présentent une forte hétérogénéité, avec une différenciation sociale marquée, supérieure à celle observée chez les autres résineux de plaine (en parti-

culier pin laricio). On assiste ainsi à l'individualisation précoce d'arbres dominants, mais de qualité variable. Les interventions au profit des arbres d'avenir méritent donc d'être réalisées rapidement.

Importance du diagnostic stationnel

Le diagnostic stationnel, essentiel pour éviter une erreur dans le choix des essences, doit être effectué avec le guide simplifié jusqu'au niveau de la variante de l'US.

Une fois la plantation réalisée et passée la phase d'installation, on pourra juger de sa croissance en observant les accroissements au-delà de 2 m (moyenne sur 5 ans) : les différences apparaissent assez vite entre des plantations à forte croissance (plus de 65 cm/an) et celles à faible croissance (moins de 45 cm/an). Le reboiseur peut ainsi évaluer le potentiel de sa plantation.

Bonne réaction du cèdre à la 1^{re} éclaircie

Les plantations de cèdre nécessitent d'être éclaircies rapidement, en particulier celles qui avaient été

Caractéristiques de l'essai de Nègrepelisse à 28 ans (2006), 8 ans après l'éclaircie

modalité	1/3 + sélective	1/2 + sélective	témoin
Hm	16,6 m	16,2 m	15,7 m
Ho	18,0 m	17,1 m	17,4 m
Diam arbre moyen	24,2 cm	25,8 cm	18,3 cm
Densité (cèdres)	474/ha	345/ha	1 293/ha
G	21,85 m ² /ha	18,10 m ² /ha	34,20 m ² /ha
vol. unit. bois fort	0,357 m ³	0,388 m ³	0,203 m ³
volume bois fort	169 m ³ /ha	134 m ³ /ha	263 m ³ /ha
volume éclaircie	73 m ³ /ha	88 m ³ /ha	0 m ³ /ha
production totale	242 m ³ /ha	222 m ³ /ha	263 m ³ /ha
acct. courant volume	16 m ³ /ha/an	12,9 m ³ /ha/an	19,3 m ³ /ha/an
acct. moyen volume	8,6 m ³ /ha/an	7,9 m ³ /ha/an	9,4 m ³ /ha/an
H/D	74	66	95
S %	26,2 %	32,9 %	16 %

réalisées à une densité élevée ou qui présentent une forte croissance. Parmi les essais d'éclaircie, celui de Nègrepelisse (Tarn-et-Garonne) est assez représentatif des résultats obtenus. Cette plantation de 28 ans a été réalisée sur terre agricole à la densité de 1 800 tiges/ha, dont 10 à 15 % ont été regarnis en pin laricio de Corse (données ci-après limitées au cèdre). Cette densité a été abaissée à moins de 500 tiges /ha par l'éclaircie pratiquée à 20 ans (fév. 1999, Ho = 13 m), selon deux modalités :

- éclaircie systématique une ligne sur deux plus sélective à 50 % ;
- éclaircie systématique une ligne sur trois plus sélective à 50 %.

Le témoin comprend encore 1 300 tiges/ha (mortalité avant éclaircie semblable dans les trois modalités). En fin de saison, la tempête de 1999 a occasionné 15 % de chablis dans la modalité la plus intensive.

Huit ans après l'éclaircie, celle-ci a eu un effet positif sur la croissance en diamètre des « 250 dominants » qui composeront le peuplement final, mais avec peu de différence entre les deux modalités (voir figures 6 et 7). Par contre, la plus forte éclaircie a entraîné une chute de production (- 15 % par rapport au témoin, voir tableau p. 48), mais elle a permis d'obtenir des volumes unitaires supérieurs, avec des arbres réputés plus stables.

Ces résultats montrent la bonne réaction du cèdre à l'éclaircie, même très forte ; mais on peut s'interroger sur la qualité du bois produit avec de tels accroissements. Par ailleurs, la systématique « 1 sur 2 » limite plus le choix des arbres d'avenir, ce qui n'est gênant que dans les parcelles très hétérogènes ;

Figure 6 : Répartition par classe de diamètre à 28 ans (Nègrepelisse)

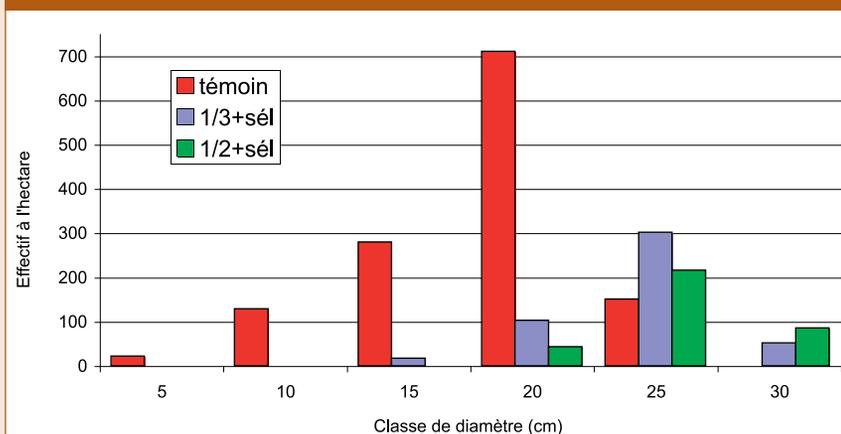
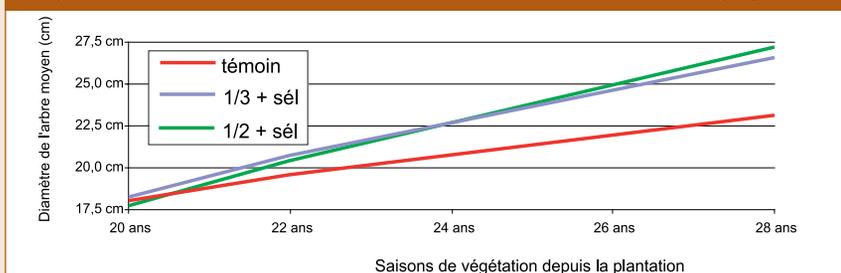


Figure 7 : Évolution des diamètres des 250 dominants (Nègrepelisse)



Des plantations soutenues par des actions de développement

L'essor du cèdre en Midi-Pyrénées est étroitement lié aux actions de développement qui ont permis de faire connaître cette essence.

Confirmant ses visions et son rôle de pionnier, le Cetef du Tarn avait consacré, en 1975, une journée pour mieux connaître le cèdre, avec visite d'essais ou de plantations en Languedoc-Roussillon. La tournée comprenait à la fois des forêts privées et la forêt domaniale du Riassesse. D'autres journées Cetef ont permis de suivre l'évolution de ces peuplements en 1989, 1993 et 2006. En 1999, une réunion technique a regroupé les « CRPF du Sud » pour échanger les connaissances et les expériences. La visite comprenait quatre peuplements purs et mélangés de 8 à 33 ans et même une futaie de plus de 60 ans issue d'un semis naturel.

La canicule de 2003 a particulièrement frappé la région Midi-Pyrénées. Les sécheresses estivales ont assuré une véritable sélection sur le critère de l'adaptation de chaque essence à la station. Ainsi, des dépérissements de plusieurs milliers d'hectares sont apparus sur la région et plus particulièrement sur le Tarn et l'Aveyron. Des épicéas, des sapins, des pins, divers feuillus sèchent et meurent sur pied. La perspective des changements climatiques, dont ces événements pourraient être les prémices, remet le cèdre au goût du jour.

Cette nouvelle préoccupation est prise en compte par les organismes forestiers. Le CRPF a mis en place un groupe « sylviculture » réfléchissant sur l'autécologie et la sylviculture du cèdre en intégrant les aspects sols et racines. Les quatre Cetef de la région (Tarn, Lot, Gascogne et garonnais) ont organisé en 2006 des réunions sur le cèdre.

Un Fogefor (Formation à la gestion forestière) de référence a démarré sur le Tarn en juin 2006 sur le thème : « l'avenir du cèdre dans les montagnes du sud Massif central ». Ce Fogefor se propose de réfléchir et de travailler sur la sylviculture du cèdre dans le contexte des sols pauvres, en s'appuyant sur la présence de plantations et de peuplements sur la montagne tarnaise et les environs proches. L'objectif est de donner aux propriétaires les éléments techniques concernant la plantation et la sylviculture du cèdre. Trois groupes de réflexion ont été mis en place : plantations et terrain, sylviculture, économie. Leurs recherches sont, dans un premier temps, menées indépendamment. Les résultats seront ensuite partagés lors de réunions de l'ensemble du groupe et seront synthétisés dans une fiche technique.



Peuplement de 40 ans, d'une densité de 300 tiges/ha éclairci deux fois (US 11P).

elle peut aussi diminuer les volumes récoltés en 2^e éclaircie : il sera utile de comparer le bilan économique des deux modalités à l'issue des éclaircies suivantes. Une éclaircie forte et précoce a également l'intérêt de diminuer la masse foliaire (et la transpiration) et donc d'améliorer l'alimentation en eau qui est un facteur déterminant pour le développement du cèdre.

Des perspectives encourageantes

Les premiers résultats encouragent à poursuivre l'introduction du cèdre de l'Atlas en Midi-Pyrénées. Sans se substituer totalement aux autres espèces, il peut venir les compléter dans la palette des essences de reboisement, lorsque la station est appropriée. Il faut cependant poursuivre les observations dans les plantations adultes, au niveau de la

croissance mais aussi de l'état sanitaire (notamment suivi des attaques de fomes), et les étendre aux autres stations (en particulier les sols très acides du sud Massif central) pour affiner ses conditions d'introduction. ■

Bibliographie

- **Gonin (P), 1994** – Croissance des plantations sur les stations à intérêt forestier des coteaux et vallées de Midi-Pyrénées situés à l'est de la Garonne. – Toulouse : Cetef garonnais, CRPF Midi-Pyrénées, 78 p.
- **Gonin (P), 1997** – Reconnaissance des milieux et choix des essences forestières en Midi-Pyrénées : coteaux et vallées à l'est de la Garonne. – Toulouse : Cetef garonnais, CRPF Midi-Pyrénées, 44 p.
- **CRPF Midi-Pyrénées, 2005** – Schéma régional de gestion sylvicole (consultable sur www.crfp-midi-pyrenees.com), 257 p.

Résumé

Soutenu par des actions de développement, le cèdre de l'Atlas a été introduit en Midi-Pyrénées depuis 40 ans et y occupe aujourd'hui plus de 2 100 ha. Les résultats de croissance sur les coteaux et vallées sont encourageants avec des hauteurs dominantes dépassant 17 m à 30 ans dans les meilleures stations, en particulier lorsque l'alimentation en eau est favorable. Dans ce contexte stationnel, deux facteurs apparaissent limitants : faible épaisseur prospectable liée à la présence d'un substrat peu fissuré (à moins de 50 cm), excès d'eau temporaire en surface (à moins de 50 cm). La croissance est intermédiaire dans les autres situations étudiées, même en présence de calcaire ou d'un horizon argileux, dès l'instant où il est bien structuré et facilement prospectable. Le développement des plantations est également tributaire de la qualité de la plantation et des entretiens, puis des éclaircies qui doivent être précoces compte tenu de la vitesse de croissance. Tout en restant attentif aux limites stationnelles et aux risques sanitaires (fomes...), le cèdre de l'Atlas s'ajoute aux essences de diversification introduites en vue de produire du bois de qualité.

Mots-clés : Cèdre de l'Atlas, Midi-Pyrénées, autécologie, vulgarisation.

(1) * *IDF Toulouse, Maison de la Forêt, 7 chemin de la Lacade, 31320 Auzeville Tolosane, courriel : pierre.gonin@cnppf.fr*

** *CRPF Midi-Pyrénées, Maison de la Forêt, 7 chemin de la Lacade, 31320 Auzeville Tolosane, courriel : midipyrenees@crpf.fr, www.crfp-midi-pyrenees.com*

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes qui ont participé aux mesures et les propriétaires qui ont accepté l'installation de parcelles expérimentales.

Le cèdre de l'Atlas en Languedoc-Roussillon

Benoît Lecomte, ingénieur au CRPF Languedoc-Roussillon (1)



Même si l'introduction du cèdre en Languedoc-Roussillon remonte au XIX^e siècle, l'essentiel des plantations ont été effectuées à partir de 1980, portant la surface totale des peuplements et plantations à 9 400 hectares, soit près de la moitié de la cédraie française. C'est donc presque un quart de siècle d'observations de ces peuplements qui permet au CRPF du Languedoc-Roussillon d'émettre des constats et des hypothèses quant à l'autécologie, l'adaptation, la croissance et l'utilisation du cèdre dans cette région. De nombreuses lacunes restent à combler, notamment à propos de sa sylviculture mais surtout des qualités technologiques de son bois.

En Languedoc-Roussillon, le cèdre de l'Atlas est introduit à partir de 1865, notamment dans le cadre de la restauration des terrains en montagne (RTM) en forêt domaniale du Rialsesse dans les Corbières occidentales (Aude) et, un peu plus tard, pour la création de la

forêt de la Courbatière (encadrés). Il est également utilisé dans les Cévennes, en Lozère et dans le Gard, et dans les Avant-Monts héraultais. Il est même introduit à basse altitude dans le massif de la Valbonne (Gard) et par petits bouquets dans les garrigues (La Bruquière). D'abord disséminé dans

l'arrière-pays, le cèdre connaît un certain développement avec l'avènement du Fonds forestier national, entre 1950 et 1980.

Des sols profonds plutôt filtrants

La cédraie privée de la Courbatière



© Joël Bernard

L'origine de la constitution du domaine de la Courbatière remonte au début du siècle dernier. Maître Raimond Pallot, notaire à Béziers, acquiert une première métairie en 1907 dans les Corbières occidentales (Aude). Passionné par la forêt et convaincu que l'élevage ne constituerait pas à long terme une activité économique rentable, il entreprend dès 1908 le boisement des « dépaissances » de la métairie avec l'appui technique de l'Administration des Eaux et des Forêts. Le pin noir d'Autriche et le cèdre de l'Atlas sont les deux premières essences introduites, Maître Pallot s'inspirant des réalisations en forêt du Rialsesse. Dans les années qui suivent, il acquiert trois autres métairies puis entreprend de réaliser la jonction entre ses propriétés en achetant les parcelles enclavées. Des boisements sont réalisés au fur et à mesure des acquisitions : douglas, cèdre de l'Atlas, pin laricio de Corse... Soucieux d'assurer la pérennité de son entreprise, il constitue en 1925 avec sa famille et quelques amis, la Société forestière de reboisement de la Courbatière qui sera transformée en Groupement forestier de la Courbatière. La forêt de la Courbatière couvre actuellement un peu plus de 1 000 hectares dont 10 % sont occupés par du cèdre de l'Atlas, soit en essence pure soit en mélange avec du pin noir ou du douglas. C'est la 2^e essence de reboisement derrière le pin noir. 40 % des peuplements de cèdre sont jeunes (moins de 20 ans), le reste étant âgé de 40 à 100 ans. Deux peuplements d'une surface totale de 9 hectares sont classés « porte-graines » depuis 1982 (= étiquette verte). Dans le plan simple de gestion renouvelé en 2003, l'âge d'exploitabilité du cèdre est fixé à 100 ans. Le choix du propriétaire pour le renouvellement des peuplements est la plantation, la régénération naturelle étant jugée trop longue et aléatoire. (Source : PSG de la forêt de la Courbatière. Cosylva, 2002)

L'éligibilité de la région aux programmes du Fonds européen d'orientation et de garantie agricole (Feoga) en 1981, sonne le véritable départ des grands boisements en cèdre de l'Atlas. Entre 1981 et 1986, le cèdre devient la première essence plantée dans la région avec 4 millions de plants mis en place, soit 20 % du total des plants introduits à cette époque. Un des facteurs ayant favorisé cet engouement pour le cèdre est sa réputation de résistance aux incendies, son couvert dense limitant le développement de la broussaille propagatrice des feux.

Actuellement, le Languedoc-Roussillon compte 9 400 hectares de cèdre de l'Atlas soit 45,4 % de la cédraie française. Cette surface se répartit comme suit : 3 483 hectares dans l'Aude (37 %), 2 340



© J. Royer, DRAF

La cédraie du Riassesse

C'est dans le cadre de la loi de juillet 1860 sur la restauration des terrains en montagne, qu'est constituée l'ancienne forêt domaniale du Riassesse (1 835 hectares) dans les Corbières occidentales (Aude). À l'intérieur d'un vaste ensemble de reboisement en pin noir d'Autriche, le cèdre de l'Atlas est introduit par semis sur 70 hectares à partir de 1867.

Cent quarante ans après, ils comptent parmi les plus beaux peuplements de France : les individus les plus hauts mesurent 50 mètres (40 mètres de hauteur moyenne) et les meilleures stations produisent 16 m³/ha/an depuis l'origine ! La quasi-totalité de ces peuplements sont dans la première des quatre classes de production définies par Jean Toth (INRA Avignon). L'Office national des forêts a mis la plupart d'entre eux « au repos » en leur donnant un objectif paysager, expérimental et patrimonial (génétique).

Actuellement, les plantations sont réalisées à 1 100 tiges/ha après travail du sol à la pelle-araignée sur de fortes pentes. Les élagages sont réalisés en deux passages, d'abord sur 400 arbres/ha, puis sur 200 pour obtenir une bille de pied sans nœud sur 6 mètres. Reste à étudier le problème de la mauvaise régénération naturelle dont les causes pourraient être la très forte concurrence au sol, la faible production des cônes, la mauvaise qualité de la graine, la forme des houp-piers, sans compter une petite faune très gourmande...

(Source : communication du groupe technique de l'ONF d'Arques, 1998)

hectares dans l'Hérault (25 %), 1 967 dans le Gard (21 %) et 1 487 hectares dans les Pyrénées-Orientales (16 %). La Lozère présente quelques boisements en Cévennes et sur les Causses, d'une superficie totale de 124 hectares (2).

Les premières introductions de cèdre de l'Atlas en forêt du Riassesse ont été réalisées par semis direct. Ce mode de boisement a été utilisé plus tard en Languedoc-Roussillon, parfois en comparaison avec des plantations. En général, il ressort de ces différents essais que **les plantations donnent de meilleurs résultats que les semis, pour peu qu'elles soient effectuées avec des plants de qualité sur un terrain ayant bénéficié d'une préparation adaptée.**

En région méditerranéenne, les premières introductions réalisées avec des plants à racines nues ont été presque toutes vouées à l'échec. C'est grâce aux plants élevés en godets, qui présentent une meilleure reprise et une plus forte croissance, que les plantations de cèdre ont pu se développer. Plusieurs essais ont également été réalisés avec des plants élevés en motte Melfert : les résultats ont été médiocres (effet « mèche »). **Les meilleurs plants sont produits en 1 an, en godets « WM » de 400 cm³** (voir article p. 32).

La préparation du sol doit être soignée et comporter :

- soit un sous-solage profond, si possible croisé, permettant de fissurer le sol car le cèdre développe très tôt un pivot très long ;
- soit un travail localisé à la pelle mécanique ou, sur fortes pentes, à la pelle araignée.

En garrigues, et plus généralement dans les secteurs calcaires, le sous-solage déterre de gros blocs

rocheux qui rendent difficiles les passages en entretien. Une technique consiste à réaliser un sous-solage plus ou moins dense et à concasser les blocs sur les lignes pour faciliter plantation et entretiens.

Les observations effectuées sur les boisements réalisés depuis plus de 20 ans en Languedoc-Roussillon permettent de mieux cerner les exigences édaphiques du cèdre de l'Atlas. Il semble apprécier les sols profonds dans lesquels il peut s'enraciner solidement, les plus propices étant les sols calcaires fissurés (même de texture argileuse s'ils sont bien structurés), les sols sablo-limoneux développés sur schistes et les arènes sableuses granitiques ou gneissiques. En revanche, il n'est pas adapté aux sols superficiels (grès des Basses-Cévennes, par exemple) ni aux sols compacts déstructurés (marnes en bas de pente, par exemple) ou aux sols hydromorphes où des attaques d'armillaire peuvent le faire dépérir. Enfin, il est carencé (feuillage jaune) quand il pousse sur dolomie, même si le sol est profond.



L'altitude idéale :
entre 400 et 700 mètres

Le cèdre est sans nul doute une essence de lumière affectionnant la chaleur. Quand les plantations à grande échelle ont débuté en Languedoc-Roussillon, il a été considéré comme l'essence miracle pour les garrigues. Or, il s'est vite avéré que les plantations réalisées à basse altitude dans l'étage mésoméditerranéen (en dessous de 400 à 500 mètres d'altitude environ) ne donnaient pas les résultats escomptés, sauf quelques exceptions situées

dans des conditions particulières (sols profonds avec une bonne rétention de l'eau) dans les Garrigues gardoises ou dans les Corbières. Il semble que le cèdre de l'Atlas ait besoin d'un minimum d'eau en été (100 mm) à moins que le déficit hydrique estival soit compensé par une réserve en eau du sol assez importante. Peut-être le cèdre du Liban serait-il plus adapté aux zones basses chaudes et sèches, où le sol est rarement profond ? (voir article p. 21)

En fait, le cèdre de l'Atlas semble nettement plus à son aise dans l'étage supraméditerranéen, à l'étage du chêne pubescent. Ne dit-on pas couramment que le cèdre pousse là où le chêne pubescent est présent ? Toujours est-il que les peuplements qui semblent le mieux à leur place (bon état sanitaire et bonne vigueur) en Languedoc-Roussillon poussent entre 400 et 700 mètres d'altitude, aussi bien dans les Aspres et en Conflent (Pyénées-Orientales), dans les Corbières (Aude) ou dans les Avant-Monts héraultais, que dans les Cévennes gardoises.

Bien entendu, cette règle souffre quelques exceptions aussi bien en dessous de 400 mètres qu'au-dessus. Ainsi, sur les Causses lozériens, il existe de beaux peuplements à 1 000 mètres d'altitude sur des sols profonds (calcaires fissurés) sur versants exposés au sud. Mais en règle générale, 700 mètres semble être la limite supérieure. Le cèdre de l'Atlas craint-il une trop forte humidité atmosphérique ? Ceci pourrait expliquer qu'on ne trouve pratiquement pas de beaux peuplements de cèdre dans l'Aigoual. A-t-il besoin d'une certaine quantité de chaleur annuelle en deçà de laquelle son adaptation est compromise ?

Toutefois, des questions subsistent

quant aux secteurs d'adaptation du cèdre en Languedoc-Roussillon. En effet, les forestiers observent parfois des dépérissements dans des stations où, d'après les connaissances actuelles, le cèdre devrait être vigoureux. C'est le cas dans certains secteurs du Conflent sur arène gneissique, ou dans la forêt des Écrivains combattants, dans le massif du Caroux (Hérault). Ces peuplements ont d'ailleurs été récoltés prématurément et remplacés par le sapin de Nordmann. En Cévennes sur schistes et dans l'Aude sur calcaire, on peut assister à une nanification des pousses dans certains peuplements. Les jaunissements du feuillage sont également assez courants. Ils peuvent être annuels (les arbres jaunissent au printemps et reverdissent dans l'année) ou concerner une période plus longue (les arbres restent jaunes quelques années puis reverdissent). Enfin, la sensibilité du cèdre à la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) est très réduite et il n'est touché que très ponctuellement lors de fortes attaques sur des pins voisins.



Certains versants se couvrent de cèdre

Le cèdre de l'Atlas se régénère naturellement avec une facilité surprenante. Comme toujours, ceci n'est pas une généralité puisque, en forêt du Riassesse, les forestiers ont du mal à obtenir des semis naturels alors qu'en forêt de la Courbatière, la régénération naturelle est assez aisée. Mais il est étonnant d'observer d'une année sur l'autre, le développement des semis naturels de cèdre sur des versants jadis utilisés comme par-

cours pastoraux et aujourd'hui couverts de lande à base de cistes, genêts, bruyères et épineux. Tout aussi surprenante, la colonisation par les cèdres de certains versants peuplés de châtaigneraies dans les Cévennes gardoises n'est pas rare, pour peu que quelques arbres adultes existent alentour.

La régénération naturelle sous les peuplements existants est également souvent observée, notamment dès qu'une trouée même minime dans le couvert provoque une arrivée de lumière au sol. C'est ainsi qu'on peut voir des semis naturels se développer après une éclaircie notamment dans les layons de débardage.

Si, sur les bonnes stations, la croissance du cèdre de l'Atlas peut parfois être aussi rapide que celle du douglas, elle est plutôt à comparer à celle du pin laricio. Comme lui, le cèdre met quelques années (3 ou 4) à s'adapter, puis il commence à faire des pousses correctes. L'une des particularités des jeunes plantations de cèdre est l'hétérogénéité. En effet, dans le jeune âge, la hauteur des arbres est très souvent irrégulière, ce phénomène ne pouvant s'expliquer facilement. Le cèdre est-il particulièrement sensible aux conditions naturelles (sol, microclimat) ? En général, cette hétérogénéité disparaît peu à peu avec l'âge et le peuplement se régularise.

Le cèdre de l'Atlas est sensible aux dégâts de petit gibier (lapin, lièvre) et la pose de filets de protection peut être indispensable. Il est également appétant pour le chevreuil (jusqu'à 40 % des plants abrutis dans une plantation sur les Causses lozériens !) mais pourtant moins que d'autres essences comme le douglas, le pin maritime ou les feuillus en général.

Le cèdre : essence d'avenir

Dans la plupart des forêts privées du Languedoc-Roussillon, les propriétaires ne pratiquent pas une sylviculture particulière dans leurs peuplements de cèdre. En général, celui-ci est traité comme les essences voisines. Le CRPF Languedoc-Roussillon doit développer son réseau de références pour pouvoir tester sur le long terme différentes sylvicultures : plus ou moins intensives ou, pourquoi pas, irrégulière. L'INRA et l'ONF travaillent aussi dans ce sens.

Pour donner quelques exemples, en forêt de la Courbatière (Aude), la première éclaircie intervient vers 30 ans quand les arbres ont environ 15 mètres de haut. La rotation fixée pour les interventions suivantes est de l'ordre de 10 ans. Quatre à cinq éclaircies sont réalisées au cours de la vie du peuplement pour amener la densité à 300 arbres à l'hectare soit un volume de 600 m³/ha. L'âge d'exploitabilité est en général de 100 ans pour un diamètre moyen de 65 à 70 cm et un volume par arbre de 2 m³.

Dans plusieurs forêts des Cévennes gardoises, les propriétaires réalisent un dépressage entre 10 et 15 ans. Cette intervention prélève entre 20 % et 25 % des tiges pour ramener la densité entre 700 et 800 arbres à l'hectare. Le but est de retarder la première éclaircie et de pouvoir produire des bois plus intéressants pour un acheteur. Par la suite, 3 à 5 interventions seront réalisées pour amener le peuplement à sa densité définitive.

Le cèdre ayant tendance à avoir de grosses branches qui s'élaguent naturellement très tard, il est indis-

pensable, pour produire des bois de qualité, de procéder à un élagage artificiel. Une désignation d'arbres d'avenir est très souvent réalisée après la première éclaircie. À noter que son tronc est assez conique, surtout s'il ne pousse pas en peuplement serré : ces deux caractéristiques plaident plutôt pour des plantations à moyenne densité (entre 1 100 et 1 500 plants/ha).

Au niveau économique, le cèdre se vend relativement bien, notamment pour les lots comportant un volume moyen par arbre supérieur ou égal à 1 m³. Le prix moyen sur pied atteint ou dépasse 60 €/m³. Étant donné que de tels lots de bois sont encore rares, il n'existe pas de filière établie et il est difficile de connaître leur utilisation. Il s'agit très souvent d'usages extérieurs (clôtures, menuiseries extérieures...), le bois de cèdre étant réputé « imputrescible ». Il est également utilisé dans l'ameublement : ne dit-on pas qu'un meuble en cèdre chasse les mites grâce à ses essences fortement olfactives ? Il peut aussi trouver des emplois intérieurs : un propriétaire gardois a récemment fait un parquet en cèdre dans sa maison. Pourtant, il a également la réputation d'être cassant, ce qui éliminerait son utilisation en charpente. Un scieur de l'Aude nous disait récemment que les produits en cèdre de faibles dimensions ont une fâcheuse tendance à vriller : il faudrait donc surdimensionner toutes les pièces ! L'absence de normes établies par le CTBA pour le cèdre de l'Atlas représente donc un manque qu'il s'agirait de combler très vite pour que les industriels sachent réellement et objectivement à quoi s'en tenir sur cette essence.

Actuellement, on observe une aug-

mentation des surfaces plantées en cèdre de l'Atlas, notamment sur la bordure sud du Massif central (Somail, Montagne Noire). En effet, dans ces secteurs, de nombreux peuplements d'épicéa commun mis en place il y a une quarantaine d'années ne sont pas dans leur station (altitude trop basse). Ils ont donc très mal supporté les conditions climatiques de ces quinze dernières années. Avec la canicule de l'été 2003 et les sécheresses successives du printemps 2004 et des années 2005 et 2006, ils sont très fortement soumis aux attaques de scolytes (notamment le typographe). Les forestiers trouvent donc tout naturellement dans le cèdre de l'Atlas une essence de remplacement. La médiatisation des menaces de changement climatique risque d'accentuer encore ce phénomène.

Les surfaces de cèdre en Languedoc-Roussillon augmenteront donc vraisemblablement au cours des années à venir. Mais n'oublions pas qu'il nous reste beaucoup à apprendre notamment au niveau de son autécologie, de sa sylviculture et des qualités technologiques de son bois.

De façon à ce que tous les acteurs intéressés par cette essence puissent se tenir mutuellement informés de l'avancement de leurs travaux, un groupe « cèdre » informel sera constitué autour de la Direction régionale de l'agriculture et de la forêt du Languedoc-Roussillon (Draf). Ce groupe réunira l'INRA d'Avignon, l'ONF, l'AFOCEL, le CRPF et le service forestier de la Draf. ■

(1) En collaboration avec le personnel technique du CRPF Languedoc-Roussillon.

(2) Source : Inventaire forestier national (situation en mars 2007).

Cèdre, flash régional...

Ph. Riou-Nivert, ingénieur à l'IDF

Début 2006, l'IDF lançait une enquête auprès des CRPF pour connaître la place du cèdre dans les différentes régions, non seulement en surface mais aussi en intérêt. Les réponses sont très variables.

Un intérêt marqué, en Languedoc-Roussillon ou Midi-Pyrénées, où le cèdre est déjà bien présent, a motivé un bilan régional, soit « à dire d'experts », soit appuyé par une synthèse des essais anciens mis en place. Ces bilans font l'objet de deux articles de ce dossier (p. 45 à 54).

D'autres régions ont manifesté leur intérêt mais ne disposent que de références éparses qui ne permettent pas de synthèses représentatives : Normandie, Centre-Ile-de-France, Poitou-Charentes, Pays-de-la-Loire, Corse. Par ailleurs, un groupe interrégional des CRPF du sud de la France (Provence-Alpes-Côte-D'azur, Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Aquitaine) se réunit régulièrement autour du cèdre (dernière réunion en 2000). Des groupes de réflexion (Cetef, Fogefor) existent notamment en Midi-Pyrénées et Normandie.

Une grande hétérogénéité

L'impression globale qui ressort des réponses des CRPF est celle d'une grande hétérogénéité : certaines plantations sont bien venantes avec des croissances dépassant celles des pins laricio voisins ou en mélange, d'autres boudent, avec des plants de hauteurs très variables dans une même plantation.

En Poitou-Charentes par exemple,



Surbilles d'un cèdre de 164 ans à Saint-Vincent (Deux-Sèvres).

une étude sur 85 ha de boisements de cèdres subventionnés commandée par le Serfob en 1990 a montré que 57 % étaient sans avenir, 34 % avaient un avenir incertain, et seulement 9 % avaient un avenir assuré ! L'analyse des causes d'échec est intéressante : dans 68 % des cas, la sécheresse est incriminée, correspondant souvent à des sols superficiels et à une mauvaise reprise des plants (racines nues et conteneurs non distingués). Dans 59 % des cas, la concurrence herbacée et le manque d'entretiens est en cause et, dans 29 % des cas, le gibier est cité (lapin). Toutes les tentatives de semis artificiels ont par ailleurs échoué du fait de la concurrence herbacée.

Des échecs...

Bien sûr, les techniques ont aujourd'hui évolué (notamment la généra-

lisation des plants en conteneurs, le sous-solage...) mais cet exemple illustre bien les problèmes posés : ce n'est pas parce que le cèdre a un fort potentiel dans certaines régions que la réussite est assurée. Avec une telle essence d'installation délicate, un mauvais diagnostic stationnel, une mauvaise technique de plantation et des entretiens négligés et c'est l'échec assuré. De plus, sa réputation de calcicole incite à l'installer sur des sols calcaires superficiels non fissurés où aucune autre essence ne pousserait et où il court à l'échec. Plusieurs échecs dans une région et l'essence est boudée face à d'autres, plus rustiques.

...et des réussites

Pour terminer par une note optimiste, voici une référence d'un cèdre abattu récemment dans la même

région Poitou-Charentes (chez M. Jezequel, commune de Saint Vincent la Châtre, près de Melle, Deux-Sèvres) :

- station : « terres rouges à châtaignier » : sol profond, limoneux sur 70 cm puis argiles de décarbonatation avec silex, pH = 5,5 ; pluviosité 850 mm/an et températures douces ;
- âge : 164 ans, ce qui en ferait un des plus vieux cèdres introduit en France ;
- circonférence à 1,3 m du sol : 4,5m ;
- hauteur : 25 m (il avait perdu 8 m lors de la tempête de 1999) ;
- volume total utile (découpe bûcheron) : 23 m³ ;
- prix de vente sur pied: 1 600 € ;
- utilisation : vendu en Italie pour l'ameublement et la décoration



© C. Jezequel

Madame Jezequel près du cèdre de Saint-Vincent (Deux-Sèvres).

intérieure.

À noter que non loin de là, près de Parthenay, trois peuplements de 85 ans ont été sélectionnés par le Cemagref comme sources de graine « étiquette verte » (cèdres du Porteau).

Comme quoi il peut y avoir de la marge entre la réussite de la plantation et la récolte du peuplement.

Mais, sans vouloir généraliser un cas particulier, les photos du cèdre de Saint Vincent donnent envie de ne pas manquer son coup ; et les articles de ce dossier fournissent tous les éléments pour y arriver ! ■

Remerciements

Nous remercions tous les CRPF qui ont répondu à l'enquête.

ASTUR FORRESTA
FERIA FORESTAL
Internacional

21, 22, 23 JUNIO 2007

6ª EDICIÓN

Monte Armayán **TINEO**
Principado de Asturias ESPAÑA

ASTUR FORRESTA

CENTRO DE PROMOCIÓN EMPRESARIAL
33877 TINEO, ASTURIAS, ESPAÑA
Tines. +34 98 580 19 76/ 580 08 09 - Fax. +34 98 580 15 94
Http://www.asturforesta.com - e-mail. asturforesta@asturforesta.com

Le cèdre en 2100

Philippe Riou-Nivert, ingénieur à l'IDF

Une récente étude effectuée dans le cadre de la Faculté des Sciences de l'Université de Liège apporte un éclairage intéressant sur les aires potentielles passées, actuelles et futures du cèdre de l'Atlas en réponse aux évolutions du climat. Nous en extrayons une comparaison de la localisation et du potentiel de croissance de l'essence entre la période actuelle et la période 2100 simulée.

Les outils informatiques de plus en plus puissants permettent aujourd'hui des reconstitutions qui révolutionnent la vision de la biogéographie. Dans la lignée des travaux effectués en France dans le cadre du programme Carbofor (1), l'étude de Maxime Demarteau à l'Université de Liège (2) apporte un éclairage nouveau qui amène à s'interroger sur les bouleversements à attendre du changement climatique en cours dans le domaine de la répartition des espèces forestières.

Des données, des modèles

L'étude s'appuie tout d'abord sur **une description de l'aire naturelle actuelle du cèdre** de l'Atlas, notamment au Maroc mais aussi en Algérie et dans les autres pays où il a été introduit. Une étude palynologique particulière (à partir de pollens fossiles) permet de préciser l'évolution de l'aire du cèdre dans le passé.

Les modèles utilisés sont ensuite décrits, notamment **le modèle CARAIB** (Carbon Assimilation In the Biosphere), qui simule les stocks de carbone de la végétation et les flux existants entre la végétation, l'at-

mosphère et le sol. Ce modèle permet de calculer la **production primaire nette** (NPP), c'est-à-dire le taux net d'absorption de carbone par les plantes vivantes en fonction du climat, de l'eau dans le sol, de la concentration de CO₂... Chaque plante doit bien sûr être caractérisée par des paramètres climatiques propres permettant sa survie et sa croissance.

Le modèle ne simule pas des aires réelles, mais des aires potentielles, correspondant aux endroits où les conditions climatiques permettent théoriquement la présence des différentes espèces végétales considérées. Cependant, celles-ci peuvent y être absentes pour de multiples raisons, liées aux sols impropres par exemple, aux défrichements humains ou à d'autres causes historiques.

Des résultats étonnants

Plusieurs simulations ont été effectuées, qui permettent de visualiser l'aire potentielle du cèdre il y a 6 000 ans, à l'époque actuelle et à la fin du XXI^e siècle. Nous ne commenterons que ces deux dernières (voir cartes).

En 2000

On peut faire les constatations suivantes, importantes pour le reboiseur :

- l'aire actuelle nord-africaine du cèdre est bien incluse dans l'aire potentielle, ce qui est rassurant ; les niveaux de production prédits (et observés) y sont cependant relativement faibles, notamment en Algérie ;

- l'aire potentielle du cèdre est aujourd'hui beaucoup plus étendue que l'aire réelle et couvre toute la moitié sud de l'Europe. L'explication est bien connue : le cèdre, présent en Europe avant les glaciations, a été repoussé par le froid vers le sud et a disparu du continent. À la fin de l'ère glaciaire, il y a environ 10 000 ans, les végétaux sont remontés vers le nord mais le cèdre, depuis l'Afrique du Nord, n'a pas pu reprendre pied en Europe du fait de la barrière que constituait la Méditerranée. Par ailleurs, les niveaux de production potentiels en France, par exemple, mais aussi dans toute l'Europe du sud, sont beaucoup plus élevés que dans l'aire naturelle. Ceci atteste de l'important potentiel de boisement en cèdre sur notre territoire, dans des secteurs où il n'est pas présent et où il faudrait l'introduire artificiellement.

En 2100

Les hypothèses correspondant au scénario A2 (3) du Giec (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'étude du climat), considéré comme assez pessimiste quoique parmi les plus probables, conduisent à des bouleversements très importants dans l'aire de distribution du cèdre :

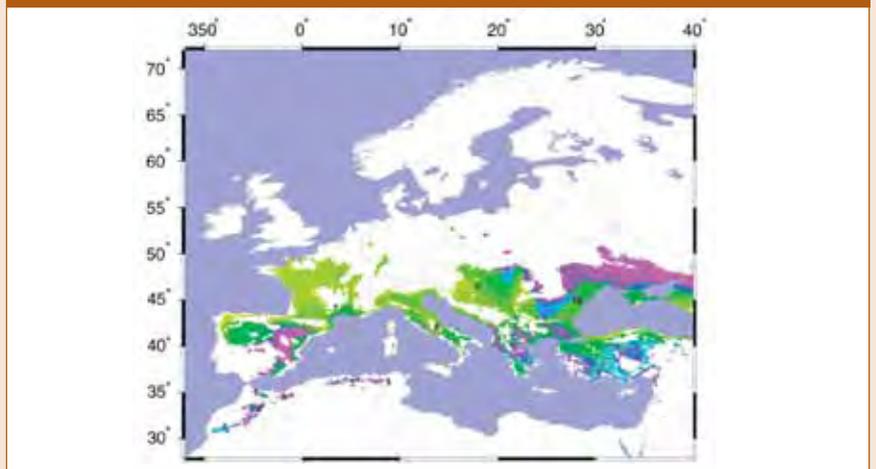
– **l'aire naturelle nord africaine actuelle disparaît presque totalement** sous l'effet d'une aridité croissante ; seul le Haut-Atlas pourrait encore lui servir de refuge. Le cèdre n'est plus adapté sur le pourtour méditerranéen (Espagne, Italie, sud de la France...) mais aussi dans toute la moitié ouest de la France ;

– **l'aire potentielle se déplace vers l'Europe du nord** : nord-est de la France, Belgique, Angleterre, Allemagne... et jusqu'au nord de la Suède. Par ailleurs, **on constate une très forte augmentation des productions potentielles** : deux à trois fois les productions actuelles, liée en partie au fort accroissement du taux de CO₂ dans l'atmosphère !

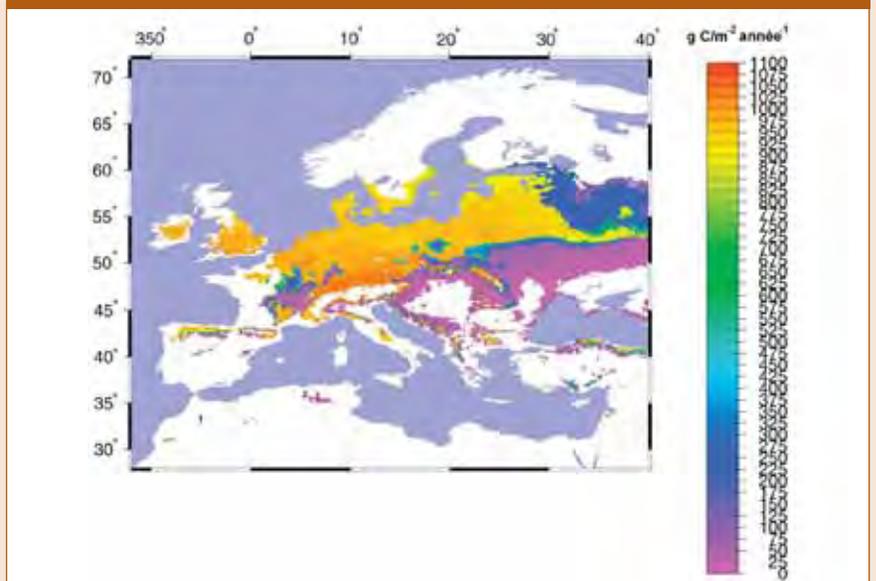
Le cèdre n'existe pas dans ces secteurs et il n'a aucune chance d'y arriver spontanément en parcourant plusieurs milliers de kilomètres en un siècle grâce à la seule dissémination naturelle. **Sans l'aide de l'homme, le cèdre est donc condamné à disparaître.**

On ne peut s'empêcher de rapprocher ces prévisions des constatations actuelles : une vague de dépérissement dans les cédraies nord-africaines sévit depuis une vingtaine d'années et fait l'objet de collaborations internationales (4) : l'augmentation de la sécheresse a été identifiée comme la cause principale du phénomène (voir article Nageleisen p. 27). ■

Cedrus en Europe et au Maghreb en 2000



Cedrus en Europe et au Maghreb fin du XXI^e siècle



Le critère utilisé par le modèle CARAIB pour matérialiser l'aire potentielle est la production primaire nette (NPP, en grammes de carbone fixé par m² de surface couverte et par an, voir l'échelle de couleur). Elle est corrélée à la production en volume que pourrait avoir le cèdre s'il était présent (en dehors d'autres facteurs limitants). Deux dates sont testées : 2000 (en haut) et 2100 (en bas), sur la base du scénario d'évolution du climat A2 du Giec.

(1) Badeau (V.), Dupouey (J.-L.), Cluzeau (C.), Drapier (J.), Le Bas (C.), 2004. Modélisation et cartographie de l'aire climatique potentielle des grandes essences forestières françaises. Rapport final du projet Carbofor, Juin 2004, INRA/GIP ECOFOR, 138 pages.

Badeau (V.), Dupouey (J.-L.), Cluzeau (C.), Drapier (J.). Aires potentielles de répartition des essences forestières d'ici 2100. Forêt-entreprise n°162, p. 25-29.

(2) Demarteau (M.) 2006. Réponse de Cedrus atlantica aux changements climatiques passés et futurs. Mémoire de licence en sciences géologiques. 56 p. + annexes. Faculté des Sciences, Université de Liège, Belgique.

(3) Scénario se rapprochant le plus des prévisions issues du dernier rapport du Giec (2 février 2007).

(4) Bentouati (A.) et Bariteau (M.). Réflexions sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). Forêt méditerranéenne, tome XXVII, N°4, décembre 2006, p. 317-322.

Conseils simples pour un boisement en cèdre réussi

Philippe Riou-Nivert, ingénieur à l'IDF

Vous disposez d'un terrain à boiser et vous pensez au cèdre. C'est une bonne idée... si les conditions suivantes, extraites des articles précédents, sont remplies :

Dans le sud de la France, une altitude de plus de 400 m est nécessaire (voire plus de 500 m si l'on veut anticiper le réchauffement climatique qui risque de rendre impropres les secteurs les plus bas). Dans le centre et le nord de la France, l'atmosphère ne doit pas être trop humide, ce qui exclut, du moins actuellement, les zones montagneuses (Massif central, Alpes, Jura, Vosges).

Le sol doit être profond et aéré, bien alimenté en eau mais non

mouilleux. Le cèdre préfère les sols acides mais tolère le calcaire sans trop de problème, si le substrat est meuble (où au moins à roche-mère bien fissurée). Un sous-solage peut être bénéfique, notamment pour casser une croûte calcaire.

Choisissez de préférence une provenance de cèdre de l'Atlas testée (étiquette bleue). Dans le nord de la France, des provenances locales de peuplements sélectionnés (étiquette verte) peuvent aussi être recommandées, si elles sont disponibles. Dans le sud, le cèdre du Liban peut être envisagé dans les conditions les plus sèches (provenances turques de l'est du Taurus, étiquettes jaunes).

Plantez très soigneusement des plants en conteneurs de plus de 400 cm³, dans des potets travaillés ; veillez aux entretiens car la concurrence herbacée est très néfaste au cèdre, mais un gainage ligneux bien maîtrisé est bénéfique par son ombrage ; il améliore en outre la branchaison et fournit une protection contre le gibier.

Plantez à densité variable en fonction de l'objectif, de la végétation concurrente, et de la présence éventuelle de gibier (en général entre 1 100 et 1 500 plants/ha). Prévoyez une première éclaircie

vers 15 m de hauteur puis des éclaircies régulières environ tous les 10 ans et une coupe vers 100 ans dans le sud, sans doute moins dans le nord. Vous devriez alors récolter des arbres de 50 à 60 cm de diamètre, de 2 à 4 m³.

Un enrichissement en lignes espacées, ou par bouquets de quelques ares (2 à 3 bouquets par hectare), dans des trouées de peuplements feuillus, peut être une excellente solution pour préparer l'avenir de peuplements qui risquent d'être mis en porte à faux par le réchauffement climatique (chêne pédonculé par exemple). L'excellente capacité de régénération du cèdre à partir de 40 ans (et même parfois 20 ans) permettra d'assurer un relais en douceur en cas de dépérissement du peuplement initial.

Deux élagages vers une hauteur de 8 m (à 3 m, sur 300 tiges/ha) et de 15 m (à 6 m sur 150 tiges/ha) amélioreront grandement la qualité des produits. Mais si le bois de cèdre est généralement apprécié (surtout en zone méditerranéenne, française ou non), le marché est aujourd'hui anecdotique et les prix dans un demi-siècle ne peuvent être garantis ! Cependant, vous ne regretterez pas les paysages que vous aurez façonnés. ■



Expérimentation sylvicole sur un dispositif INRA (densité de 800 tiges/ha, élagage à 6 m).

Pour mieux apprécier la croissance du douglas : de nouvelles courbes de fertilité adaptées

Ariane Angelier, ONF Auvergne Limousin (1)

Les tables de production et courbes de fertilité utilisées jusqu'à présent pour le douglas rendent mal compte de la croissance observée de certains peuplements. Mais les nombreuses mesures issues de la recherche et des diagnostics sylvicoles ont alimenté une base de données qui a permis de dresser de nouvelles courbes, préalable indispensable à la réflexion sur les itinéraires sylvicoles. Cet article issu des « Rendez-vous techniques de l'ONF » en présente le principe et les résultats. Il sera complété dans un prochain numéro par la présentation des itinéraires sylvicoles associés.

Dans le cadre de l'élaboration d'un guide des sylvicultures pour le douglas (à paraître), l'Office national des forêts a redéfini des courbes de fertilité adaptées aux observations et mesures disponibles actuellement, de manière à proposer des itinéraires sylvicoles cohérents.

Pourquoi rechercher de nouvelles classes de fertilité ?

Un besoin né de l'analyse des mesures effectuées sur le douglas. Les mesures disponibles aujourd'hui sur le douglas sont nombreuses et de deux types. Les premières sont issues de diagnostics statistiques (type « Sylvie », ONF) réalisés ponctuellement lors de la révision des aménagements forestiers ou avant intervention sylvicole. Les autres proviennent d'expérimentations sur des peuplements identifiés et suivis en continu : placettes Renécofor, expérimentations des services de recherche de l'ONF, tests comparatifs des vergers à

graines et provenances (réseau commun ONF/Cemagref), coopérative de données douglas (réseau et base de données communs à l'ONF, l'AFOCEL, le Cemagref, l'INRA et l'IDF).

Le traitement et l'analyse de cette deuxième catégorie de mesures brutes a permis de comparer l'évolution du couple Âge/Hauteur dominante (toutes régions de France et contextes stationnels confondus) à plusieurs années d'intervalle avec les courbes de fertilité tirées des tables de production disponibles dans la littérature.

Ces courbes de fertilité sont au nombre de six : Décourt « Douglas Nord-Est Massif central » ; Décourt « Ouest Massif central » ; « C. Laurent - A. Thibaut », Cahiers forestiers de Gembloux, n°3, 1991 ; « Douglas Grande-Bretagne » (Forestry commission, booklet n° 48) ; « Douglas Basse Saxe » ; et « Gilbert-Duplat pays d'Othe ». L'objectif de ces travaux était de déterminer les courbes les plus appropriées à retenir dans le guide des sylvicultures pour servir de base aux itinéraires

sylvicoles.

Le calcul rigoureux des hauteurs dominantes H_0 (moyennes des hauteurs des 100 plus grosses tiges à l'hectare) pour chacun de ces sites et chacune des placettes a été réalisé à partir des données brutes. Les couples Âge/ H_0 ainsi obtenus ont été placés sur un graphique reprenant les courbes existantes.

...et des constats issus de cette comparaison

Les six courbes répertoriées présentent toutes des domaines de validité restreints (20-60 ans pour « Douglas Nord-Est Massif Central », 15-68 ans pour « Douglas Ouest Massif Central », 0-30 ans pour les courbes « Gilbert-Duplat pays d'Othe », 15-50 ans pour les courbes « C. Laurent-A. Thibaut »). De plus, leurs pentes de croissance sont trop faibles ou bien leurs classes sont d'amplitudes trop restreintes.

En outre, pour quatre de ces courbes (Ouest Massif Central, Nord-Est Massif Central, Grande-Bretagne, Basse Saxe), seules des tables sont disponibles ; or l'absen-

ce d'équation peut se révéler handicapante pour l'utilisation des modèles de croissance et donc la mise au point des itinéraires.

Enfin, les classes de fertilité de ces six courbes ne sont pas représentatives de tous les couples Âge/Ho issus des mesures de terrain. Il manque notamment une classe supérieure de fertilité.

Ces trois constats ont fait naître la nécessité d'établir de nouvelles courbes de fertilité assorties d'une équation fonction de la hauteur dominante à un âge donné (50 ans pour faciliter la lecture des courbes pour les jeunes peuplements) appuyées sur des classes de fertilité représentatives.

Établir de nouvelles classes de fertilité à partir des données recensées

Hypothèses de départ et méthode

Parmi les mesures évoquées au premier paragraphe, celles mentionnées ci-après ont permis la réalisation d'une régression (voir l'encadré « Précisions méthodologiques »). Elles sont représentatives des peuplements présents en France car toutes les régions et tous les contextes stationnels y sont représentés. Grâce à la recherche assidue des mesures disponibles sur le terrain (essais expérimentaux pour l'essentiel, mais aussi suivis individuels de peuplements exceptionnels), elles assurent également une bonne représentativité des tranches d'âges (domaine de validité : 0 à 120 ans) même si les très vieux peuplements se trouvent en nombre plus réduit.

La base de données ainsi recueillie comporte 357 couples Âge/Ho répartis sur 97 peuplements.

● Vieux peuplements (> 75 ans) :

FD des Farges (peuplement suivi par l'ONF depuis 1975, âgé aujourd'hui de 118 ans, arbres numérotés, suivi individuel) (Photo 1), FC de Roanne près du barrage de Renaison (peuplement suivi par l'ONF depuis 1989, âgé aujourd'hui de 115 ans) (photo 2), arboretum de la Jonchère (arboretum suivi par l'ONF avec deux mesures sur le groupe de douglas ces dix dernières années).

● Peuplements d'âges moyens (entre 15 et 75 ans) : Saint Just d'Avray (dispositif INRA touché par la tempête de 1999 mais suivi depuis 1935), dispositifs de la coopérative de données douglas (suivis ONF, Cemagref, AFOCEL, IDF, INRA) (photo 3), expérimentations suivies par l'ONF (Mélagues), et par l'INRA (Thivard).

● Peuplements très jeunes (< 15 ans) : suivis des tests de vergers à graines par l'ONF et le Cemagref) et suivis des expérimentations sur la régénération naturelle de douglas (ONF/AFOCEL) (photo 4).

Les hypothèses biologiques de départ, qui préfigurent l'allure générale de la courbe recherchée, donc le type d'équation, sont les suivantes :

● L'âge du peuplement est toujours calculé à partir du stade de la graine (âge zéro et $H_o = 0$) : dans le cas des plantations, rajouter l'âge des plants lors des diagnostics ; pour les régénérations naturelles, se caler sur la coupe d'ensemencement + 3 ans pour déterminer l'âge des semis (Angelier *et al.*, 2004).

● La croissance du douglas est forte dans le jeune âge : de 60 cm à plus d'1 m de croissance annuelle en hauteur selon les stations, hors stations non adaptées.

● La croissance des semis est plus lente sur les 3 à 4 premières années, d'après résultats des essais



© G. Plas, ONF



Photos d'Ariane Angellier, ONF

ONF sur la régénération naturelle : à 1 an, $H_o = 5-10$ cm, à 2 ans, $H_o = 15-20$ cm, à 3 ans, $H_o = 20-50$ cm, à 4 ans, $H_o = 50-80$ cm (Angelier *et al.*, 2004).

Figure 1 : Courbes de fertilité du guide douglas
(Courbes en noir : limites hautes et basses de chacune des classes de fertilité)

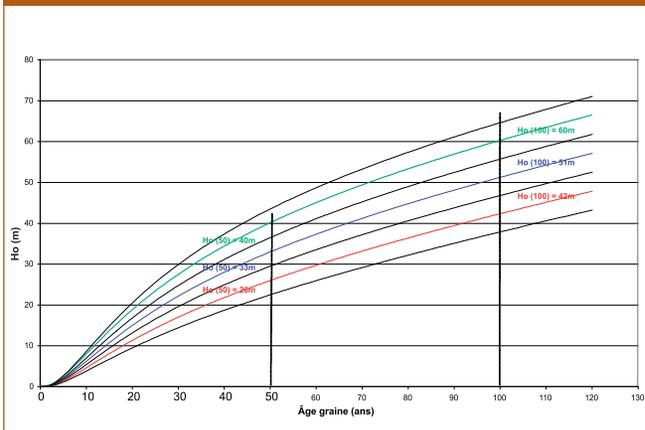
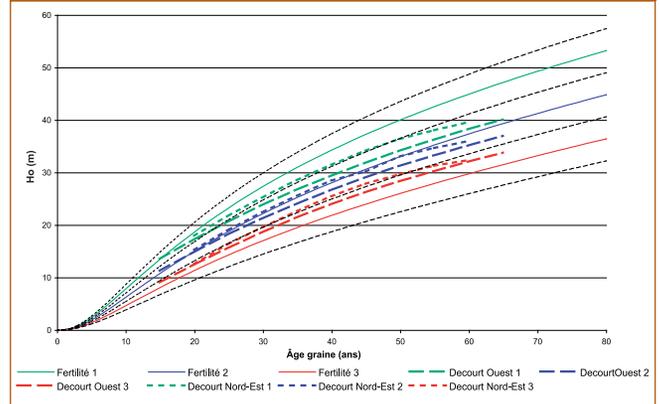


Figure 2 : Comparaison des nouvelles courbes de fertilité avec les courbes de Décourt (Courbes en pointillés noirs : limites hautes et basses des classes de fertilité 1, 2 et 3)



● Elle ralentit légèrement vers 30-40 ans mais reste encore forte, c'est la caractéristique de cette essence à croissance rapide.

La méthode utilisée est celle décrite par P. Duplat et Tran Ha dans « Conception d'un système d'aide à la décision pour le choix d'un scénario sylvicole : application aux peuplements de mélèze en région wallonne » (Pauwels, 2003). Voir le détail en encadré, page suivante.

Résultat de la régression : équation et classes de fertilité obtenues

L'ajustement donne, après détermination des différents paramètres, l'équation suivante pour le domaine de validité [0-120 ans] :

$$H_c = [0,2182 \times \hat{A}ge + 1,5035 \times H_c(50 \text{ ans}) - 10,9085] \times [1 - \exp(-((2,5346 \times \hat{A}ge)^{0,2882}))]^{22,9077}$$

Avec « Âge » l'âge depuis la graine et avec les valeurs suivantes pour H_c à 50 ans = 40 m en classe 1 ; 33 m en classe 2 ; 26 m en classe 3. Les trois courbes de fertilité (Figure 1) qui en découlent sont donc chacune le centre d'une classe de fertilité d'amplitude 7 m à 50 ans.

L'obtention de ces courbes de fertilité a donné lieu à une série de vérifications destinées à les consolider. Les vérifications ont validé l'équa-

tion obtenue et la bonne représentativité des classes choisies (2).

Comparaison avec les anciennes classes de fertilité utilisées en gestion

Les classes de fertilité utilisées jusqu'à présent par les gestionnaires des forêts soumises sont celles définies par Décourt (Nord-Est ou Ouest du Massif central). La figure 2 permet de mieux appréhender la différence avec les nouvelles classes de fertilité. Cet écart s'explique par la prise en compte de trois facteurs qui échappaient à Décourt (mesures ou résultats non disponibles pour analyse à l'époque) :

- des fertilités élevées sur certaines stations pour des peuplements d'âge moyen (exemple : FD de Sillé, Sarthe ; FD des Avant-Monts, Hérault), qui se sont révélées bien au-dessus de sa plus haute classe de fertilité ;
- une possible accélération de la croissance (climat, rejets atmosphériques etc.) parmi les jeunes peuplements ;
- la disponibilité de mesures expérimentales exhaustives et représentatives de l'ensemble des tranches d'âges, qui ont permis d'affiner la forme des courbes (croissance forte plus longtemps notamment).

Les nouvelles courbes de fertilité du douglas, fondement des référentiels sylvicoles

Ces nouvelles courbes (Figure 1) seront présentées dans le guide des sylvicultures de l'ONF. Elles sont utilisées dans ce document pour :

- l'estimation de la classe de fertilité (grâce à un diagnostic Sylvie préalable) avant la désignation des tiges objectif et la 1^{re} éclaircie pour déterminer les objectifs sylvicoles (nombre de tiges objectif et diamètre d'exploitabilité) liés à un peuplement donné ;
- le choix du référentiel sylvicole à suivre ; pour chacune des trois nouvelles classes de fertilité présentées ici, plusieurs scénarios (fonction du stade de rattrapage et de la densité initiale) sont présentés dans le guide à paraître ; ils ont été construits à partir de simulations réalisées avec les modèles de croissance et indiquent la hauteur dominante à laquelle déclencher une éclaircie (déterminée par son intensité de prélèvement en nombre de tiges et surface terrière) ainsi que l'évolution des caractéristiques du peuplement (croissance en hauteur, diamètre, surface terrière) jusqu'à l'éclaircie suivante. ■

Précisions méthodologiques

Qu'est-ce qu'un modèle de croissance ?

C'est un programme informatique qui permet de simuler l'évolution d'un peuplement (croissance en hauteur, en surface terrière, en diamètre, densité) en fonction des interventions sylvicoles qui lui sont appliquées. Il permet donc d'une part d'obtenir immédiatement le résultat d'un itinéraire sylvicole sans attendre plusieurs décennies de mesures, d'autre part de pouvoir comparer, à partir des mêmes données initiales de peuplement, des itinéraires variés.

Pour ce faire, un modèle doit être fidèle à la réalité. Il est donc bâti à partir d'un faisceau de mesures réalisées par le passé sur des peuplements pour lesquels l'ensemble des paramètres est connu (éclaircies réalisées, hauteur, densité, diamètre, etc.).

Qu'est-ce qu'une régression ?

Il s'agit d'une méthode d'analyse statistique qui permet, à partir d'un nuage de points (ici les mesures Âge/Ho faites sur les différents peuplements à divers moments de leur vie), de trouver l'équation de la courbe qui décrit le mieux les données recueillies. La courbe obtenue est d'autant plus ajustée que le nuage de points est resserré et le nombre de points élevé.

Calculs et ajustements réalisés pour les courbes douglas

Compte tenu des caractéristiques de croissance du douglas, l'équation testée ici est du type : $Ho = [a \times \text{Âge} + b_i] \times [1 - \text{Exp}(-((\text{Âge}/c)^d)]^e$

Avec « Âge » l'âge depuis la graine et avec « a, bi, c, d et e » les paramètres à déterminer, le paramètre bi prenant autant de valeurs qu'il y a de peuplements.

L'analyse statistique a été faite sur Statistica. Ce logiciel statistique n'acceptant que 47 paramètres au lieu des 101 (a, c, d, e, et 97 bi) qui auraient été nécessaires pour utiliser la base de données complète, un tri a été fait en éliminant les redondances (une seule placette par dispositif expérimental pour une même station par exemple), pour limiter le nombre de paramètres sans perdre en représentativité : ne restent ainsi que 34 paramètres, dont 30 variables muettes bi de peuplement ne représentant plus que 115 données âge/Ho qui conservent cependant la représentativité des stations et tranches d'âges.

La régression a été effectuée en donnant plus de « poids » aux jeunes et vieux peuplements un peu moins représentés en nombre dans la base de données (Pondération : 10 pour les vieux peuplements et 5 pour les jeunes peuplements).

Bibliographie

■ **Angelier (A.), 2006.** Guide des sylvicultures pour le douglas : de nouvelles courbes de fertilité adaptées. Rendez-vous techniques, n° 11, p. 7-12.

■ **Angelier (A.), Bailly (A.) et al., 2004.** Mise au point de scénarios de régénération naturelle du douglas pour le Massif Central. Rendez-vous techniques, n° 6, p. 64-68.

■ **Décourt (N.), 1967.** Le douglas dans le Nord-Est du Massif Central : tables de production provisoires. Annales des Sciences Forestières, vol. 24, n° 1, p. 45-84.

■ **Décourt (N.), 1973.** Tables de production pour l'épicéa commun et le douglas dans l'Ouest du Massif Central. Revue Forestière Française, vol. 25, n° 2, p. 99-104.

■ **Edwards (P.N.), Christie (J.M.), 1981.** Yield models for forest management. Forestry Commission, Booklet n° 48, 32 p.

■ **Gilbert (J.M.), 1995.** Stations forestières et production du douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) dans le Pays d'Othe. Revue Forestière Française, vol. 47, n° 4, p. 343-355

■ **Pauwels (D.), 2003.** Conception d'un système d'aide à la décision pour le choix d'un scénario sylvicole : application aux peuplements de mélèze en Région wallonne. Thèse de doctorat. Gembloux : Faculté universitaire des Sciences Agronomiques. 236 p.

■ **Rondeux (J.), Laurent (C.), Thibaut (A.), 1991.** Construction d'une table de production pour le douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) franco) en Belgique. Les Cahiers Forestiers de Gembloux, n° 3, 23 p.

■ **Schober (R.), 1975.** Ertragstafeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Frankfurt : Sauerländer's. 154 p.

Remerciements

À tous les personnels techniques qui ont participé aux mesures utilisées dans le cadre de l'analyse statistique et plus particulièrement aux services R & D de l'ONF (notamment G. Plas et J.L. Romand, service R & D Auvergne Limousin) et M. Bédéneau (INRA, coopérative douglas) qui ont tenu à jour les bases de données et ont fourni les données brutes.

Aux personnels techniques de l'ONF qui ont activement recherché les informations nécessaires à l'utilisation des couples Âge/Ho sur les très vieux peuplements (date de plantation etc.) dans les sommiers sur le terrain (notamment J.P. Balay, Loire ; B. Jobard, Rhône ; S. Signollet, J.L. Lacorre, Hte-Vienne ; J.P. Cocquebert, J. Monpoix et R. Chambon, Corrèze). À J.-M. Ottorini (INRA) qui a bien voulu me transmettre les données des expérimentations de St Just d'Avray et du Thivard. À T. Sardin pour sa relecture approfondie de l'article. Et enfin à Tran Ha pour ses explications sur le modèle élaboré avec P. Duplat (cf. biblio Pauwels D., 2003).

(1) ONF, Département Recherche et Progrès Technique – Direction Territoriale Auvergne-Limousin – Site de Marmilhat, BP 106 - 63370 LEMPDES.

Tél. : 04 73 42 01 20, Fax : 04 73 42 01 26, courriel : ariane.angelier@onf.fr

(2) Le détail est disponible auprès de l'auteur ou consultable à partir de l'article des Rendez-vous techniques de l'ONF n° 11, pages 7 à 12.

Résumé

Pour modéliser plus précisément la croissance des douglas sur tout le territoire, l'ONF a redéfini les classes de fertilité de cette essence. L'équation obtenue, valide de 0 à 120 ans, confirme le fort potentiel de croissance du douglas :

$$Ho = [0,2182 \times \text{Âge} + 1,5035 \times Ho (50 \text{ ans}) - 10,9085] \times [1 - \text{Exp}(-((2,5346 \times \text{Âge})^{0,2882}))]^{22,9077}$$

Avec « Âge » l'âge depuis la graine et avec les valeurs suivantes pour Ho à 50 ans = 40 m en classe 1 ; 33 m en classe 2 ; 26 m en classe 3. Les courbes de fertilité seront présentées dans un ouvrage à paraître « Guide des sylvicultures pour le douglas ».

Mots-clés : douglas, classes de fertilité, modélisation.

Exemple d'un scieur à façon mobile dans la Nièvre

Entretien avec William Testa par Samuel Six, IDF

Malgré la tendance actuelle des scieurs à s'installer en scierie fixe, il y a encore des scieurs à façon mobiles qui tirent de bons profits de leurs machines. C'est le cas de William Testa, qui débite 1 200 m³ par an dans le sud-ouest de la Bourgogne.

Après avoir servi sous les drapeaux, William Testa a travaillé pour le compte d'un entrepreneur sous-traitant de la ville de Paris, mais toujours avec l'idée de lancer son activité en Bourgogne.



Forêt-entreprise : Comment vous est venue l'idée de monter votre entreprise de sciage à façon ?

William Testa : Mon beau-père en possédait déjà une, c'est ce qui m'a amené à m'intéresser à ce métier. Ce qui m'a finalement décidé à lancer mon activité a été de voir fonctionner une scie mobile à ruban étroit horizontal près de chez moi dans la Nièvre. Mon beau-père travaillait avec un ruban classique qui ne permettait pas la qualité de sciage offerte par la lame mince. En 1997, j'ai démarré prudemment en louant une scie mobile Wood-Mizer LT40 de base, avec l'idée de faire du sciage de proximité. J'étais le premier du genre dans la région et je découvrais le métier, mais la facilité des opérations de sciage m'a rapidement mis en confiance. J'ai aussi vite réalisé l'importance de travailler avec des lames de qualité.

FE : Comment s'est déroulé le démarrage de votre activité ?

W. T. : Le démarrage n'a été ni facile ni rapide. Pour me faire connaître, j'ai commencé par une

petite campagne de publicité dans la presse locale, mais les gens du coin étaient plutôt méfiants à l'égard de la nouveauté du service. J'ai commencé avec deux ou trois clients pionniers, puis d'autres m'ont demandé de venir scier leurs bois. C'est regrettable à dire, mais ce qui m'a vraiment aidé à démarrer l'activité sont les deux tempêtes de fin 1999. Avec 4 459 000 m³ de bois par terre en Bourgogne (1 785 000 m³ en forêts publiques et 2 674 000 m³ en forêts privées), les demandes de travaux sont venues de tous côtés. En dix minutes, j'étais près d'endroits où des propriétaires avaient constitué des stocks de grumes. Après les avoir débités, je réattelais ma machine pour la tracter vers le client suivant et ainsi de suite tous les jours de la semaine, je me suis vite fait une réputation.

FE : Et qui sont vos clients ?

W. T. : Ils sont tous Bourguignons : agriculteurs, charpentiers et fabri-

cants de meubles principalement, mais aussi quelques propriétaires forestiers privés qui utilisent les produits sciés pour leurs constructions (garages, hangars, abris, barrières ou bardages). Quand je travaille seul sur place chez un client, il me donne la main pour charger les grumes sur la machine et pour évacuer les planches.

FE : Comment voyez-vous l'avenir de votre activité ?

W. T. : Je souhaite continuer à scier environ 160 jours par an, ce qui me donne un rendement d'environ 1 000 à 1 200 m³. En parallèle, durant les deux mois d'hiver où je ne scie pas, je pratique l'élagage qui représente tout de même 20 % de mes revenus. En fonction de la demande en bois transformé, et de la plus-value, j'augmenterai l'activité sciage ; je pense qu'il y a un marché de plus en plus important pour le sciage mobile à façon. Je garde aussi un œil sur les évolutions du métier ; pour faciliter mon travail je suis passé à l'hydraulique avec une LT40HD Super Hydraulic, c'est la perfection pour les bois plus courts et je scie aussi avec une LT 70 pour les plus gros diamètres et les billons plus longs. Le travail ne manque pas, je débite aussi bien du feuillu que du résineux ; le chêne et le douglas sont abondants en Bourgogne. ■