



## Introduction de conifères - Les enseignements de l'arboretum forestier des Barillons

Richard Chevalier, J.M. Gilbert, Christian Ginisty

### ► To cite this version:

Richard Chevalier, J.M. Gilbert, Christian Ginisty. Introduction de conifères - Les enseignements de l'arboretum forestier des Barillons. Ingénieries eau-agriculture-territoires, 1998, 13, p. 29 - p. 40. hal-00461141

**HAL Id: hal-00461141**

**<https://hal.science/hal-00461141>**

Submitted on 3 Mar 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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

# Introduction de conifères - Les enseignements de l'arboretum forestier des Barillons

Richard Chevalier, Jean-Michel Gilbert et Christian Ginisty

**E**tudier l'adaptation des essences forestières au milieu a toujours été le souci des forestiers. Le choix d'une ou plusieurs espèces lors d'un reboisement doit garantir la production d'un bois de qualité dans des conditions économiques intéressantes, tout en préservant l'écosystème forestier. Si l'écologie des essences indigènes est empiriquement connue depuis longtemps grâce à la pratique du forestier, il n'en est pas de même pour de nombreuses essences non autochtones dont on espère trop souvent des miracles quant à la rapidité de croissance ou l'aptitude à valoriser des terrains ingrats.

Pour acquérir des connaissances nouvelles sur le sujet, les services de la recherche forestière française ont installé des essais de plantation d'espèces appelés arboretums forestiers. Ces collections de peuplements permettent de comparer, sur un site représentatif de la zone potentielle d'introduction, les performances de diverses espèces, sous-espèces, variétés et provenances. On ne peut malheureusement tirer les enseignements de ces installations que plusieurs dizaines d'années plus tard.

C'est dans cet esprit que nous présentons, ci-après, le bilan des introductions d'espèces faites dans l'arboretum forestier des Barillons, installé sur le domaine des Barres (Loiret) à partir de 1924.

## Un peu d'histoire

Le domaine des Barres est mondialement connu pour ses arboretums de collection. Ceux-ci sont actuellement gérés par l'Engref (Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts). Leur ob-

jectif est de conserver le maximum d'espèces, sous-espèces ou variétés (2 700 taxons en 1987) et cela avec quelques exemplaires seulement (Durand, 1991). Moins connus sont les arboretums forestiers qui sont plutôt des juxtapositions de peuplements, chaque espèce étant représentée par plusieurs dizaines d'individus sur une parcelle de plusieurs ares. Les arboretums forestiers ont occupé jusqu'à 60 hectares sur le domaine des Barres. L'objectif initial d'une telle action était de trouver des essences relativement rustiques pour la mise en valeur des sols forestiers difficiles du centre de la France, tels ceux rencontrés en Sologne ou dans l'Orléanais.

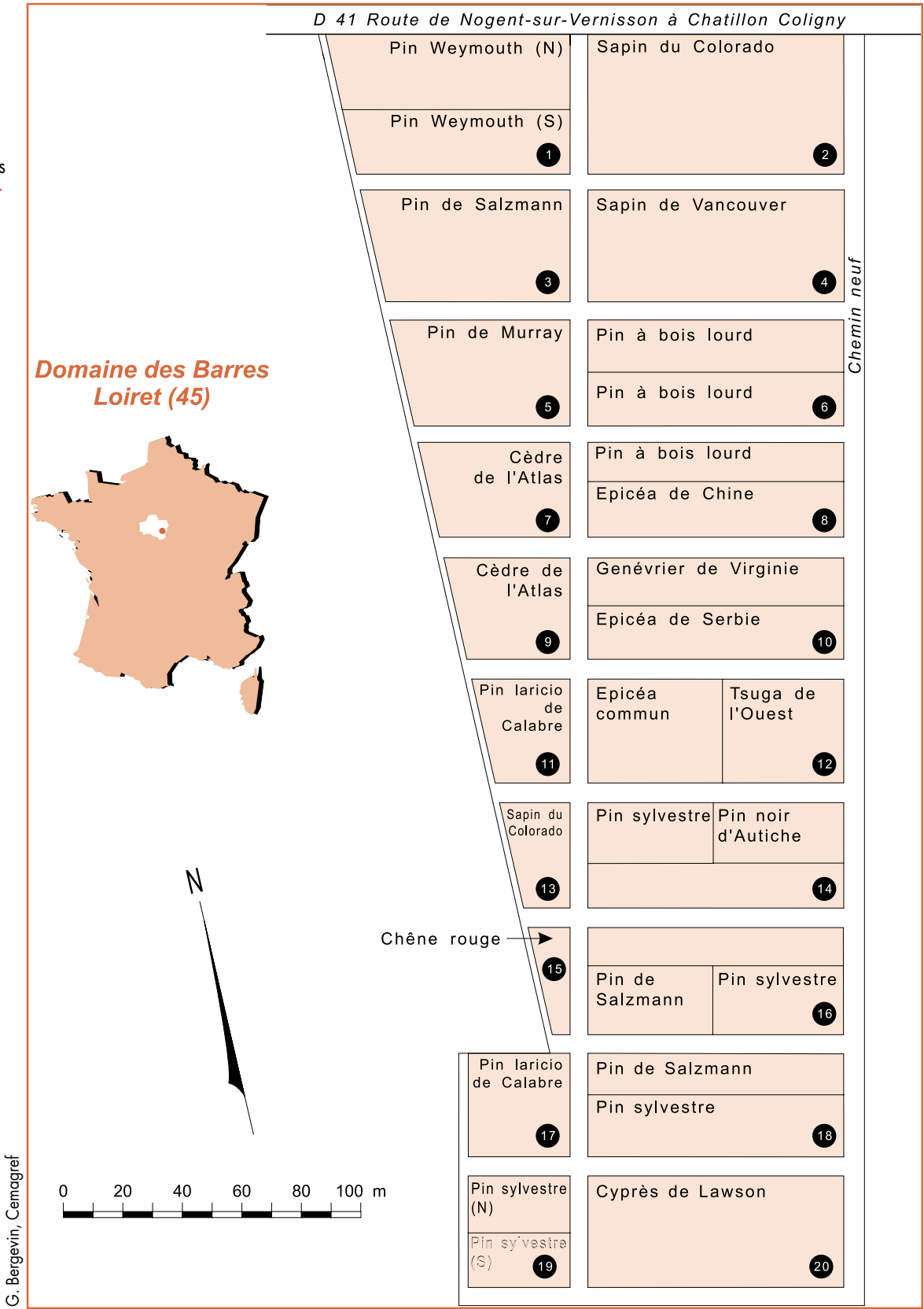
C'est Philippe André de Vilmorin qui introduit dès 1823, les premières essences non autochtones en peuplements aux Barres. Cette entreprise sera poursuivie par l'Etat, devenu propriétaire du domaine. En 1923, une parcelle agricole nouvellement acquise de 6,5 hectares est affectée à la constitution d'un arboretum forestier : celui des Barillons (carte 1).

Dans cette parcelle, en 1924 et 1925, des bouleaux sont plantés ou semés sur toute la surface afin de créer un abri. Suite à l'échec presque total de cette entreprise, dont les causes restent inconnues, les essences, pour la plupart résineuses, sont plantées sans abri. Plusieurs d'entre elles ne survivent pas, même à renfort de plusieurs regarnis (compléments de plantation) ; de nouvelles essences sont alors mises en remplacement.

Les plantations sont entretenues avec le plus grand soin jusqu'à la seconde guerre mondiale, sans pour

**Richard Chevalier et  
Christian Ginisty**  
Cemagref  
Domaine des  
Barres  
45290 Nogent-Sur-  
Vernisson  
**Jean-Michel  
Gilbert**  
ONF  
Centre administratif  
Nouveau Port  
20407 Bastia

Carte 1. –  
Plan de  
l'arboretum  
forestier des  
Barillons. ▶



autant faire l'objet de mesures répondant à un protocole rigoureux. Après la guerre, les plantations sont moins suivies et rarement éclaircies.

En 1991, après trois années consécutives de sécheresse et face à un état sanitaire préoccupant, le Cemagref, gestionnaire actuel des arboretums forestiers du domaine des Barres, décide de faire le bilan de l'arboretum des Barillons (Perrin, 1992).

### Des sols représentatifs des terres abandonnées par l'agriculture

L'arboretum des Barillons est situé sur la commune de Nogent-sur-Vernisson, dans le Loiret, à la limite des régions naturelles du Gâtinais et de l'Orléanais. Le climat est de type océanique altéré ; les précipitations atteignent 700 mm, avec des sécheresses estivales assez fréquentes ; la température moyenne est de 10,6 °C ; on comptabilise 61 jours de gelée sous abri par an (Chevalier, 1997). La parcelle est directement exposée aux vents dominants qui viennent du sud-ouest.

A une altitude de 145 mètres, l'arboretum est situé sur un terrain plat. Les formations géologiques sont composées de couvertures sablo-limoneuses sur des argiles à silex bariolées répertoriées en tant que « Würm et plus ancien » sur la carte géologique au 1/50 000°.

Le sol est composé d'une couche sablo-limoneuse de 40 à 80 cm d'épaisseur reposant sur une argile à silex compacte. La rupture texturale entre les deux couches est nette, ce qui peut entraîner un léger engorgement en eau de quelques centimètres au-dessus du plancher argileux, diagnostiqué en profondeur par des traces d'hydromorphie de faible intensité. Il est ici sans conséquences sur la croissance de la majorité des essences forestières. Une charge en silex d'environ 20 % est observée sur l'ensemble du profil.

Les analyses chimiques de l'horizon organo-minéral A et du premier horizon minéral S, sont présentées dans le tableau 1. Nous constatons la forte rémanence des amendements calcaires liée au passé agricole (Pourtet, Turpin, 1954) et caractérisée par un horizon organo-minéral faiblement désaturé. Par contre, le premier horizon minéral est franchement acide et désaturé.

Nous sommes en présence d'un sol brun acide issu d'une ancienne terre agricole, assez représentatif des terrains actuellement abandonnés par l'agriculture en Sologne ou en Orléanais. Les principales contraintes du sol sont une acidité prononcée sauf en surface et une faible réserve en eau.

La seule variation stationnelle significative observée sur la parcelle est la profondeur d'apparition du plancher argileux, qui varie entre 40 et 80 cm. Bien que cartographiée, son caractère aléatoire et le manque de répétition des peuplements ne permettent pas de la prendre en compte dans les résultats qui suivent. Il n'est d'ailleurs pas évident de savoir si, entre 40 et 80 cm, la proximité de l'argile constitue un avantage ou un inconvénient ; car si elle favorise la rétention en eau en comparaison du sable, sa compacité peut entraîner des difficultés d'enracinement pour certaines espèces.

### Une majorité de pins parmi les essences résineuses introduites

La parcelle de 6,5 hectares est découpée en 20 sous-parcelles numérotées de 1 à 20 et séparées par des allées, chaque sous-parcelle comporte 1 à 3 placettes (carte 1).

A cause d'échecs successifs, l'installation des 18 essences représentées (espèces, sous-espèces) s'est étalée sur environ 30 ans. Toutes les plantations ont été réalisées à des densités élevées, entre 2 500

Tableau 1. – Analyses de sol de l'arboretum des Barillons.



| Horizon            | Profondeur prélèvement (cm) | MO % | C %  | N %   | C/N  | pH  |     | Ca  | K     | Mg   | T    | S/T % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % |
|--------------------|-----------------------------|------|------|-------|------|-----|-----|-----|-------|------|------|-------|---------------------------------|
|                    |                             |      |      |       |      | Eau | KCl |     |       |      |      |       |                                 |
| A - organo-minéral | 0 - 2                       | 5,64 | 3,28 | 0,204 | 16,1 | 5,8 | 5,1 | 9,7 | 0,183 | 0,97 | 12,4 | 88    | 0,006                           |
| S - 1er minéral    | 20                          | 1,44 | 0,84 | 0,060 | 14,0 | 3,9 | 3,2 | 0,7 | 0,055 | 0,22 | 4,2  | 23    | 0,003                           |

Prélèvements sur une fosse pédologique dans la parcelle n° 7.

M.O : matières organiques ; C : carbone organique, méthode Anne ; N : azote, méthode Kjeldahl ; Ca : calcium, en m.e.q./100 g ; K : potassium, en m.e.q./100 g ; Mg : magnésium, en m.e.q./100 g ; T : capacité d'échange, en m.e.q./100 g, méthode de Metson ; S/T : taux de saturation ; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : phosphore méthode Duchaufour.

et 4 500 plants/ha, sur des surfaces de quelques dizaines d'ares (photo 1).

Des essences supplémentaires sont représentées par des placettes linéaires (de 1 à 3 lignes). Nous ne considérons pas dans la suite de l'article ces alignements comme des placettes car les effets de lisière sont trop importants.

Trois placettes ont été exploitées entre 1980 et 1985, deux d'entre elles sont intégrées à notre étude car des données dendrométriques (en rapport avec la forme et la dimension des arbres) ont été prélevées au moment de la coupe.

L'arboretum est presque exclusivement résineux, les pins occupent la moitié de la surface ; pour certaines essences, plusieurs provenances sont testées. Seule une placette est occupée par un feuillu : le chêne rouge d'Amérique ; elle n'est pas prise en compte dans le bilan car un recépage partiel y a été réalisé pendant la guerre.

Les essences étudiées sont les suivantes :

- sept pins : *Pinus contorta* Dougl. ssp. *murrayana* Engelm., *Pinus nigra* Arnold. ssp. *laricio* Maire, *Pinus nigra* Arnold. ssp. *nigra*, *Pinus nigra* Arnold. ssp. *salzmannii* Franco, *Pinus ponderosa* Dougl., *Pinus silvestris* L., *Pinus strobus* L.,
- trois épicéas : *Picea abies* Karst., *Picea asperata* Mast., *Picea omorika* Purkyne,

- deux sapins : *Abies concolor* Hoopes, *Abies grandis* Lindl.,

- enfin, quatre autres espèces : *Cedrus atlantica* Manetti, *Chamaecyparis lawsoniana* Parl., *Juniperus virginiana* L., *Tsuga heterophylla* Sarg.

Le bilan de l'automne 1991 porte donc sur sept genres représentés par 16 espèces ou sous-espèces (nous parlerons alors d'essences) constituant 26 peuplements différents. Les échecs d'installation ne sont pas abordés, faute d'archives suffisantes.

### Soixante ans plus tard, le moment du bilan

Un maximum d'éléments a été rassemblé pour effectuer une synthèse des résultats de l'arboretum des Barillons. Certaines données ont été recueillies dans des dossiers d'archives, incomplets suite aux réorganisations qui ont touché les équipes et les programmes de recherche forestière sur le site des Barres. Des mesures et notations concernant la rapidité de croissance et l'état sanitaire ont été réalisées en 1991, suivant un protocole de mesures et notations dont les principaux éléments sont décrits ci-après.

#### ■ Utilisation des documents d'archives

Par essence, ces documents indiquent l'année de plantation de chaque placette, sans forcément mentionner la saison. Cela conduit à une imprécision d'un an selon qu'il s'agit de plantations d'automne ou de printemps. Les regarnis ne sont pas pris en compte dans l'année de plantation. Dans le cas particulier de reconstitution presque totale du peuplement, nous considérons l'année de la reconstitution en remplacement de celle de la plantation.

Les données relatives aux provenances sont disparates et figurent dans le tableau 2 où nous indiquons :

- soit la région ou le pays d'origine pour les graines provenant de l'aire naturelle de l'espèce ;
- soit le site de provenance dans le cas de récolte de graines sur des peuplements non autochtones (entre parenthèses).

#### ■ Elimination des effets de lisière

Le principe d'un arboretum forestier est de disposer d'arbres qui se sont développés en peuplements

▼ Photo 1. – Vue de l'arboretum des Barillons.



R. Chevalier, Camagref

## Introduction de conifères - Les enseignements de l'arboretum forestier des Barillons

Tableau 2. – Caractéristiques des peuplements de l'arboretum des Barillons. ▼

| Nom latin*                                                                    | Nom français           | Aire naturelle*                                             | Provenance      | N° parcelle | Surface mesurée (ares) | Age (Plant.) en A91 | Hauteur dominante |                  | Etat sanitaire |                 | Adaptation     | Observations diverses                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|------------------------|---------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                               |                        |                                                             |                 |             |                        |                     | Ho A91 (m)        | Ho50(m) à 50 ans | % Classes 0+1  | Inter-prétation |                |                                                                                   |
| <i>Abies concolor</i> Hoopes                                                  | Sapin du Colorado      | Montagnes rocheuses, de l'Idaho au Mexique, 1800-3200 m     | (Les Barres 1)  | 2           | (4,0)                  | (54)                | 24,9              | 23,8             | -              | Mauvais         | Inadapté       | Exploité P80 - Dépérissement <i>Fomes annosus</i>                                 |
|                                                                               |                        |                                                             | (Les Barres 2)  | 13          | 3,1                    | 64                  | 20,3              | 17,6             | 56             | Mauvais         | Inadapté       | Dépérissement <i>Fomes annosus</i>                                                |
| <i>Abies grandis</i> Lindl.                                                   | Sapin de Vancouver     | Côte ouest USA et Canada, 0-1200                            | (Les Barres)    | 4           | (4,0)                  | (54)                | 25,9              | 24,7             | -              | Mauvais         | Inadapté       | Exploité P80 - Dépérissement <i>Fomes annosus</i>                                 |
| <i>Cedrus atlantica</i> Manetti                                               | Cèdre de l'Atlas       | Montagnes Atlas 1500-2000 m                                 | (les Barres)    | 7 - 9       | 19,0                   | 65                  | 25,3              | 19,9             | 100            | Bon             | Adapté         | -                                                                                 |
| <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> Parl.                                         | Cyprès de Lawson       | Côte ouest Amérique du Nord, 0-1500 m                       | ?               | 20          | 16,2                   | 65                  | 17,6              | 15,0             | 97             | Mauvais         | Inadapté       | Pourritures du cœur <i>Fomes annosus</i>                                          |
| <i>Juniperus virginiana</i> L.                                                | Genévrier de Virginie  | Est des Etats-Unis                                          | ?               | 10          | 7,0                    | 60                  | 13,8              | 12,3             | 84             | Moyen           | Inadapté       | -                                                                                 |
| <i>Picea abies</i> Karst.                                                     | Epicéa commun          | Europe septentrionale                                       | Jura            | 12          | 4,9                    | 53                  | 19,8              | 18,9             | 41             | Mauvais         | Inadapté       | Exploité A94, dépérissement <i>Fomes annosus</i> et <i>Dendroctonus micans</i>    |
| <i>Picea asperata</i> Mast.                                                   | Epicéa de Chine        | Montagnes sud-ouest Chine                                   | Chine           | 8           | 4,5                    | 60                  | 19,1              | 16,6             | 68             | Mauvais         | Inadapté       | Exploité A94, dépérissement - <i>Dendroctonus micans</i> ( <i>Fomes annosus</i> ) |
| <i>Picea omorika</i> Purkyne.                                                 | Epicéa de Serbie       | Serbie 900-1800 m                                           | ?               | 10          | 4,8                    | 54                  | 18,4              | 17,4             | 26             | Mauvais         | Inadapté       | Exploité A94, dépérissement ( <i>Fomes annosus</i> )                              |
| <i>Pinus contorta</i> Dougl. ssp. <i>murrayana</i> Engelm.                    | Pin de Murray          | USA - Sud chaîne des Cascades et Sierra Nevada, 2000-3000 m | Oregon          | 5           | 9,2                    | 36                  | 13,2              | 17,1             | 60             | Mauvais         | Inadapté       | Attaques <i>Dioryctria sylvestrella</i>                                           |
| <i>Pinus nigra</i> Arnold. ssp. <i>laricio</i> var. <i>calabrica</i> Schneid. | Pin laricio de Calabre | Calabre, Sicile, 1000-2000 m                                | (Les Barres)    | 11 - 17     | 15,7                   | 65                  | 24,0              | 20,5             | 95             | Bon             | Adapté         | Présence <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
| <i>Pinus nigra</i> Arnold. ssp. <i>nigra</i>                                  | Pin noir d'Autriche    | Autriche et Balkans, jusqu'à 800 m                          | Hongrie         | 14          | 6,5                    | 55                  | 20,0              | 18,8             | 85             | Moyen           | Moyen          | Présence <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
| <i>Pinus nigra</i> Arnold. ssp. <i>salzmannii</i> Franco                      | Pin de Salzmann        | Cévennes, Espagne, Afrique                                  | Cévennes        | 3           | 8,8                    | 61                  | 16,8              | 14,6             | 69             | Mauvais         | Inadapté       | -                                                                                 |
|                                                                               |                        |                                                             | Espagne         | 16          | 5,3                    | 55                  | 20,1              | 18,9             | 64             | Mauvais         | Inadapté       | -                                                                                 |
|                                                                               |                        |                                                             | Algérie du Nord | 18          | 4,9                    | 60                  | 21,4              | 19,0             | 86             | Moyen           | Moyen          | Présence <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
| <i>Pinus ponderosa</i> Dougl.                                                 | Pin à bois lourd       | Colombie Britannique au Mexique 0-3000 m                    | USA             | 6N          | 7,4                    | 38                  | 19,9              | 24,3             | 70             | Mauvais         | Inadapté       | Attaques <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
|                                                                               |                        |                                                             | USA-Manning ?   | 6S 8        | 12,5 5,1               | 39 60               | 19,2 22,7         | 23,0 20,2        | 67 89          | Mauvais Moyen   | Inadapté Moyen | Attaques <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
|                                                                               |                        |                                                             | ?               | 8           | 5,1                    | 60                  | 22,7              | 20,2             | 89             | Moyen           | Moyen          | Présence <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
| <i>Pinus sylvestris</i> L.                                                    | Pin sylvestre          | Europe                                                      | Drôme           | 14          | 3,8                    | 54                  | 19,9              | 19,0             | 83             | Moyen           | Moyen          | Présence <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
|                                                                               |                        |                                                             | Ecosse          | 16          | 7,0                    | 55                  | 17,7              | 16,5             | 72             | Moyen           | Inadapté       | Présence <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
|                                                                               |                        |                                                             | Wangembourg     | 18          | 9,5                    | 61                  | 22,8              | 18,8             | 96             | Bon             | Moyen          | Présence <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
|                                                                               |                        |                                                             | Loire           | 19N         | 5,1                    | 62                  | 16,4              | 12,9             | 59             | Mauvais         | Inadapté       | Attaques <i>Sphaeropsis sapinea</i>                                               |
|                                                                               |                        |                                                             | Hanau           | 19S         | 4,3                    | 62                  | 18,0              | 14,3             | 94             | Bon             | Inadapté       | -                                                                                 |
| <i>Pinus strobus</i> L.                                                       | Pin Weymouth           | nord-est USA sud-est Canada                                 | (Hanau)         | 1N          | 4,9                    | 37                  | 16,8              | 20,5             | 97             | Mauvais         | Inadapté       | Attaques <i>Eopinus strobi</i>                                                    |
|                                                                               |                        |                                                             | (La Jonchère)   | 1S          | 8,2                    | 37                  | 19,1              | 23,0             | 95             | Mauvais         | Inadapté       | Secs sur pied en 1997                                                             |
| <i>Tsuga heterophylla</i> Sarg.                                               | Tsuga de l'ouest       | Côte ouest Amérique du Nord, 0-2000 m                       | (La Jonchère)   | 12          | 4,5                    | 45                  | 18,8              | 20,5             | 84             | Mauvais         | Inadapté       | Pourritures du cœur <i>Fomes annosus</i>                                          |

\* Source G. Callen, 1977

complets, dans une ambiance de concurrence intraspécifique. Pour respecter ces conditions, nous avons matérialisé, à l'intérieur de chaque placette, une zone de mesure qui élimine les arbres de bordure. La zone de mesure varie entre 3,1 et 19 ares selon les cas.

### ■ *Evaluation de la production de bois*

Evaluer la production quantitative de bois d'un peuplement n'est pas une mince affaire lorsqu'on ne connaît pas les volumes prélevés en éclaircies. Aussi, nous appuyant sur les lois de Eichhorn (encadré 1), nous nous sommes intéressés à la hauteur dominante (Ho : hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare) pour déterminer un indice de production. Pour cela nous avons mesuré dans chaque peuplement le nombre d'arbres correspondant à la surface de la zone de mesure exprimée en ares. Ces plus gros arbres mesurés en hauteur devaient figurer dans l'étage dominant et être distants d'au moins cinq mètres les uns des autres.

#### Comparer des peuplements d'âges différents

Cependant, du fait de la variation de l'âge de nos peuplements entre 36 et 65 ans, la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare n'est pas directement utilisable pour comparer les peuplements étudiés. Pour résoudre ce problème, nous avons dû ramener la hauteur de chaque arbre mesuré à un âge de référence que nous avons fixé à 50 ans. Pour cela, nous avons utilisé des faisceaux

de courbes hauteur/âge issus pour la plupart des tables de production existantes, principalement britanniques (Hamilton et Christie, 1971) car elles couvrent une large gamme d'essences.

Bien que notre zone d'étude soit géographiquement éloignée du Royaume-Uni, la pertinence de certains modèles de croissance en hauteur des tables britanniques, pour le Centre de la France, a été montrée, par exemple pour le pin laricio (Gilbert et Chevalier, 1994). Lorsque nous n'avons pas trouvé de modèles de croissance pour certaines essences peu répandues, nous nous sommes référés à ceux des espèces les plus proches du point de vue taxonomie (tableau 3).

Les imprécisions liées à ces approximations restent modérées compte tenu du faible écart entre les âges réels et l'âge de référence, le classement des différentes essences suivant la hauteur à 50 ans est peu affecté. Nous considérons donc la moyenne des hauteurs des arbres dominants extrapolées à 50 ans, comme un indice de croissance en hauteur suffisamment fiable pour comparer nos peuplements, nous l'appellerons Ho50.

#### Comparer des essences différentes

Ho50 constitue un indice simple, corrélé avec la production en volume d'une essence donnée. Par contre, ce lien n'est plus direct lorsque l'on compare des essences entre elles, car nous sortons du champ d'application des lois de Eichhorn : deux peuplements d'essences différentes et de même hauteur dominante peuvent avoir une production en volume différente.

Pour nous éclairer, le tableau 4 donne la production en volume de différentes essences des tables de production britanniques pour une hauteur dominante de 20 m ou à l'opposé, la hauteur dominante atteinte pour une production totale de 570 m<sup>3</sup>/ha (référence d'un peuplement de pin laricio de Ho = 20 m). Si les chiffres de production des tables britanniques ne peuvent être extrapolés au Centre de la France, ils donnent néanmoins une idée des modulations qu'il faudrait effectuer pour utiliser, dans le cadre de notre étude, Ho50 comme un indice de production. Ces modulations n'étant possibles que pour un nombre limité d'essences, nous utiliserons Ho50, uniquement comme un indice de rapidité de croissance en hauteur.

Encadré 1

#### **Les lois de Eichhorn** (source A. Franc, F. Houllier - 1989)

##### **1<sup>re</sup> loi de Eichhorn**

Elle est une première réponse théorique au problème de l'estimation de la production puisqu'elle postule que : « dans une région climatiquement homogène, pour une essence donnée et pour une large gamme de sylviculture (peuplements pleins), la production totale en volume d'un peuplement équienne, monospécifique et génétiquement homogène ne dépend que de l'âge du peuplement et de la station ».

##### **2<sup>e</sup> loi de Eichhorn** aussi appelée « Loi de Eichhorn élargie »

Sous les mêmes hypothèses de régularité et d'homogénéité, elle postule que : « La production en volume depuis la naissance du peuplement n'est fonction que de la hauteur dominante du peuplement (quels que soient la station et l'âge du peuplement) ».

| Essences étudiées                                                  | Essence du modèle             | Pays              | Auteurs                               |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Sapin de Vancouver et du Colorado                                  | Sapin de Vancouver            | Royaume-Uni       | G.J. Hamilton et J.M. Christie - 1971 |
| Cèdre de l'Atlas                                                   | Cèdre de l'Atlas              | France (Provence) | C. Ripert et B. Boisseau - 1993       |
| Cyprès de Lawson, Genévrier de Virginie                            | Thuya géant, Cyprès de Lawson | Royaume-Uni       | G.J. Hamilton et J.M. Christie - 1971 |
| Epicéa commun, de Chine, de Serbie                                 | Epicéa commun                 | Royaume-Uni       | G.J. Hamilton et J.M. Christie - 1971 |
| Pin de Murray                                                      | Pin de Murray                 | Royaume-Uni       | G.J. Hamilton et J.M. Christie - 1971 |
| Pin laricio de Calabre, noir d'Autriche, de Salzmann, à bois lourd | Pin laricio de Corse          | Royaume-Uni       | G.J. Hamilton et J.M. Christie - 1971 |
| Pin sylvestre                                                      | Pin sylvestre                 | Royaume-Uni       | G.J. Hamilton et J.M. Christie - 1971 |
| Pin Weymouth                                                       | Pin Weymouth                  | Allemagne         | R. Schober - 1987                     |
| Tsuga de l'Ouest                                                   | Tsuga de l'Ouest              | Royaume-Uni       | G.J. Hamilton et J.M. Christie - 1971 |

◀ Tableau 3. – Modèles de croissance en hauteur utilisés pour estimer la hauteur dominante à 50 ans (Ho50).

### ■ Evaluation de l'état sanitaire

L'appréciation de l'état sanitaire a porté sur un échantillon d'au moins 50 arbres non dominés dans chaque peuplement. Chaque arbre a été noté suivant trois classes de défoliation inspirées de la grille européenne pour le « diagnostic et la classification des nouveaux dommages subis par les forêts » (Bauer, 1987). Ces notations réalisées à l'automne 1991 étaient délicates à mettre en œuvre en raison des différences de physiologie de houppier entre essences.

Les notations individuelles ont ensuite été interprétées pour définir trois niveaux d'état sanitaire du peuplement (encadré 2). Cette interprétation, affichée dans le tableau 2, a parfois été modulée à partir de symptômes non traduits par les notations de défoliation (pourritures du tronc sur cyprès de Lawson et tsuga de l'Ouest) ou par un dépérissement postérieur à 1991 (pins Weymouth secs sur pied en 1997 - photo 2).

Enfin, on peut penser que l'état sanitaire globalement mauvais des peuplements étudiés est accen-

tué, en raison de l'absence d'une sylviculture suivie et suite aux années de sécheresse consécutives qui ont précédé le bilan. Se situer à un niveau de risque maximum peut d'ailleurs être aussi instructif qu'une situation normale, car un peuplement fo-

Tableau 4. – Liaison entre la hauteur dominante et la production en volume de quelques essences forestières (*tables de production britanniques*, G.J. Hamilton et J.M. Christie, 1971). \* Production totale depuis la plantation exprimée en m<sup>3</sup>/ha, diamètre fin bout de 7 cm sur écorce.

| Essence              | Production* (m <sup>3</sup> /ha) pour Ho=20m | Ho (m) pour une production* de 570 m <sup>3</sup> |
|----------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Sapin de Vancouver   | 480                                          | 22,2                                              |
| Cyprès de Lawson     | 660                                          | 18,8                                              |
| Epicéa commun        | 560                                          | 20,4                                              |
| Pin de Murray        | 450                                          | 23,3                                              |
| Pin laricio de Corse | 570                                          | 20,0                                              |
| Pin sylvestre        | 530                                          | 20,9                                              |
| Tsuga de l'ouest     | 530                                          | 20,9                                              |

Encadré 2

**Classes d'état sanitaire**

**Notation individuelle des arbres**

- 0 : 0 à 10 % de défoliation, arbre sain,
- 1 : 11 à 25 % de défoliation, arbre faiblement atteint,
- 2 : > 25 % de défoliation, arbre moyennement ou fortement atteint.

**Etat sanitaire des peuplements**

- Bon ⇒ plus de 90 % des arbres en classe 0 ou 1 (sains ou faiblement atteints),
- Moyen ⇒ plus de 70 % des arbres en classe 0 ou 1 (sains ou faiblement atteints),
- Mauvais ⇒ au moins 30 % des arbres en classe 2 (moyennement ou fortement atteints).



▲ Photo 2. –  
Peuplement de pin  
Weymouth des  
Barillons quasiment  
sec sur pied en  
1997.

restier subira forcément au cours de sa vie des événements climatiques exceptionnels et parfois une sylviculture inadaptée.

**Le pin laricio et le cèdre  
sont les essences les mieux  
adaptées à la station**

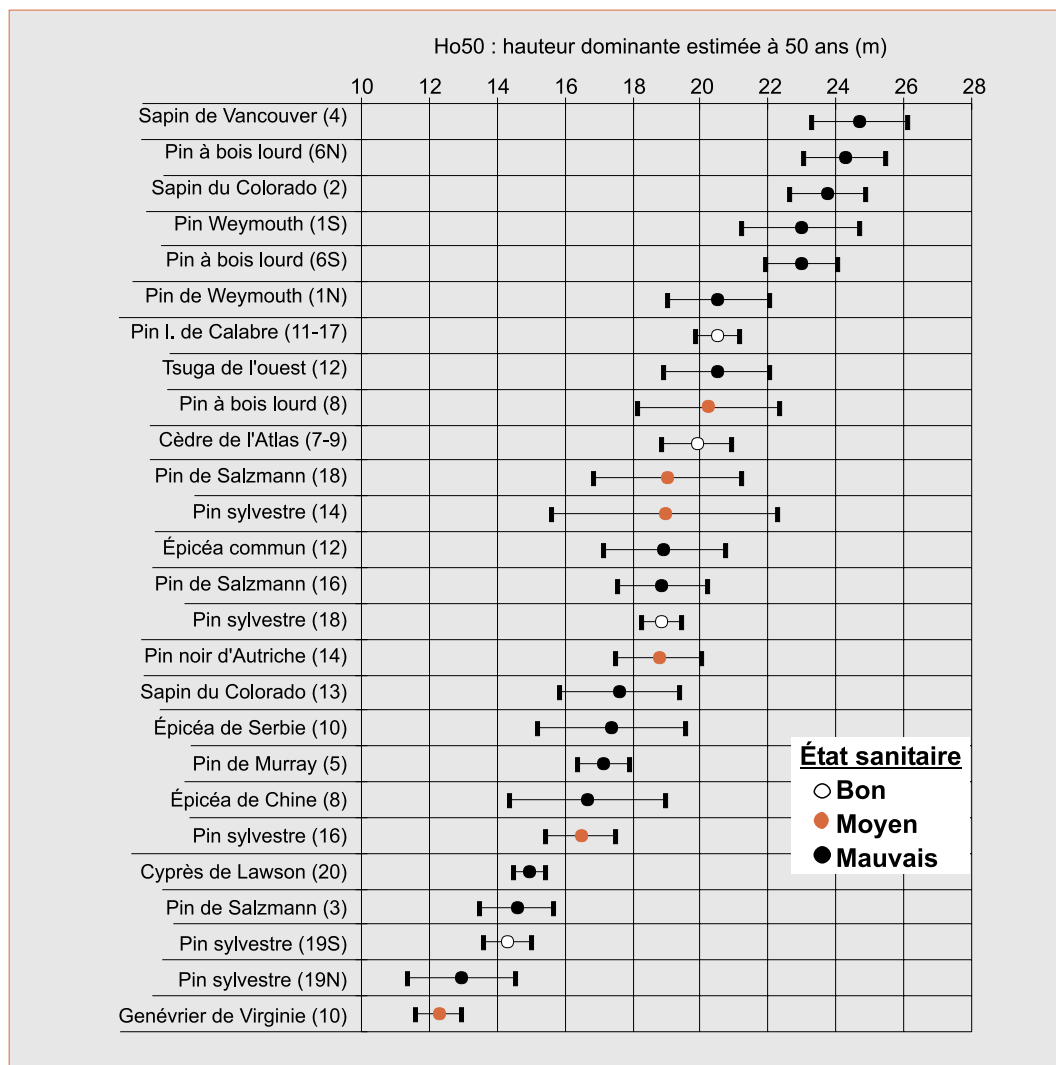
L'introduction d'une essence résineuse se justifie si les investissements réalisés conduisent à une production soutenue en bois de qualité, sans courir le risque de voir le peuplement décimé prématurément par des agents pathogènes ou des insectes ravageurs. Ces considérations prises en compte depuis longtemps prennent un sens encore plus fort aujourd'hui, compte tenu des préoccupations

des gestionnaires pour le respect des écosystèmes et des paysages forestiers, dans un souci de gestion durable. Suivant cette logique, les résultats présentés dans le tableau 2 et le graphique 1 permettent de faire un constat assez clair sur l'adaptation des essences étudiées dans l'arboretum des Barillons.

Tout d'abord, nous constatons que sur 26 peuplements, seulement 4 ont un bon état sanitaire, alors que 16 ont un état jugé mauvais. Il reste six peuplements avec un état sanitaire moyen, dont les problèmes ne sont pas à négliger mais sûrement exagérés en raison du manque de sylviculture et des événements climatiques des dernières années. En ce qui concerne la croissance, le graphique 1 montre la forte amplitude des hauteurs dominantes à 50 ans (Ho50), elles s'étagent entre 12,3 m et 24,7 m suivant les essences. Les peuplements qui remplissent la double condition d'un état sanitaire satisfaisant et d'une croissance correcte sont peu nombreux.

Sur ce point, le pin laricio de Calabre (photo 3) et le cèdre de l'Atlas (photo 4) se détachent des autres essences et paraissent les mieux adaptés à la station. Cela ne constitue pas une surprise pour le pin laricio, considéré ici comme l'essence de référence, fréquemment utilisée avec succès dans ces conditions stationnelles (Gilbert, Chevalier et Dumas, 1996). Le résultat est plus étonnant pour le cèdre que l'on a plus souvent tendance à implanter sur des sols développés sur roche calcaire. De plus, ces deux essences présentent une rectitude et une branchaison favorables à la production de bois d'œuvre de qualité.

Le pin sylvestre donne des résultats variables suivant les provenances, les meilleures restent cependant un peu moins performantes que le pin laricio de Calabre : la provenance Wangembourg a une hauteur à 50 ans de 18,8 m et un bon état sanitaire, la provenance Drôme a un niveau de croissance similaire mais un état sanitaire seulement moyen, la provenance Hanau présente un bon état sanitaire mais une croissance lente. En outre, les peuplements de pin sylvestre de l'arboretum des Barillons ont une assez mauvaise rectitude du tronc, pénalisante pour la production de bois de qualité. Ce phénomène est d'ailleurs souvent observé dans les peuplements de cette espèce, issus de boisements de terres agricoles.



◀ Graphique 1. – Hauteur dominante à 50 ans et état sanitaire selon les essences (moyennes de Ho 50 et intervalles de confiance au seuil de 5 %).

Le pin noir d'Autriche ainsi que la provenance algérienne de pin de Salzmann ont une hauteur à 50 ans légèrement inférieure à celle du pin laricio, et un état sanitaire seulement moyen. La forme des tiges est là aussi défectueuse.

Le pin à bois lourd a une croissance en hauteur remarquable, au moins égale à celle du cèdre et du pin laricio. Par contre, la santé des peuplements est préoccupante : deux peuplements ont un état sanitaire mauvais, le troisième est seulement moyen. Cette essence, peu introduite en France, mériterait toutefois des études approfondies, en raison de son fort potentiel de production.

Malgré leur bonne croissance, le pin Weymouth, le tsuga de l'ouest, les sapins américains posent de graves problèmes d'adaptation en raison de leur mauvais état sanitaire ; l'inadaptation de ces essences aux plaines du Centre de la France a été fréquemment constatée par ailleurs.

S'ils donnent une idée de l'adaptation ou de l'inadaptation possible de plusieurs conifères, ces résultats sont délicats à extrapoler : ils restent limités à un type de stations ainsi qu'aux essences et aux provenances étudiées. Par exemple, certains mélèzes ou sapins méditerranéens auraient pu donner des résultats intéressants. D'autre part,

R. Chevalier, Cemagref



Photo 3. – Le pin laricio est fréquemment utilisé avec succès : ici un sujet de 130 ans du domaine des Barres.

l'amélioration génétique forestière, qui a énormément progressé depuis la création de l'arboretum des Barillons, elle permet aujourd'hui une meilleure adaptation de certaines espèces.

La certitude que l'on peut avancer aujourd'hui, avec 60 ans de recul, est qu'en plus de la confirmation de l'adaptation du pin laricio, au moins une provenance de cèdre de l'Atlas convient à la station. Pour un objectif de production de bois résineux, cette espèce peut constituer une alternative intéressante au pin laricio dans les plaines du Centre-Ouest de la France. Le caractère méditerranéen du cèdre, grâce à une bonne résistance au stress hydrique et aux températures élevées, peut d'ailleurs être un atout dans l'hypothèse d'un léger réchauffement climatique. La mauvaise résistance du cèdre au froid est cependant souvent évoquée lorsqu'on envisage son introduction au nord de la Loire. Ceux des Barillons ont résisté à plusieurs grands froids ; nous pensons qu'il existe des provenances intéressantes à cet égard. Si les performances des meilleures provenances de pin sylvestre sont moindres, elles restent acceptables et peuvent être utiles dans le cadre d'une politique de diversification des essences.

Ces résultats montrent que, dans une optique de gestion durable, la marge de manoeuvre d'utilisation des essences non autochtones est étroite. La réussite de telles introductions, parfois mal comprises mais cependant nécessaires pour satisfaire nos besoins en matériau-bois, repose plus que jamais sur des connaissances solides d'adaptation d'un matériel génétique à la station, en interaction avec la sylviculture à appliquer.

### Les arboretums forestiers, une source de connaissances à valoriser

Les lignes précédentes ont montré à plusieurs reprises les limites de la démarche adoptée pour faire le bilan de l'arboretum des Barillons. En effet, certains facteurs comme la sylviculture pratiquée, les événements climatiques ou la variation de la profondeur du plancher argileux n'ont pu être pris en compte dans le traitement et l'interprétation des données ; d'autres tels que les différences d'âges des peuplements ou l'ignorance des volumes de

Photo 4. – Les cèdres de l'Atlas des Barillons.



R. Chevalier, Cemagref

bois prélevés lors des éclaircies ont pu être contournés de façon approximative.

Cependant, l'étude réalisée montre qu'il est possible de tirer des enseignements sur l'adaptation des essences forestières à partir de tels essais de comparaison de peuplements de différentes essences dans un milieu donné, même suite à un long abandon du suivi expérimental, à condition de disposer d'un minimum de documents d'archives. L'atout principal des arboretums forestiers est qu'ils permettent une expérimentation sur le long terme. Si la durée entraîne des problèmes de suivi, elle garantit ici la validité des résultats obtenus. En effet, 20 à 30 ans de recul sont nécessaires pour juger de l'adaptation d'une essence résineuse par sa rapidité de croissance. En ce qui concerne l'adaptation vis-à-vis des problèmes sanitaires, il convient d'avoir un suivi encore plus long ; gardons à l'esprit l'exemple frappant des deux peuplements de pin Weymouth de 37 ans de l'arboretum des Barillons, en bon état sanitaire en 1991 et que l'on retrouve quasiment secs sur pied et sans valeur marchande six ans plus tard.

Des arboretums forestiers semblables à celui des

Barillons existent dans diverses régions de France, en conditions de milieu très variées. Si certains sont rigoureusement suivis et ont fait l'objet de bilans (Bartoli, Largier, 1990 ; Bastien et Demarcq, 1994), plusieurs ont été implantés puis gérés comme de simples peuplements forestiers, à l'instar de celui des Barillons. Il existe là un potentiel qu'il convient de ne pas négliger, en particulier pour progresser dans la connaissance de l'autécologie d'essences « nouvelles » ou peu utilisées.

La réalisation d'un bilan, non plus sur un arboretum forestier mais sur un réseau d'arboretums existants, complété par des observations sur des peuplements classiques pour les essences utilisées en gestion courante, permettrait de confronter et de confirmer des résultats qui, obtenus au niveau d'un site, sont délicats à extrapoler. Une telle démarche devrait, avec des moyens relativement modestes en comparaison de ceux investis dans l'installation de ces arboretums forestiers, permettre de mieux connaître les principaux facteurs limitant l'adaptation d'essences forestières peu utilisées, dont certains gestionnaires forestiers attendent encore trop souvent des performances exceptionnelles. □

### Résumé

L'arboretum forestier des Barillons, implanté en 1924 sur le domaine des Barres (Loiret), a permis de tester en peuplements 16 essences résineuses. La station est représentative des terres abandonnées par l'agriculture en Sologne et Orléanais. Soixante ans après l'installation, le Cemagref a réalisé le bilan de cet arboretum. Les archives ont permis d'identifier l'origine des essences et les conditions d'installation et de sylviculture. Des observations et des mesures ont fourni pour chaque essence un indice de croissance et d'état sanitaire. Parmi les espèces testées, le pin laricio de Calabre et le cèdre de l'Atlas sont les mieux adaptées à la station. Le cèdre s'avère ainsi constituer une alternative au pin laricio dans les plaines du Centre-Ouest de la France. Ces résultats montrent qu'il faut du temps pour conclure sur l'adaptation des essences non autochtones. D'autres arboretums forestiers existent en France, dans des milieux variés ; cette source de connaissance en autécologie des essences mériterait d'être mieux valorisée.

### Abstract

The forest arboretum of Barillons was set up in 1924 on the « domaine des Barres » (Loiret - France). Sixteen coniferous species were tested on the site which is representative of the presently abandoned agricultural land in the Sologne and the Orléanais. Sixty years later, the Cemagref carried out an evaluation of this long-term experiment. The archives allowed us to identify the origins of the species, the planting and the silvicultural conditions. Observations and measurements gave indices on the growth and sanitary state of each species. Among the species tested, *Pinus laricio* var. *Calabrica* and *Cedrus atlantica* were the best adapted to the site. Cedar may therefore be a viable alternative to the Laricio Pine in the plains of Western-Central France. Our results show that assessing the adaptability of exotic species requires long-term input of data. Other arboretums were set up in France in different site conditions and represent a potential source of information about the autecology of forest tree species, which should be better exploited.

### Bibliographie

- BARTOLI, M., LARGIER, G., 1990. L'arboretum de Font-Romeu, *Bulletin Technique de l'ONF*, n° 18, p. 67-76.
- BASTIEN, J.-C., DEMARCQ, P., 1994. Choix d'espèces pour les reboisements d'altitude dans le Massif Central, *Bulletin Technique de l'ONF*, n° 27, p. 3-16.
- BAUER, F., 1987. *Diagnostic et classification des nouveaux dommages subis par les forêts* - Commission des Communautés Européennes, 20 p.
- CALLEN, G., 1977. *Les conifères cultivés en Europe*, Editions J.B. Baillière, 903 p.
- CHEVALIER, R., 1997. *L'année météorologique aux Barres en 1996*, Rapport Cemagref, 15 p.
- DURAND, R., 1991. *L'arboretum national des Barres et les arboreturns français, Jardins botaniques et arboreturns de demain*, BRG, p. 201-206.
- FRANC, A., HOULLIER, F., 1989. *Etudes des relations entre milieu et production, quelques critères de choix des méthodes*, « Livre vert » : Station forestière, production et qualité des bois, coordination Cemagref, 254 p.
- GILBERT, J.-M., CHEVALIER, R., 1994. Relations milieu-production du pin laricio, étude de la croissance en hauteur, *Informations Techniques du Cemagref*, n° 96, note 2, 8 p.
- GILBERT, J.-M., CHEVALIER, R., DUMAS, Y. 1996. Autécologie du pin laricio de Corse dans le secteur ligérien, *Revue Forestière Française*, n° 3, p. 201-216.
- HAMILTON, G.-J., CHRISTIE, J.-M., 1971. Forest management tables (metric) - Forestry Commission, *Booklet*, n° 34, 201 p.
- LACAZE, J.-E., 1991. *Recherche forestière et arboreturns, Jardins botaniques et arboreturns de demain*, BRG, p. 35-40.
- PERRIN, S., 1992. *Arboretum forestier des Barillons, bilans et perspectives*, Rapport BTS Productions forestières les Barres, 28 p.
- POURTET, J., TURPIN, P., 1954. Catalogue des espèces cultivées dans l'arboretum des Barres, *Annales de l'Ecole nationale des eaux et forêts*, tome IX, fascicule 1, 254 p.
- POURTET, J., 1979. Les arboreturns du ministère de l'Agriculture, *Revue Forestière Française*, n° 3, p. 183-192 ; et n° 4, p. 275-285.
- RIPERT, C., BOISSEAU, B., 1993. *Ecologie et croissance du cèdre de l'Atlas en Provence*, rapport Cemagref, février 1993, 81p.
- SCHOBER, R., 1987. *Ertragstafeln wichtiger Baumarten* - J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M., 166 p.
- TURPIN, P., PARDE, J., 1959. Caractéristiques et production de quelques peuplements résineux du domaine des Barres - *Revue Forestière Française*, n° 9, p. 785-796.