

# Les arboretums : un outil de recherche et d'éducation sur la biodiversité forestière

## Le cas de l'arboretum du Ruscas (Var)

par Bruno FADY et Jean THEVENET

***Dans le contexte actuel de changements climatiques, plus que jamais les arboretums sont des sites d'actualité. Outre leur intérêt expérimental, qui consiste à tester la survie et la croissance de différentes espèces d'arbres, les arboretums sont aussi des outils pédagogiques extrêmement intéressants. L'arboretum du Ruscas, dans le Var, est de ceux-là.***

### Introduction

Deux objectifs principaux peuvent justifier la mise en place d'un arboretum :

- 1.- tester l'acclimatation potentielle d'espèces (d'arbres) exotiques, avant de les introduire en reboisement ;
- 2.- constituer une collection de spécimens remarquables, à titre pédagogique ou de conservation, à la manière de ce qui se fait, aujourd'hui, dans les zoos pour les animaux.

Les forestiers ont depuis longtemps une tradition d'utilisation d'espèces exotiques pour le reboisement. L'histoire écologique de notre planète est faite d'accidents (par exemple les glaciations quaternaires) qui ont conduit à la disparition de nombreux taxons, notamment en Europe. Vouloir réintroduire ces taxons disparus, dans un objectif de diversification des essences et d'augmentation de la productivité, est donc une démarche qui peut être, et qui a été, considérée comme légitime. Pour que cette démarche soit scientifiquement raisonnable, les risques de mauvaise adaptation (mortalité, vigueur, parasites) étant important, une évaluation de l'acclimatation potentielle de ces taxons doit être entreprise. Ce rôle de sélection de taxons adaptés est dévolu aux arboretums expérimentaux dits « d'élimination ». Ce type d'arboretum contiendra essentiellement des espèces forestières exotiques, souvent répétées en grand nombre, installées dans un milieu qui n'est pas le leur, habituellement, et dont les performances vont être suivies dans le temps.

Si l'objectif premier d'un arboretum « expérimental » est d'être un outil scientifique de test, il acquiert avec le temps une dimension et une vocation pédagogique. Les sujets adaptés grandissent, des hétérogénéités se créent entre individus d'une même espèce, une biodiversité propre à l'arboretum s'installe du fait de sa collection, en un même lieu, d'individus remarquables d'origines différentes, qui en font un outil de démonstration et de pédagogie très efficace.

## Historique

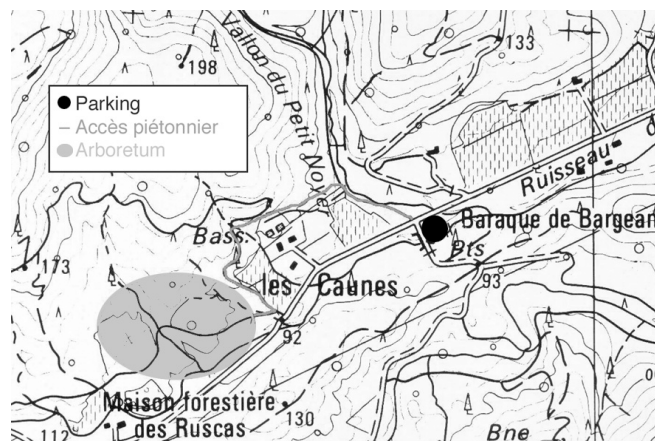
L'arboretum du Ruscas se situe dans la Forêt domaniale des Maures (Var, France), sur la commune de Bormes-les-Mimosas, en bordure de la Route Nationale 98 qui relie Hyères à St Tropez. Son entrée se trouve à 5 km vers l'est du Col de Gratteloup (Cf. Fig. 1, plan d'accès). Cet arboretum a été créé en 1963 par le Centre national de la recherche forestière (CNRF), alors responsable des activités de recherche de l'administration des Eaux et Forêts, en même temps qu'une série d'autres arboretums dans les massifs sili- ceux du Sud de la France. La mise en place de ce réseau correspondait à un maximum de dépérissement de la forêt de pin maritime provençale, par la cochenille *Matsucoccus feytaudi* et les xylophages secondaires associés. Le principal objectif de ces arboretums était de tester l'adaptation d'un grand nombre d'espèces forestières, aux conditions écologiques méditerranéennes françaises, espèces qu'il serait ensuite possible de substituer au pin maritime ou d'installer sur site dégradé après incendie (ALLEMAND 1990).

L'arboretum du Ruscas qui occupe une surface totale de 7,5 hectares, présente des conditions climatiques typiquement méditerranéennes (Cf. Fig. 2), avec une durée moyenne du déficit hydrique estival de plus de 2 mois, de fin juin à fin août. La pluviométrie annuelle moyenne (30 dernières années) est de 970 mm, celle de la période estivale ne dépasse pas 100 mm. La température moyenne annuelle (30 dernières années) est de 14°C. Son altitude moyenne est de 100 mètres au dessus du niveau de la mer. L'exposition générale du site est sud (de sud-sud-est à sud-sud-ouest), avec une alternance de croupes et de vallonnements dont l'amplitude altitudinale ne dépasse pas 30 m. Le sol est issu de la dégradation d'une roche mère micaschisteuse dans laquelle les gneiss sont abondants. Sablo-argileux, peu humifère et assez superficiel sur les croupes, le sol devient brun et profond au bas des vallonnements. Les résultats d'adaptation obtenus sont donc généralisables à un ensemble de conditions écologiques correspondant à des sites forestiers de basse altitude, sur sol acide, avec sécheresse estivale ne dépassant pas trois mois. Ces conditions se retrouvent en de nombreux pays du pourtour méditerranéen, notamment en Europe et au Maghreb, dans les variantes humides des étages thermo et méso-méditerranéens (QUÉZEL et MÉDAIL 2003).

## Evolution de la composition spécifique dans le temps

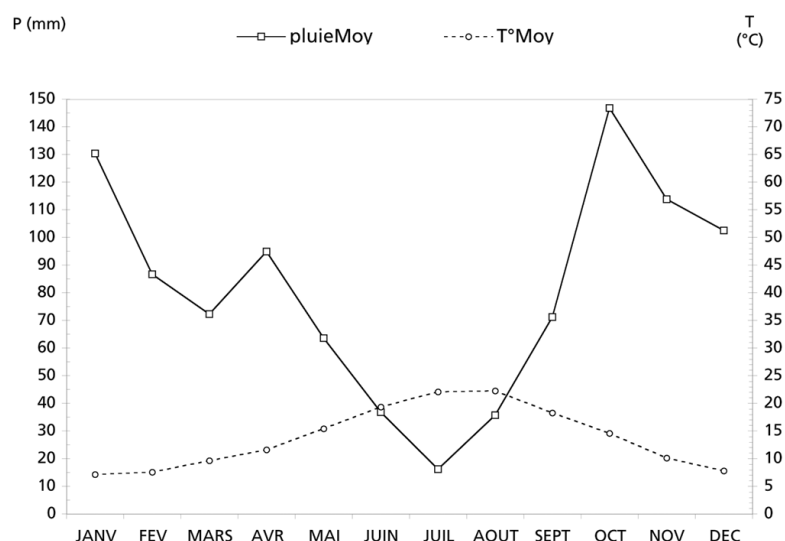
Quatre-vingt-dix espèces et sous-espèces d'arbres ont été installées entre 1963 et 1969, dont 28 espèces feuillues. Ces plants avaient été élevés à la pépinière forestière

**Fig. 1 :**  
Situation et plan d'accès  
de l'Arboretum  
du Ruscas



d'Amance, près de Nancy, siège de la direction du CNRF. Ils ont été installés dans des potets de 2 m x 2 m, après un débroussaillage en plein du milieu naturel (maquis à bruyère et arbousier), dans lequel les chênes-lièges avaient, cependant, été mis en réserve. Les plants ont été binés au cours de l'été 1964, et certains ont été ombrés et protégés contre le gibier à l'aide de rameaux de bruyère coupés. Trente-quatre espèces nouvelles (dont seize espèces feuillues, essentiellement des chênes), provenant majoritairement de Californie, ont été plantées entre 1993 et 1996. Ces plants avaient été élevés à la pépinière INRA (Institut national de la recherche agronomique) du Ruscas (le CNRF étant devenu un département de recherche de l'INRA entre temps). Le tableau I (Cf. pp. 242-246) fait la liste des espèces installées et montre l'évolution de leur effectif depuis la plantation, plateau par plateau. Sauf indication contraire, la plupart des arbres installés sont issus de semis. Les données disponibles sur l'origine précise des graines ne sont pas toujours disponibles. Les résultats sont donc souvent, à considérer pour l'espèce entière, sachant que la variabilité devra être testée au niveau infra-spécifique (provenances), au cas où l'espèce se révèle généralement adaptée.

C'est donc un total de 8435 plants, issu de 112 espèces et sous-espèces différentes, qui a été installé à l'arboretum du Ruscas depuis l'automne 1963. En 2005, il ne restait que 1834 individus, appartenant à 55 espèces différentes. La survie des individus par classe d'âge, après plantation, est présentée en figure 3. Plus de 40% de la mortalité a eu lieu dans les deux premières années d'installation. Cette mortalité est essentiellement due aux espèces installées au cours de la première tranche, puisque, en deuxième tranche, les 1239 plants, installés après 1993, avaient une survie de 85 %, deux ans après plantation. La survie moyenne de cette première tranche a ensuite continué à décroître, puisque plus de 30 ans après leur installation, elle n'était plus que de 17%. Cela témoigne de la trop large gamme d'espèces testées dans les années 60, dont bon nombre se sont révélées inadaptées aux conditions écologiques du massif des Maures. Il faut noter aussi que les premiers mois de l'année 1964, avaient été particulièrement pluvieux, pouvant ainsi expliquer un excédent de mortalité (par engorgement du sol et asphyxie racinaire). Ainsi, sur les 87 espèces et sous-espèces installées dans cette pre-



**Fig. 2 :** Conditions climatiques de l'arboretum du Ruscas (poste météorologique de l'INRA du Ruscas). Le diagramme ombrothermique est une représentation des moyennes de température (T en °C) et pluviométrie mensuelles (P en mm) permettant de faire apparaître les mois écologiquement secs, quand  $T < 2P$ . Période de relevés : 1973 – 2004

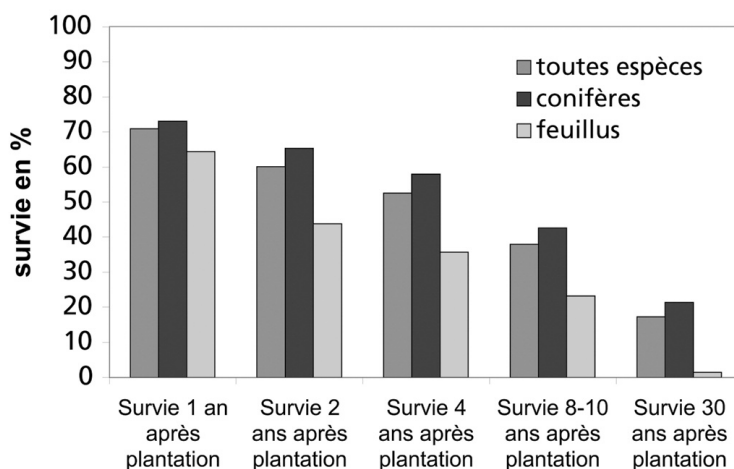
mière tranche, seules 35 sont présentes en 2005 (dont 5 à un seul exemplaire), soit une réduction de la biodiversité originale de 60%. A contrario, les plants installés après 1993, composés en majorité de chênes et pins californiens, ont bien mieux résisté aux exigences écologiques de ce type de milieu, puisque 80% de la biodiversité originale était encore présente 10 ans après plantation.

La part de mortalité due à la canicule de l'été 2003 s'est révélée assez faible. Ainsi, les plants âgés de plus de 30 ans enregistrent 11% de perte, souvent sous la forme d'un affaiblissement en 2004 et d'une mortalité en 2005. Chez les jeunes arbres, la mortalité supplémentaire est de 15%.

## Les feuillus

La plupart des feuillus installés dans les années 60 ont rapidement disparu malgré des soins culturels importants dans les pre-

**Fig. 3 :** Survie des espèces à l'arboretum du Ruscas en % par rapport au nombre total de plants installés. Les valeurs correspondant aux plants vivants après 30 ans ne concernent que les individus plantés avant 1969.





mières années de leur installation, et malgré une pluviométrie moyenne annuelle conséquente, au cours des mêmes années, voire particulièrement élevée au cours de l'automne 1963 et de l'hiver 1963-1964 (1100 mm). Ainsi, la survie 10 ans après plantation n'était plus que de 23%, et était de moins de 2% en 2005. La raison de cet échec est l'absence d'adaptation aux conditions locales, la plupart des espèces testées n'étant pas d'origine bioclimatique méditerranéenne, ou de régions écologiques où la sécheresse estivale est marquée. Les deux seules espèces feuillues survivantes sur presque 30 installées à l'origine, appartiennent au même genre botanique : *Alnus cordata* (2 individus) et *Alnus subcordata* (19 individus, 14% de survie pour l'espèce). La survie des feuillus installés après 1993 était de 34%, 10 années après plantation. Les espèces d'affinité méditerranéenne avaient, quant à elles, une survie de 40 % en 2005, et toutes les espèces, sauf une, étaient encore représentées. Le développement et la survie des feuillus restent donc difficiles dans l'arboretum du Ruscas. A quelques rares exceptions près, ce milieu est peu propice à leur acclimatation, et à la démonstration de leur intérêt pour les étages de végétation de basse altitude où la réserve en eau utile est faible. Même les feuillus naturels (chênes, arbousier, etc.) ont du mal à s'y régénérer.

**Photo 1 (ci-dessous) :**

L'Aulne du Caucase (*Alnus subcordata*) originaire d'Iran, peut atteindre 12 à 13 m de haut

**Photo 2 (à droite) :**

La croissance en hauteur du Pin de Monterey (*Pinus radiata*) est la plus forte de toutes les espèces présentes dans l'arboretum



## Les conifères

Les conifères ont mieux résisté, en général, aux conditions écologiques difficiles de l'arboretum du Ruscas. Leur taux de survie était de 43%, 10 ans après plantation, et de 21% plus de 30 ans après plantation pour les individus de la première tranche. La phase de croissance juvénile reste une période difficile. Le nombre d'espèces disparues était de 19 sur 28 à l'origine, soit une perte de biodiversité spécifique de 31%. Les espèces les plus montagnardes, ou dont les graines provenaient d'origines très montagnardes, ont mal survécu. Parmi les espèces survivantes, les meilleurs taux de survie sont obtenus pour les génotypes provenant de zones de basse altitude ou de régions où la sécheresse estivale est marquée. Les sapins survivent le moins bien (taux de survie de 14%), suivis des pins (27%) et des cèdres (38%). Le meilleur taux de survie (89%, 10 ans après plantation) est obtenu par le pin pignon, dont l'adaptation reste à évaluer dans les prochaines années.

## Un bref aperçu des espèces qui poussent le mieux dans l'arboretum

En terme de survie, les espèces qui présentent les plus fortes affinités écologiques avec leur milieu d'introduction ont le meilleur comportement. Ce résultat n'est maintenant



plus original. Ce type d'expérience a permis de le mettre clairement en évidence, de sorte que tout cahier des charges d'aménagement forestier en tient compte. Ce n'est pas toujours le cas des boisements qui n'entrent pas dans le champ de la législation forestière. Les introductions dans les alignements, les plantations paysagères, les revalorisations de carrières par exemple échappent à la réglementation forestière en matière de matériels de reproduction. La libéralisation des échanges de matériels de reproduction, exacerbant la concurrence, rend le risque d'acquisition de matériel non adapté bien réel. Ce risque est aussi bien réel dans les pays, nombreux sur le pourtour méditerranéen, ne disposant pas de législation contraignante en matière d'approvisionnement forestier. Les observations issues de l'arboretum du Ruscas peuvent à ce titre servir de rappel sur les risques encourus en cas de mauvaise adaptation.

A contrario, lorsque l'adaptation est bonne, il est possible d'obtenir des performances acceptables en terme de survie et de croissance. Le tableau II (Cf. p. 246) donne une idée de la taille maximale que peuvent atteindre les espèces qui poussent le mieux, une quarantaine d'années après plantation.

**Aulne du Caucase.** Originaire d'Iran, *Alnus subcordata* peut atteindre 12 à 13 m de haut dans les endroits assez profonds de l'arboretum (Cf. Photo 1) où la réserve en eau du sol se maintient pendant l'été. La présence de descentes de cime indique à la fois sa sensibilité à la sécheresse estivale, et sa capacité à repartir après un stress hydrique. Cette espèce fournit chaque année, pendant l'hiver, des quantités importantes de graines. La présence, sur ses racines, de nodosités permettant la fixation d'azote atmosphérique, rend cette espèce potentiellement intéressante dans la revalorisation des sols pauvres en éléments minéraux.

**Pin de Monterey.** La survie de *Pinus radiata* est bonne, et sa croissance en hauteur (Cf. Photo 2) est la plus forte de toutes les espèces présentes dans l'arboretum (Cf. Tab. II). A part quelques nids de chenille processionnaire (*Thaumetopoea pythio-campa*), peu de dégâts ont été observés. Ces observations sont surprenantes, au regard de la situation de cette espèce dans le Pays Basque, où sont présents quelques peuplements introduits. Elle y est sensible aux gelées, à plusieurs pathogènes foliaires et à de très nombreux insectes des pins, à l'exception notable de la cochenille

*Matsucoccus feytaudi*. Son implantation dans un lieu où l'humidité atmosphérique est faible peut être une explication à son comportement dans l'arboretum du Ruscas.

**Pins noirs.** Installés en très grande quantité dans l'arboretum (980 exemplaires), ils ont un des meilleurs taux de survie enregistrés (58%). Leur hauteur dominante moyenne à presque 40 ans est de 12 m. Les pins laricio de Corse ont la meilleure survie de tous les pins noirs (69%) et sont, avec les pins de Monterey, les plus grands arbres de l'arboretum (hauteur dominante moyenne de 15 m). Leur installation à basse altitude sur terrain siliceux ne pose pas de problème particulier (Cf. Photo 3).

**Sapins méditerranéens.** Leur survie moyenne est classique dans le genre *Abies*. Leur hauteur totale à 40 ans est relativement faible, mais, elle aussi, classique chez *Abies* dans les faibles classes de fertilité. Les

**Photo 3 :**

Les pins laricio de Corse sont, avec les pins de Monterey, les plus grands arbres de l'arboretum (hauteur dominante moyenne de 15 m).



sapins méditerranéens sont les conifères qui ont le plus souffert de la canicule de 2003. Ces espèces (notamment *Abies bornmuelleriana*) ne peuvent être installées que dans des sols profonds sur ce type de milieu. Il faut aussi noter que beaucoup d'arbres ont disparu par coupe illégale, au moment des fêtes de Noël.

**Pins mexicains** (*Pinus patula* et *P. rudis*). Ces pins présentent des mortalités élevées pour le genre *Pinus*. Les survivants ont une croissance moyenne, mais aucun signe de dépérissement notable. Ils sont remarquables par leurs longues aiguilles groupés par cinq et leur port pleureur.

**Chênes méditerranéens.** Essentiellement plantés après 1993, ils se caractérisent par une survie qui reste acceptable (40%, et présence de toutes les espèces d'origine) et peu affectée par la canicule. Cependant, tous les individus ont un port buissonnant 10 ans après plantation, et aucune hauteur n'est supérieure à 1 m, notamment du fait de dégâts d'insectes phytophages (essentiellement *Ephippiger ephippiger*, la boudrague) et de chevreuil. Leur suivi demande un travail d'entretien conséquent. Dans ce contexte, la survie des chênes moyen-orientaux *Q. ithaburensis* (65 %) est remarquable, de même que celle de deux chênes californiens *Q. wislizenii* (64 %) et *Q. garryana* (50 %).

## L'arboretum, un outil scientifique et d'éducation qui a de l'avenir

L'installation d'arboretums a contribué (et le peut certainement encore) à améliorer les connaissances écologique et sylvicole sur les arbres forestiers, par exemple en révélant des capacités d'adaptation inattendues pour le milieu d'introduction (*P. radiata* ou *Q. ithaburensis* à l'arboretum du Ruscas). À l'heure des menaces globales sur la biodiversité, les arboretums peuvent continuer à être des outils scientifiques appropriés. Parce qu'existe, sur un même milieu, un grand nombre de « génotypes » d'arbres, issus d'écosystèmes très divers, mais connus, les arboretums peuvent être un outil d'appréciation de l'effet des changements globaux qui s'opèrent actuellement sous l'effet des actions directes ou indirectes de l'homme. Ainsi, la comparaison de la résis-

tance de chaque espèce à des ravageurs introduits donnera une idée de la vulnérabilité des écosystèmes aux invasions biologiques. Ou encore, l'observation comparée, année après année, de leur phénologie végétative ou florale en fonction des conditions climatiques pourra fournir des informations précieuses sur l'effet des modifications du climat sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers.

Dans ce même contexte de menaces globales, les arboretums sont aussi un outil de collection et de sauvegarde de la biodiversité forestière. Constituer des ressources ex situ, éventuellement capables de remplacer celles qui auraient pu disparaître dans leur aire d'origine (et la région méditerranéenne est particulièrement menacée de ce point de vue), est une stratégie de gestion absolument fondamentale. L'arboretum du Ruscas abrite deux collections conservatoires importantes. La collection conservatoire de pin pignon (*Pinus pinea*) contient 40 provenances représentatives de l'ensemble de l'aire de répartition de cette espèce emblématique du littoral méditerranéen. Sa faible diversité génétique (FALLOUR *et al.* 1997) et ses exigences écologiques, souvent incompatibles avec les besoins fonciers des métropoles du pourtour méditerranéen, en font une espèce potentiellement vulnérable. La collection conservatoire de cèdre (essentiellement *Cedrus libani*) contient, elle aussi, 40 provenances représentatives de l'aire de répartition de l'espèce, au Liban et en Turquie. De nombreux peuplements y sont menacés, notamment par absence de régénération naturelle sous l'effet de pressions pastorales importantes.

Mais les arboretums sont aussi un formidable outil d'éducation à la biodiversité, bien adapté notamment à l'accueil de jeunes enfants, et on peut facilement imaginer y créer un « chemin de la biodiversité » moyennant quelques aménagements simples (FADY, 1999). En effet, dans un seul et même lieu, il est possible d'identifier et d'illustrer tous les niveaux d'expression de la biodiversité, depuis la diversité écologique jusqu'à la diversité génétique. Le site d'implantation d'un arboretum n'est jamais totalement homogène, et il en va ainsi de l'arboretum du Ruscas, ce qui permet d'illustrer la notion de diversité écologique. Dans les sols profonds et frais des thalwegs, on notera la présence de feuillus (par exemple le chêne-liège autochtone et les aulnes et sapins plantés) qui disparaissent au profit d'un maquis haut



à arbousiers (dans lequel les pins peuvent pousser), lui-même remplacé par un maquis bas à bruyère et cistes sur les croupes à sol squelettique. La présence de couvert forestier modifie la composition et l'architecture des strates arbustives et herbacées, qui ont tendance à disparaître lorsque la densité d'arbres augmente, comme sous le couvert des pins laricio.

La diversité taxonomique s'illustre remarquablement en comparant les divers genres et les diverses espèces de conifères présents en de nombreux endroits de l'arboretum. Chacune est aisément reconnaissable morphologiquement. Les cônes dressés et résineux des sapins s'opposent aux cônes globuleux à écailles persistantes des pins. Les cônes énormes du pin de Coulter (*Pinus coulteri*) font le pendant des tout petits cônes de pin noir (Cf. Photo 4).

Enfin, la diversité génétique s'illustre aussi remarquablement en comparant les performances adaptatives de sous-espèces génétiquement proches (par exemple, les pins noirs de Corse des placeaux 57-59, et les pins noirs de Calabre des placeaux 54-56), en comparant les différentes provenances d'une même espèce (par exemple dans les collections conservatoires de pin pignon ou de cèdre des placeaux 159 et 161) et en comparant les individus d'une même sous-espèce poussant côte à côte, sans pour autant pousser exactement de la même façon (par exemple, les pins laricio de Corse du plateau 48, la collection conservatoire de pin pignon du plateau 159). On pourra vouloir parler du risque écologique qu'il y a à introduire des espèces exotiques (la mortalité depuis l'installation de l'arboretum est forte), sans que cela soit une règle absolue (les performances de *Pinus radiata* sont les meilleures de toutes les espèces de l'arboretum, alors que les quelques pins maritimes autochtones sont dépérissants).

Outil d'observations scientifiques, outil de protection et outil d'éducation, l'arboretum constitue aussi une ressource patrimoniale en arbres remarquables, et l'arboretum du Ruscas ne déroge pas à la règle. Abritant une biodiversité remarquable, il est enfin un lieu de promenade en famille, entre amis, pour ramasser des champignons ou se détendre. Nous ne pouvons avoir d'autre espoir que celui de sa pérennité.

**B.F., J.T.**

## Remerciements

Nous tenons à saluer A. et P. Aliberti, G. Bettachini, P. Ferrandès, A. Giai-Checa, M. Meddane, L. Perraudin, J. Pommery, F. Rei, M. Vernier, C. Weston, les équipes locales FSIRAN et l'Office national des forêts pour la conception, l'installation et l'entretien de l'arboretum, ainsi que pour la réalisation des mesures nécessaires à ce bilan. Merci à M. Bariteau et T. Lamant pour leur relecture critique du manuscrit.

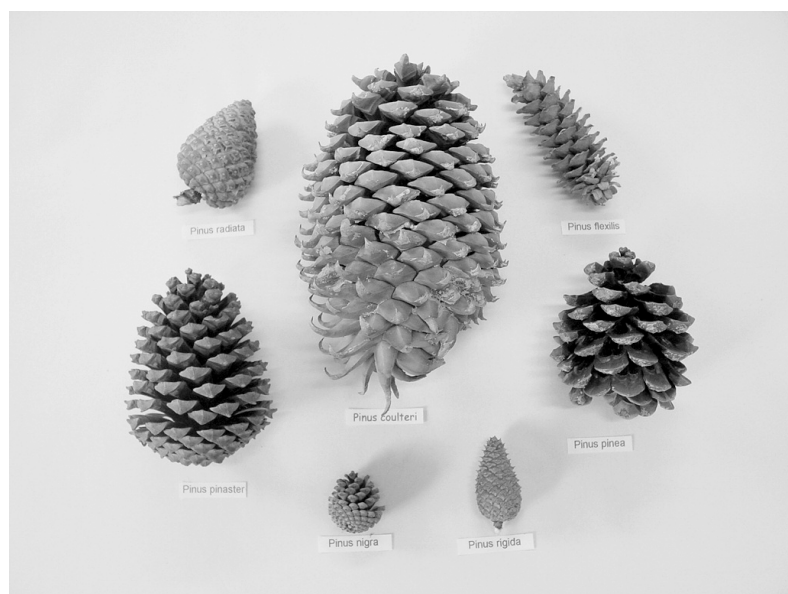
## Bibliographie

- Allemand P, 1990. Espèces exotiques utilisables pour la reconstitution du couvert végétal en région méditerranéenne. Bilan des arboretums forestiers d'élimination. Collection Techniques et Pratiques, INRA éditions, Paris.
- Fady B., 1999. La forêt. In « Graines de Sciences », Catala I., Léna P., Quéré Y. éditeurs, Le Pommier-Fayard, Paris, 45-74.
- Fallour D., Fady B., Lefèvre F., 1997. Study on isozyme variation in *Pinus pinea* L.: evidence of low polymorphism. *Silvae Genet.*, 46(4), 201-207.
- Quézel P. & Médail F. 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris.

Bruno FADY  
INRA URFM  
Site Agroparc  
Domaine Saint-Paul  
84914 Avignon  
Cedex 9  
Mél : fady@  
avignon.inra.fr

Jean THEVENET  
INRA Unité  
expérimentale  
forestière  
méditerranéenne  
Domaine du Ruscas  
4935 route du Dom -  
83230  
Bormes-les-Mimosas  
Mél : thevenet@  
avignon.inra.fr

**Photo 4 :**  
Les cônes énormes  
du pin de Coulter (*Pinus  
coulteri*) font le pendant  
des tout petits cônes  
de pin noir.



## Résumé

De nombreux arboretums ont été installés en région méditerranéenne française dans les années 1960, dans le but de tester la survie et la croissance de différentes espèces et sous-espèces d'arbres forestiers. Nous faisons ici le bilan de l'un d'eux, l'arboretum du Ruscas (Var). Si la croissance et l'adaptation d'espèces, comme le pin laricio, ne surprendra pas, le comportement d'autres espèces, comme *Pinus radiata*, *Quercus ithaburensis* ou *Alnus subcordata*, mérite d'être noté. Au-delà de son intérêt de collection d'arbres remarquables, nous avons voulu montrer que l'arboretum du Ruscas, comme tous les arboretums, reste un site expérimental d'actualité dans le cadre du suivi de l'effet des changements climatiques, ainsi qu'un outil pédagogique remarquable pour illustrer la complexité de la biodiversité.

## Summary

**Arboretums, a tool for research and education on woodland biodiversity : the example of the Ruscas arboretum (Var, S.-E. France)**

Quite a number of arboretums were established in the French Mediterranean region during the 1960s with the aim of testing the survival and growth of various forest tree (sub)species. Here we give an account of one such arboretum, at Ruscas. While the growth and adaptability of species such as the Laricio pine will cause no surprise, the behaviour of other species, notably *Pinus radiata*, *Quercus ithaburensis* or *Alnus subcordata*, merits attention. Beyond the interest of Ruscas arboretum as a collection of trees, we have tried to show that it continues to be an experimental site of current relevance in relation to monitoring the effects of climate change, at the same time as it functions as an outstanding educational tool for illustrating the complexity of biodiversity.

## Riassunto

**Gli arboreti : un annesso di ricerca e di educazione sulla biodiversità forestale  
Il caso dell'arboreto del Ruscas (Var)**

Numerosi arboreti sono stati impiantati in regione mediterranea francese negli anni 1960, allo scopo di provare la sopravvivenza e la crescita di differenti specie e sottospecie di alberi forestali. Facciamo qui il bilancio di uno di loro, l'arboreto del Ruscas (Var). Se la crescita e l'adattamento di specie, come il pino laricio, non sorprenderà, il comportamento d'altre specie, come *Pinus radiata*, *Quercus ithaburensis* o *Alnus subcordata*, merita di essere segnato. Al di là del suo interesse di collezione di alberi notevoli, abbiamo voluto mostrare che l'arboreto del Ruscas, come tutti gli arboreti, rimane un sito sperimentale di attualità nel quadro del seguire dell'effetto dei cambiamenti climatici, come un annesso pedagogico notevole per illustrare la complessità della biodiversità.

Tableau I : Liste alphabétique des espèces présentes dans l'arboretum du Ruscas, leur localisation et leurs effectifs

Espèce	Pays d'origine (et région) des graines	N° du plateau	Date de plantation	Effectif installé	Nombre de plants vivants en 2005
Abies bornmuelleriana	Turquie (Angöl, Inalti)	75	1965	120	27
Abies bornmuelleriana	Turquie (Angöl)	128	1966	70	2
Abies bracteata	USA (Californie, Monterey county)	164 k	1996	6	0
Abies concolor	USA (Oregon, Jackson county)	76	1965	25	0
Abies concolor	USA (Colorado, Herfano county)	77	1965A	25	1
Abies concolor	USA (Otero)	89	1964	15	0
Abies concolor	USA (Otero)	91	1964	15	2
Abies concolor	USA (Oregon, Jackson county)	93	1964	14	0
Abies concolor	USA (Colorado)	126	1966	14	0
Abies equitrojani	Turquie (Ardiebası, Canakkale)	122	1965	205	4
Abies lasiocarpa var arizonica	USA (Colorado, Herfano county)	90	1964	10	0
Abies lowiana	USA (Oregon, Prospect county)	92	1964	16	3
Abies marocana	Maroc	142	1966	70	0
Abies nordmanniana	Russie (Caucase)	13	1963	140	80



Abies pinsapo	Espagne (Cadix)	141	1966	70	0
Acer negundo	USA (Montgomery)	2	1963	62	0
Acer negundo	USA (Montgomery)	39	1964	40	0
Acer negundo	USA (Montgomery)	73	1964	20	0
Acer negundo	USA (Montgomery)	74	1964	33	0
Acer oblongum	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	129	1966	20	0
Acer sp	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	130	1966	20	0
Alnus cordata	France (Corse, col de Prato)	8	1963	85	2
Alnus hirsuta var. tinctoria	Japon (Nopporo, Hokkaido)	9	1963	5	0
Alnus hirsuta var. sibirica	Japon (Fukushima, Nagano)	78	1964A	20	0
Alnus inokumae	Japon (Kamikochi, Nagano)	12	1963	12	0
Alnus japonica var. arguta	Japon (Nopporo, Hokkaido)	79	1964A	20	0
Alnus subcordata	Iran (No-charhe)	11	1963	28	0
Alnus subcordata	Iran (No-chahre)	37	1964	20	7
Alnus subcordata	Iran (No-chahre)	38	1964	50	3
Alnus subcordata	Iran (Sary)	47	1964	150	4
Alnus tinctoria var. glabra	Corée (Séoul)	10	1963	45	0
Alnus tinctoria var. glabra	Corée du Sud (Séoul)	36	1964	25	0
Betula nigra	USA (South Carolina)	43	1964	10	0
Cedrus atlantica	Algérie (Belezma, Tuggurt)	25	1963	100	26
Cedrus atlantica	Maroc (Agadir)	27	1963	153	15
Cedrus atlantica	Algérie (Belezma, Tuggurt)	82	1964	20	0
Cedrus atlantica	Maroc (Agadir)	83	1964	20	0
Cedrus atlantica	France (Mont Ventoux)	165	1993	9	0
Cedrus sp **	Bassin méditerranéen (40 provenances : France, Liban, Turquie)	161	1994	233	198
Cedrus deodara	Inde (Dwassaun, Ranicket range)	86	1964	20	0
Cedrus libani	Turquie (Kuruova Antalya)	26	1963	100	28
Cedrus libani	Turquie (Kuruova, Antalya)	84	1964	20	0
Cedrus libani	Liban (Monts du Liban)	85	1964	20	0
Celtis caucasica	Iran	7	1963	80	0
Fraxinus americana	USA (Ohio)	111	1964	5	0
Fraxinus americana	USA (Ohio)	115	1965	25	0
Fraxinus americana	USA (Ohio)	116	1965	80	0
Fraxinus ornus	France (Alpes Maritimes, Touët sur Var)	40	1964	20	0
Fraxinus ornus	France (Alpes Maritimes, Touët sur Var)	117	1965	80	0
Fraxinus pennsylvanica	USA (Nord Dakota)	1	1963	36	0
Fraxinus pennsylvanica	USA (North Dakota)	44	1964	20	0
Fraxinus profunda	USA (Caroline du Sud, Dorchester county)	35	1963	10	0
Gleditsia persica	Iran (No-charhe)	4	1963	48	0
Gleditsia persica	Iran (No-charhe)	45	1964	20	0
Juglans cinerea	USA (Michigan, Cass county)	6	1963	30	0
Juglans cinerea	USA (Iowa)	41	1964	16	0
Juglans regia	France (région Centre)	162	1996	3	0
Juglans sp **	France, USA (clones greffés)	156 a	1994	10	6
Koelreuteria paniculata	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	131	1966	20	0
Mackaerium tipu	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	137	1966	20	0
Melia azedarach	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	132	1966	20	0
Nyssa sylvatica	USA (Francis Marron Nat. Forest)	42	1964	5	0
Picea pungens	USA (Arizona)	144	1966	30	0
Pinus aristata	USA (Colorado)	120	1965	80	0
Pinus aristata	USA (Californie)	157 c	1996	2	0
Pinus armandi	Formose	95	1964	35	0
Pinus attenuata	USA (Californie, Eldorado county)	22	1963	5	0
Pinus attenuata	USA (Californie, Eldorado county)	96	1964	12	1
Pinus attenuata	USA (Californie)	157 h	1996	13	5
Pinus ayacahuite	Origine inconnue	154	1968	40	0
Pinus brutia	Chypre	110	1964	19	0
Pinus brutia	Chypre	125-05	1965	14	0
Pinus brutia	Grèce (Mytilène)	125-06	1965	11	1
Pinus brutia	Grèce (Thassos)	125-07	1965	12	2
Pinus brutia	Grèce (Thassos)	125-08	1965	10	2
Pinus brutia	Turquie (Tengüme)	125-09	1965	11	0
Pinus brutia	Turquie (Sütlügen)	125-10	1965	11	0
Pinus brutia	Syrie	125-11	1965	13	0
Pinus brutia ?	Origine inconnue	160	?	?	27
Pinus coulteri	USA (Californie)	80	1964	50	3

\* = éclaircie 1996    \*\* = collection conservatoire    ? = diagnose taxonomique non certaine    NA = donnée non disponible

Pinus coulteri	USA (Californie)	119	1965	40	9
Pinus coulteri	France (Arboretum du Ruscas)	157 d	1996	3	1
Pinus densiflora	Japon (Honshu)	108	1964	144	0
Pinus douglasiana	Mexique	150	1968	40	0
Pinus durangensis	Mexique	152	1968	50	0
Pinus echinata	USA (Géorgie)	107	1964	60	0
Pinus eldarica	Iran (Téhéran)	28	1963	44	16
Pinus eldarica	Iran (Téhéran)	106	1964	70	8
Pinus eldarica ?	Azerbaïdjan	125-14	1965	10	1
Pinus eldarica ?	Iran (Téhéran)	125-15	1965	10	1
Pinus engelmanni	USA	151	1968	50	1
Pinus flexilis reflexa	USA (Nouveau Mexique)	145	1966	20	12
Pinus halepensis	France (Bouches-du-Rhône, Barbentane)	125-01	1965	11	2
Pinus halepensis	Italie	125-02	1965	11	3
Pinus halepensis	Grèce (Eubée)	125-03	1965	13	1
Pinus halepensis	Tunisie (Djebel Chambi)	125-04	1965	13	0
Pinus hartwegii	Mexique (Tlamacas)	24	1963	20	0
Pinus hartwegii / P. rudis ?	Mexique	166	NA	NA	0
Pinus jeffreyi	USA (Californie, Eldorado county)	21	1963	5	0
Pinus jeffreyi	USA (Oregon, Jackson county)	100	1964	20	0
Pinus jeffreyi	USA (Californie, Eldorado county)	103	1964	34	0
Pinus jeffreyi	USA (Washington)	121	1965	60	1
Pinus lambertiana	USA (Californie)	143	1966	7	0
Pinus lambertiana	USA (Californie, Placer county)	157 a	1996	2	0
Pinus luchuensis	Japon	148	1968	100	0
Pinus michoacana	Mexique (Uruapan Michoacan)	29	1963	48	0
Pinus montezumae	Mexique (San Rafael)	31	1963	60	0
Pinus muricata	USA (Californie, Sonoma county)	157 e	1996	6	0
Pinus nigra	Turquie (Alaçam)	69	1964	23	10
Pinus nigra	Ukraine (Crimée)	70	1964	20	10
Pinus nigra austriaca	Autriche (Wiener Neustadt)	52	1964	19	10
Pinus nigra austriaca	Slovénie (Mengès)	53	1964	21	7
Pinus nigra caramanica	Chypre (monts du Trohodos)	60	1964	24	4
Pinus nigra clusiana salzmanni	France (Pyrénées Orientales, col de Flins)	16	1963	30	26
Pinus nigra clusiana salzmanni	France (Hérault, St Guilhem le Désert)	61	1964	21	9
Pinus nigra clusiana salzmanni	France (Gard, Gagnières)	62	1964	22	10
Pinus nigra clusiana salzmanni	France (Sahorre, 66) 900-1100 m	63	1964	17	9
Pinus nigra clusiana salzmanni	Espagne (Cazorla)	64	1964	18	9
Pinus nigra clusiana salzmanni	Espagne (Sierra de Segura)	65	1964	21	8
Pinus nigra clusiana salzmanni	Espagne (Cuenca)	72	1964	12	8
Pinus nigra clusiana salzmanni	Espagne (Cuenca)	140	1966	?	10
Pinus nigra dalmatica	Croatie (Dalmatie)	49	1964	21	6
Pinus nigra dalmatica	Croatie (Ile de Brac) 400 m	50	1964	23	10
Pinus nigra dalmatica	Croatie (Nerezisec, Ile de Brac)	51	1964	19	7
Pinus nigra dalmatica	Croatie (Dalmatie) *	123	1965	155	87
Pinus nigra laricio calabrica	Italie (Cantanzaro)	15	1963	6	4
Pinus nigra laricio calabrica	Italie (Grancia)	54	1964	23	9
Pinus nigra laricio calabrica	Italie (Tavola)	55	1964	22	9
Pinus nigra laricio calabrica	Italie (Trentacosta)	56	1964	19	10
Pinus nigra laricio corsicana	France (Corse, Marghèse)	14	1963	100	78
Pinus nigra laricio corsicana	France (Corse, Marghèse) *	48	1964	200	132
Pinus nigra laricio corsicana	France (Corse, Vezzani)	57	1964	19	9
Pinus nigra laricio corsicana	France (Corse, Palneca)	58	1964	13	9
Pinus nigra laricio corsicana	France (Corse, Valdoniello)	59	1964	14	10
Pinus nigra nigricans	Bulgarie (Kustendil)	18	1963	8	7
Pinus nigra nigricans	Bulgarie	67	1964	23	6
Pinus nigra nigricans	Bulgarie (Kustendil)	68	1964	22	11
Pinus nigra nigricans austriaca	Croatie (Vrhovine)	71	1964	20	9
Pinus nigra pallasiana	Turquie (Celikler koyu Civari)	66	1964	12	10
Pinus nigra pallasiana,	Turquie (Celikler Koyu Civari)	17	1963	13	12
Pinus oocarpa	Mexique (Vallée de Bravo)	30	1963	20	0
Pinus patula	Mexique (Perote Jalapa)	34	1963	145	25
Pinus pinaster	Espagne (Cuenca, La Redonda Pennaroya)	97	1964	190	48
Pinus pinaster	Espagne (Cuenca, Sierra de Poyato)	99	1964	150	6
Pinus pinea **	Bassin méditerranéen (40 provenances : Espagne, France, Grèce, Italie, Liban, Maroc, Portugal, Tunisie, Turquie)	159	1994	273	244
Pinus pithuysa	Géorgie	157 i	1996	13	10
Pinus pithuysa	Géorgie	153	1968	50	0
Pinus pithuysa ?	Ukraine (Crimée, jardin botanique Nikitensis)	125-12	1965	10	2

Pinus ponderosa	France (Arboretum de Royat)	19	1963	8	2
Pinus ponderosa	France (Arboretum d'Amance)	20	1963	6	2
Pinus ponderosa	USA (Oregon)	98	1964	72	0
Pinus ponderosa	USA (Montana, Custer Forest)	104	1964	20	0
Pinus ponderosa	USA (Californie, Eldorado county)	124	1965	15	5
Pinus ponderosa	USA (Californie, Eldorado county)	157 f	1996	20	6
Pinus ponderosa scopulorum	USA (Montana, Custer Forest)	102	1964	60	0
Pinus pseudostrobus	Mexique (Mecaxa Puebla)	33	1963	180	26
Pinus radiata *	16 provenances : 4 de France (Finistère), 3 du Chili, 1 d'Afrique du Sud, 3 d'Australie, 2 d'Espagne et 3 de Nouvelle Zélande.	146	1967	204	123
Pinus rigida	USA (région nord est)	139	1966	200	2
Pinus roxburghii	Himalaya	149	1968	25	0
Pinus rudis	Mexique (Calputalpan Tlaxcala)	23	1963	10	0
Pinus rudis	Mexique (Calputalpan Tlaxcala)	32	1963	130	22
Pinus sabiniana	USA (Californie, Santa Barbara county)	157 b	1996	16	11
Pinus stanckewiezii ?	Ukraine (Crimée, jardin botanique Nikitensis)	125-13	1965	10	3
Pinus taeda	USA (Floride)	81	1964	55	0
Pinus taeda	USA (Floride)	105	1964	90	13
Pinus taiwanensis	Formose	147	1968	100	0
Pinus thunbergii	Japon (Honshu)	101	1964	50	0
Pinus torreyana	USA (Californie)	157 g	1996	12	0
Pinus wallichiana	Pakistan	87	1964	140	0
Platanus occidentalis	USA (clone 307146)	164 u	1996	3	0
Platanus occidentalis	USA (clone MO2)	164 s	1996	3	0
Platanus occidentalis x orientalis	France (clone 115/9)	164 t	1996	3	1
Populus nigra	France (clone 71098)	164 p	1996	5	0
Populus yunnanensis	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	134	1966	20	0
Populus yunnanensis	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	164 q	1996	3	0
Prunus avium **	France (clones greffés)	156 c	1994	113	4
Prunus capollin (padus capuli)	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	133	1966	20	0
Pseudotsuga flahaulti	Mexique	127	1966	100	0
Pseudotsuga macrocarpa	USA (Californie, San Bernadino county)	109	1964	47	15
Pseudotsuga menziesii	Origine inconnue (clones greffés)	155	1968	NA	2
Quercus agrifolia	USA (Californie, Contra Costa county)	158 b	1996	15	0
Quercus agrifolia	USA (Californie, Contra Costa county)	164 f	1996	17	5
Quercus chrysolepis	USA (Californie, Eldorado county)	158 a	1996	16	3
Quercus chrysolepis	USA (Californie, Mendocino county)	164 o	1996	1	0
Quercus chrysolepis	USA (Californie, Contra Costa county)	164 b	1996	8	2
Quercus chrysolepis	USA (Californie, Eldorado county)	164 n	1996	19	3
Quercus douglasii	USA (Californie, Placer county)	158 h	1996	17	1
Quercus douglasii	USA (Californie, Placer county)	164 d	1996	14	7
Quercus garryana	USA (Californie, Mendocino county)	164 h	1996	5	2
Quercus garryana	USA (Californie, Mendocino county)	164 e	1996	13	9
Quercus garryana	USA (Californie, Mendocino county)	164 g	1996	26	12
Quercus garyana	USA (Californie, Mendocino county)	158 g	1996	13	7
Quercus garyana	USA (Californie, Mendocino county)	158 d	1996	4	0
Quercus ithaburensis	Israël	163	1995	38	33
Quercus ithaburensis	Israël	164 j	1996	16	2
Quercus kelloggii	USA (Californie, Eldorado county)	158 e	1996	28	6
Quercus kelloggii	USA (Californie, Eldorado county)	164 a	1996	28	14
Quercus lobata	USA (Californie, San Joaquin county)	158 f	1996	8	1
Quercus lobata	USA (Californie, Monterey county)	158 c	1996	21	7
Quercus lobata	USA (Californie, San Joaquin county)	164 i	1996	19	11
Quercus lobata	USA (Californie, Monterey county)	164 c	1996	16	7
Quercus wislizenii	USA (Californie, Mendocino county)	158 i	1996	3	2
Quercus wislizenii	USA (Californie, Mendocino county)	164 m	1996	8	5
Sequoia sempervirens	USA (Californie)	94	1964	115	16
Sequoiadendron giganteum	USA (Californie)	88	1964	15	0
Sequoiadendron giganteum	USA (Californie)	164 l	1996	4	2
Sorbus domestica **	France (Alpes de Haute Provence, clones greffés)	156 b	1994	36	33
Styrax officinalis	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	135	1966	20	0
Tamarix articulata	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	138	1966	20	0
Taxodium distichum	USA (Floride)	164 r	1996	3	2
Ulmus alata	USA (Géorgie)	5	1963	30	0
Ulmus alata	USA (Georgia)	46	1964	50	0
Ulmus alata	USA (Géorgie)	113	1965	30	0
Ulmus alata	USA (Géorgie)	118	1965	30	0
Ulmus rubra	USA (Géorgie)	114	1965	26	0



Ulmus thomasi	USA (Wisconsin)	3	1963	30	0
Ulmus thomasi	USA (Wisconsin)	112	1964	40	0
Umbellularia californica	Jardin Botanique Villa Thuret INRA Antibes	136	1966	20	0

**Tableau II : Quelques données dendrométriques concernant les plus grands arbres de l'arboretum**

Espèce et pays d'origine des graines	N° du plateau	Age des plants en 2002 (année)	Taux de survie en % (2005)	Hauteur dominante en m (2002)
Abies bornmuelleriana (Turquie)	75	37	22,5	8,2
Abies equitrojani (Turquie)	122	37	1,9	5,5
Abies nordmanniana (Caucase)	13	39	57,1	7,5
Alnus subcordata (Iran)	37	38	35	13
Alnus subcordata (Iran)	38	38	6	12,25
Cedrus atlantica (Algérie)	25	39	26	9
Cedrus atlantica (Maroc)	27	39	15	9,75
Cedrus libani (Turquie)	26	39	28	11
Pinus coulteri (USA, Californie)	80	38	7,5	16
Pinus coulteri (USA, Californie)	119	37	22,5	8,5
Pinus engelmanni (USA)	151	34	2	5,5
Pinus flexilis reflexa (USA, Nouveau Mexique)	145	36	60	9,7
Pinus nigra austriaca (Slovénie)	53	38	58,3	11,25
Pinus nigra austriaca (Autriche)	52	38	83,3	11
Pinus nigra austriaca (Croatie)	71	38	75	10,5
Pinus nigra caramanica (Chypre)	60	38	33,3	10
Pinus nigra clusiana salzmanni (France, Pyrénées Orientales)	16	39	86,6	16
Pinus nigra clusiana salzmanni (France, Gard)	62	38	83,3	11,25
Pinus nigra clusiana salzmanni (France, Pyrénées Orientales)	63	38	75	10,75
Pinus nigra clusiana salzmanni (France, Hérault)	61	38	75	9,5
Pinus nigra clusiana salzmanni (Espagne)	64	38	75	10,75
Pinus nigra clusiana salzmanni (Espagne)	72	38	66,6	12,5
Pinus nigra clusiana salzmanni (Espagne)	140	36	NA	10
Pinus nigra clusiana salzmanni (Espagne)	65	38	66,6	9,25
Pinus nigra (Crimée)	70	38	83,3	13
Pinus nigra dalmatica (Croatie)	49	38	50	5,8
Pinus nigra dalmatica (Croatie)	50	38	83,3	10,5
Pinus nigra dalmatica (Croatie)	51	38	58,3	10,5
Pinus nigra dalmatica (Croatie) *	123	37	58	11,5
Pinus nigra laricio calabrica (Italie)	15	39	66,6	15
Pinus nigra laricio calabrica (Italie)	54	38	75	13,5
Pinus nigra laricio calabrica (Italie)	55	38	75	11,5
Pinus nigra laricio calabrica (Italie)	56	38	83,3	11,75
Pinus nigra laricio corsicana (Corse) *	48	38	66	18,25
Pinus nigra laricio corsicana (Corse)	58	38	75	13
Pinus nigra laricio corsicana (Corse)	59	38	83,3	15,5
Pinus nigra laricio corsicana (Corse)	57	38	75	12,5
Pinus nigra laricio corsicana (Corse)	14	39	78	16,5
Pinus nigra nigricans (Bulgarie)	18	39	87,5	15
Pinus nigra nigricans (Bulgarie)	67	38	50	11
Pinus nigra nigricans (Bulgarie)	68	38	91,6	12,5
Pinus nigra pallasiana (Turquie)	66	38	83,3	10,5
Pinus nigra pallasiana (Turquie)	17	39	92,3	15,5
Pinus nigra (Turquie)	69	38	83,3	12,7
Pinus patula (Mexique)	34	39	17,24	12,5
Pinus pinaster (Espagne)	97	38	48	13,75
Pinus pinaster (Espagne)	99	38	6	12,75
Pinus pseudostrobus (Mexique)	33	39	14,4	14,5
Pinus radiata (16 provenances non autochtones) *	146	34	60,3	24,5
Pinus rudis (Mexique)	32	39	16,9	11

\* : éclaircie en 1996 NA : donnée non disponible