



HAL
open science

Caractéristiques écologiques et sylvicoles des sapins de Grèce dans leur aire naturelle et en plantation dans le Sud de la France. Perspectives pour le reboisement en région méditerranéenne

Bruno Fady

► **To cite this version:**

Bruno Fady. Caractéristiques écologiques et sylvicoles des sapins de Grèce dans leur aire naturelle et en plantation dans le Sud de la France. Perspectives pour le reboisement en région méditerranéenne. *Revue forestière française*, 1993, 45 (2), pp.119-133. 10.4267/2042/26403 . hal-03444183

HAL Id: hal-03444183

<https://hal.science/hal-03444183>

Submitted on 23 Nov 2021

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.

biologie et forêt

CARACTÉRISTIQUES ÉCOLOGIQUES ET SYLVICOLES DES SAPINS DE GRÈCE DANS LEUR AIRE NATURELLE ET EN PLANTATION DANS LE SUD DE LA FRANCE Perspectives pour le reboisement en région méditerranéenne

B. FADY

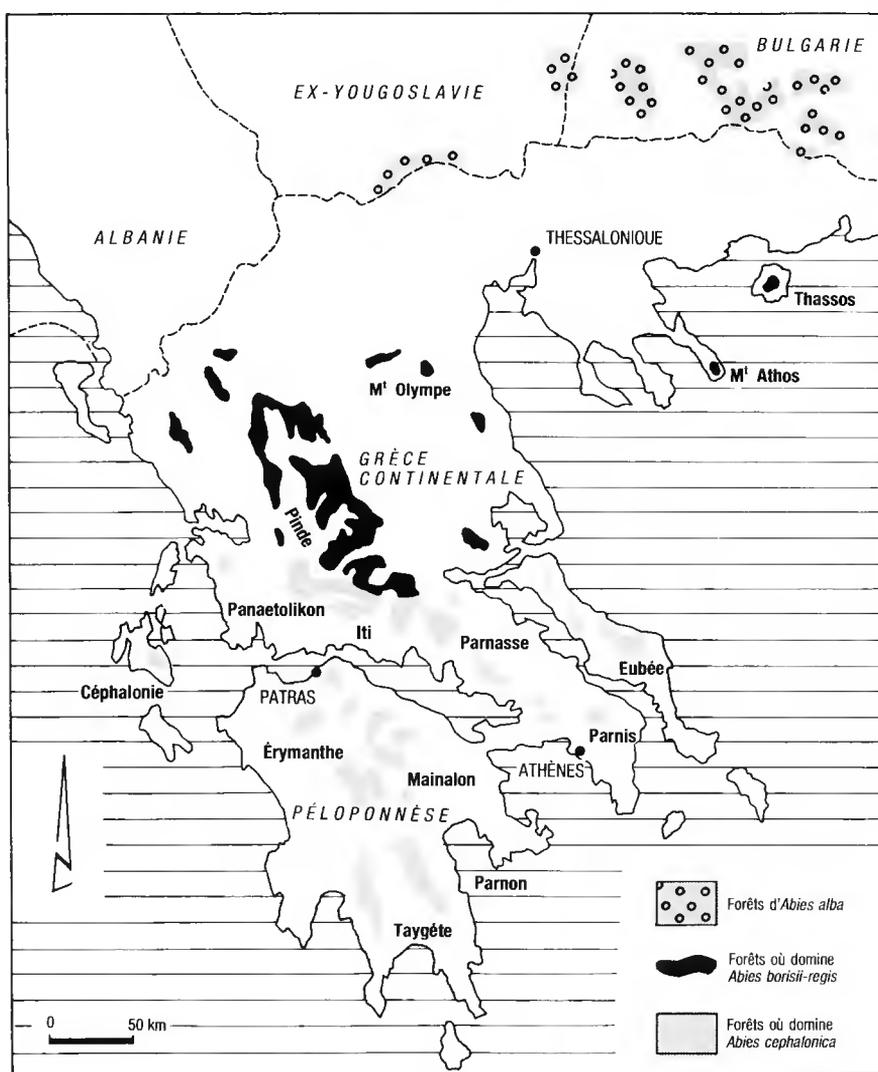
Deux espèces de Sapins sont reconnues en Grèce : *Abies cephalonica* (Loudon) et *Abies borisii-regis* (Mattfeld), aussi appelé *Abies populus hybridogenus* par les forestiers grecs. *Abies alba* (Miller) n'est représenté que dans l'extrême Nord de la Grèce. Mattfeld (1925) notait sa présence en Thrace, mais les peuplements importants sont surtout bien représentés à partir des monts du Rhodope en Bulgarie. Il n'est donc pas à proprement parler un Sapin de Grèce.

Le Sapin de Céphalonie, *Abies cephalonica*, se trouve dans la partie sud de la Péninsule balkanique. Plusieurs variétés ont été décrites [variante *Apollinis* (Link) Bertrand, variante *heterophylla* Koch, variante *panachaica* (Heldreich) Pardé, *A. pectinata graeca* Fraas, variante *peloponnesiaca* (Haage) Pardé, *A. reginae Amaliae* Heldreich], mais elles sont considérées comme des formes sans valeur spécifique, voire purement et simplement des synonymes du type (Viguié et Gaussen, 1929 ; Mattfeld, 1930 ; Liu, 1971).

Le Sapin du roi Boris, *Abies borisii-regis*, occupe en Grèce continentale une aire de répartition comprise entre celle d'*Abies cephalonica* et celle d'*Abies alba*. Il est considéré comme un hybride fixé entre ces deux espèces (Mattfeld, 1930 ; Flouss, 1936). Plusieurs variétés de ce Sapin ont aussi été décrites (variantes *pungenti pilosa* Viguié et Gaussen, *pseudocillicica* Guinier

Tableau I Principales caractéristiques morphologiques des Sapins de Grèce

Espèce	Rameau	Aiguilles	Stomates	Canaux résinifères	Bourgeon
<i>Abies alba</i>	pubescent	15 à 30 mm de long apex bilobé ou tronqué disposition subdistique	absents de la face sup. de l'aiguille	marginaux	non résineux, ovoïde
<i>Abies cephalonica</i>	glabre	20 à 30 mm de long apex acuminé disposition radiale	présents vers l'apex de la face sup. de l'aiguille	marginaux	empâté de résine, ovoïde
<i>Abies borisii-regis</i>	pubescent	15 à 25 mm de long apex tronqué disposition subdistique	absents ou présents vers l'apex de la face sup. de l'aiguille	marginaux ou centraux	peu résineux, globuleux

Figure 1
AIRE DE RÉPARTITION
DES PRINCIPALES
FORMATIONS DE SAPINS
EN GRÈCE.

et Maire), mais leur réalité spécifique est contestable. Les caractéristiques botaniques de ce Sapin se fondent progressivement dans celles des parents aux extrémités de son aire de répartition : vers le sud, *Abies borisii-regis* présente de plus en plus de caractères morphologiques propres à *Abies cephalonica* ; vers le nord, c'est au contraire la ressemblance avec *Abies alba* qui est de plus en plus marquée. Il est cependant fréquent de retrouver côte à côte, dans une même population, des individus présentant des caractéristiques morphologiques différentes. Les caractères les plus discriminants sont repris dans le tableau I (p. 120).

Les Sapins de Grèce sont introduits en reboisement en France depuis environ vingt années. Les statistiques des Services régionaux de la Forêt et du Bois du ministère de l'Agriculture et de la Forêt montrent, pour les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon, une diminution très sensible du nombre de plants de sapins de Grèce (essentiellement *Abies cephalonica*) utilisés dans les reboisements publics et privés depuis trois ou quatre ans. Les raisons invoquées sont le plus souvent la lenteur de la croissance juvénile et la difficulté d'approvisionnement en semences par voie commerciale.

Le but de ce travail est de faire le point sur les caractéristiques écologiques et sylvicoles de ces Sapins dans leur aire d'origine ainsi que sur les résultats issus des dispositifs expérimentaux de l'INRA en France. En conclusion, l'intérêt des Sapins de Grèce dans les reboisements en région méditerranéenne française sera discuté.

CARACTÉRISTIQUES ÉCOLOGIQUES ET SYLVICOLES DES SAPINS DE GRÈCE DANS LEUR AIRE NATURELLE

Répartition géographique et exigences édaphiques

En 1960, Makris estimait la superficie de l'ensemble des sapinières grecques (*Abies cephalonica* et *Abies borisii-regis*) à 302 450 ha, dont 84 % en forêt domaniale.

Cette surface était passée à 325 000 ha en 1988 selon Panetsos, soit 13 % de la surface boisée du pays, dont 200 000 ha occupés par les forêts où *Abies cephalonica* est dominant. Les surfaces occupées par les Sapins ont donc subi une extension ces dernières années en Grèce.

Les forêts de sapins se retrouvent depuis l'extrême sud du Péloponnèse (massifs du Parnon et du Taygète) jusque dans le nord de la Grèce (massifs de l'Olympe, du mont Athos et de l'île de Thassos). La figure 1 (p. 120) donne une répartition de l'ensemble de ces massifs forestiers.

La limite de répartition entre *Abies cephalonica* et *Abies borisii-regis* se trouverait, d'après Pauly (1962), entre le Parnasse et le Pinde méridional, cette région intermédiaire étant constituée d'hybrides de plus en plus proches d'*Abies cephalonica* vers le Parnasse. Pour Barbéro et Quézel (1976), la limite méridionale de l'aire de répartition des peuplements d'*Abies borisii-regis* est le golfe de Corinthe. Au-delà, les peuplements d'*Abies cephalonica* dominent, bien qu'il soit possible de retrouver *Abies borisii-regis* sur les massifs du revers sud du golfe de Corinthe (massif du Kilini et du Chelmos notamment). Vers le nord, *Abies cephalonica* est présent jusqu'au sud du Pinde. Dans cette région, les auteurs insistent sur la difficulté d'une discrimination morphologique classique entre les deux espèces. Ils indiquent que les formes proches d'*Abies cephalonica* se retrouvent sur les substrats calcaires compacts, alors que les formes proches d'*Abies borisii-regis* préfèrent les substrats moins compacts et les flyschs, comme c'est le cas de *Pinus nigra* dans le Péloponnèse lorsqu'il est en sympatrie (dans la même aire de distribution géographique) avec *Abies cephalonica*. En fait, lorsqu'*Abies cephalonica* et *Abies borisii-regis* ne sont pas en situation de concurrence spatiale directe, ils peuvent coloniser indifféremment n'importe quel substrat : calcaire, terra rossa, dolomie, flysch, serpentine, mica-schiste (Panetsos, 1975), dans une gamme de pH compris entre 5 et 8 (Bassiotis, 1956). Cette constatation reprend les affirmations de Pauly (1962) pour qui « la valeur du sol dépend non pas de la roche-mère mais de son économie de l'eau ».

Makris (1960), après description d'un grand nombre de stations-type, considère que l'humus des sols sous *Abies cephalonica* pur est de type moder, alors qu'en peuplement mélangé avec des feuillus (*Quercus sessiliflora* ou *Fagus orientalis*), il est de type mull. Bassiotis (1956) indique par ailleurs que les peuplements de Sapins de Grèce auraient tendance à revaloriser les sols dégradés.

Si la limite théorique représentée par le golfe de Corinthe est relativement satisfaisante écologiquement, Barbéro et Quézel (1976) notent qu'en fait des formes comportant des caractères morphologiques proches d'*Abies borisii-regis* se trouvent dans le Péloponnèse jusque dans le Mainalon et le Taygète (Mitsopoulos et Panetsos, 1987). Panetsos (communication personnelle) considère qu'en Thessalie, dans la forêt de Pertouli par exemple, les peuplements sont constitués à 100 % d'individus du type *Abies borisii-regis*. Dans le Pinde, vers Karpenissi, cette proportion devient 40 %, puis 20 % dans le Parnasse, de 1 à 10 % dans le Mainalon et enfin entre 0 et 1 % dans le Taygète. Ces estimations sont semblables à celles de Fady *et al.* (1991) basées sur la pubescence des rameaux.

Répartition altitudinale et bioclimatique

La répartition altitudinale d'*Abies cephalonica* est large, mais parfois difficile à délimiter précisément, du fait de l'importance de l'impact humain (Debazac et Mavrommatis, 1971). Bassiotis (1956) situe les peuplements forestiers dans une limite comprise entre 400-800 m et 1600-1800 m d'altitude. La fourchette altitudinale proposée par Pauly (1962) varie entre 700-800 m et 1 800 m, alors que Panetsos (1975) donne comme limites 400 et 1 800 m avec un optimum entre 800 et 1 200 m. D'après Barbéro et Quézel (1976), des groupements denses et dynamiques sont observables entre 700-800 m et 2100-2200 m, mais Quézel (1985) situe leur optimum écologique entre 1 000 et 2 000 m.

Cette espèce colonise donc plusieurs étages altitudinaux : la partie supérieure de l'étage méso-méditerranéen, l'étage supra-méditerranéen, l'étage montagnard-méditerranéen et la partie inférieure de l'étage oro-méditerranéen. Cette amplitude altitudinale est remarquable par rapport à celle des autres Sapins méditerranéens (Barbéro et Quézel, 1975).

Abies borisii-regis a une distribution plus réduite et n'est pas représenté dans tous les étages méditerranéens (il est notamment absent du méso- et de l'oro-méditerranéens), mais il se retrouve dans l'étage montagnard médio-européen.

D'un point de vue bioclimatique, les sapins grecs sont moins exigeants que les autres sapins méditerranéens, en général cantonnés dans l'étage humide. *Abies cephalonica* et *Abies borisii-regis* sont tous deux présents dans l'humide et le sub-humide. Si *Abies cephalonica* est présent dans les variantes thermiques fraîche à très froide du sub-humide [m : moyenne des minimas des mois les plus froids, compris entre -7°C et $+3^{\circ}\text{C}$ (voir Emberger, 1971, pour une synthèse sur les indices bioclimatiques utilisés en région méditerranéenne)] et tempérée à très froide de l'humide (m compris entre -7°C et $+7^{\circ}\text{C}$), *Abies borisii-regis* ne se retrouve que dans le sub-humide froid et dans les variantes thermiques fraîche à très froide de l'humide (Barbéro et Quézel, 1975). C'est donc *Abies cephalonica* qui présente les caractéristiques méditerranéennes les plus prononcées.

En conséquence, la diversité du cortège floristique des forêts de Sapins de Grèce est grande. Les Sapins de Grèce se retrouvent dans des catégories phytosociologiques (trois ordres et cinq alliances distinctes) et des séries dynamiques variées (tableau II, p. 123).

Selon Pauly (1962), les précipitations observées dans les forêts d'*Abies cephalonica* seraient de l'ordre de 700 à 1 400 mm par an et de l'ordre de 1 500 mm par an pour *Abies borisii-regis*, avec une faible pluviométrie estivale. Les estimations de Panetsos (1975) sont identiques pour *Abies*

Tableau II **Caractéristiques phytosociologiques des peuplements forestiers à *Abies* en Grèce**
 Les chiffres entre parenthèses en gras font référence au tableau III (p. 128)

<p>Classe des <i>Quercetalia illicis</i></p> <p>Alliance :</p> <p>— <i>Quercion illicis</i> (climax de la série méditerranéenne du Sapin de Céphalonie) (1)</p>
<p>Classe des <i>Quercetalia pubescentis</i></p> <p>Alliances :</p> <p>— <i>Abieto-Pinion</i> (climax de la série supra-méditerranéenne ou montagnarde-méditerranéenne du Sapin de Céphalonie) (2)</p> <p>— <i>Quercion frainetto</i> (climax de la série supra-méditerranéenne ou montagnarde-méditerranéenne acidophile du Sapin du roi Boris) (3)</p> <p>— <i>Ostryo-Carpinion</i> (climax de la série supra-méditerranéenne calcicole du Sapin du roi Boris)</p>
<p>Classe des <i>Querco-Fagetea</i></p> <p>Alliance :</p> <p>— <i>Geranio-Fagion</i> (climax de la série montagnarde médio-européenne du Hêtre - Sapin du roi Boris).</p>

**A gauche : sapinière du Mainalon.
 A droite : Sapin de Céphalonie (arbres isolés).**



Photos B. FADY

cephalonica et cet auteur note que la sécheresse estivale peut s'étendre de mai à septembre. En 1985, elle avait même atteint sept mois, avec relativement peu de dégâts.

Dynamisme des peuplements

Makris (1960), qui décrit la présence de semis sur des sols squelettiques, à l'ombre de plantes colonisatrices, considère qu'*Abies cephalonica* est une espèce pionnière, point de vue que l'on peut facilement partager après avoir visité les sapinières grecques, notamment celles du Péloponnèse. Bassiotis (1956) préconise son installation dans des zones dénudées.

Le dynamisme d'*Abies cephalonica* est très important : dans certains cas, cette espèce est capable de coloniser des milieux de garrigue très ouverts (Chêne kermès), des maquis à Arbousier et à Lentisque, ou encore certains terrains de parcours abandonnés, et donc d'opérer une descente bioclimatique et coloniser des milieux qui paraissent très xérophiles. Il est cependant possible que cette végétation en apparence xérophytique ne soit que le reflet des facteurs historiques (surpâturage notamment) et que les sols en question puissent offrir des capacités comparables à celles des milieux typiquement colonisés par *Abies cephalonica*. Mais il est aussi fort probable que, du fait de l'impact humain, les capacités écologiques déjà larges d'*Abies cephalonica* et d'*Abies borisii-regis* aient pu être largement sous-évaluées. Il existe ainsi en France (ou existait avant les derniers incendies) certains spécimens d'*Abies cephalonica* dans les Calanques (Bouches-du-Rhône) ou dans la forêt du Dom (Var) qui se développent et se régénèrent à des altitudes de 100 m environ dans des formations de Chêne kermès ou de Cytise triflore.

Régénération naturelle et sylviculture

Les cônes se développent entre les mois d'août et de septembre et se désarticulent en octobre. Les arbres atteignent leur maturité sexuelle plus tôt lorsqu'ils sont isolés (entre 20 et 25 ans) que lorsqu'ils s'intègrent à une formation fermée (entre 30 et 35 ans). La germination a lieu au printemps suivant la chute des graines. La croissance juvénile est extrêmement lente et une accélération de la croissance en hauteur se fait sentir entre 20 et 40 ans en milieu naturel (Panetsos, 1975).

Le facteur limitant de la régénération naturelle est la capacité en eau du sol. Le mode de propagation traditionnel des Sapins en Grèce étant la régénération naturelle, il est conseillé d'exploiter les peuplements sous lesquels les groupements à *Hypnum cupressiforme* sont bien développés. La disparition de ce groupement muscinal indique une dégradation du sol qui n'est alors plus propice à la régénération (Graikiotis, 1960). La raison la plus probable pour la dégradation du sol était sans doute le surpâturage, fléau anthropique de loin plus important que les coupes sauvages et les incendies (Makris, 1960 ; Pauly, 1962). Le pâturage ovin et caprin est en régression dans l'ensemble des massifs forestiers, ce qui explique sans doute l'augmentation des surfaces boisées depuis 1960. Une politique de protection de la régénération naturelle et d'introduction d'une régénération artificielle est préconisée depuis longtemps, même en dehors des zones dégradées (Bassiotis, 1956). Actuellement, le Service forestier grec développe un important programme de régénération artificielle des forêts d'*Abies cephalonica* par semis.

Le mode de sylviculture le mieux adapté au relief tourmenté de la Grèce est la futaie jardinée ou la futaie sub-jardinée par bouquets équiennes (Moulopoulos, 1956 ; Makris, 1960). La création de petites trouées ellipsoïdales de régénération est recommandée (Moulopoulos, 1956) pour un meilleur rendement hydrique et une protection des jeunes semis contre les hautes températures estivales. Les longueurs des petit et grand axes de l'ellipse se calculent en fonction de l'exposition, de la pente et de la hauteur des arbres environnants de manière à ce que les semis soient ombragés pendant toute la journée du jour où l'ensoleillement est le plus fort (solstice d'été).

Bien que les années de bonne production de graines soient relativement fréquentes (de l'ordre d'une sur trois), un nombre considérable de graines sont vides (entre 30 et 55 % selon les provenances d'après Panetsos, 1976 ; entre 60 et 75 % sur un petit échantillon de laboratoire d'après Fady, 1992), ce qui conduit à des taux de germination naturelle très faibles, entre 25 et 70 % (Panetsos, 1975) et de l'ordre de 25 % en pépinière d'après les forestiers grecs.

Le nombre important de semences vides est connu chez le genre *Abies*. Hickel (1911) remarquait déjà que la faculté germinative du genre *Abies* est naturellement faible, dépassant rarement 50 %. Parmi les graines pleines, il n'est pas rare de trouver des graines de mauvaise qualité (endosperme grisâtre dégradé, embryon non viable). La phénologie du développement des cônes et des fleurs mâles ne s'oppose pas à l'autofécondation, cause possible de l'apparition de caractères récessifs défavorables ou létaux. Une seconde cause plus probable encore est l'existence d'une forte structuration spatiale dans les populations naturelles de Sapins (voir Moreau, 1989, pour le Sapin pectiné). Ainsi, la reproduction se ferait préférentiellement au sein d'un voisinage restreint entre individus apparentés. La consanguinité peut conduire comme précédemment à la manifestation de caractères défavorables ou létaux normalement masqués.

Panetsos (1976) insiste cependant sur le fait que la qualité des semences peut être significativement augmentée en faisant varier la date de récolte et les conditions de température et d'humidité au cours de la conservation (données précises non fournies par l'auteur). Il faut effectivement noter la difficulté du séchage de ces graines très résineuses et les problèmes de conservation qui en découlent. On peut aussi ajouter qu'il est impératif de récolter en forêt au cours des seules années où la pollinisation est abondante autour des arbres-mères, de manière à éviter un taux d'autofécondation trop important. Il faut enfin noter que le pourcentage de germination a été significativement augmenté par l'utilisation, au cours de la stratification et de la germination en laboratoire, de solutions de polyéthylène glycol 600 conduisant à une pression osmotique de $-0,1$ MPa (-1 bar).

Problèmes phytosanitaires

Les forêts de Sapins en Grèce sont régulièrement attaquées par divers parasites (Chararas et Stephanopoulos, 1975 ; Panetsos, 1975) qu'il convient de mentionner. Tout d'abord, la présence de Gui (*Viscum album abietis*) sur de nombreux arbres âgés provoque un affaiblissement de ces individus. Les parasites les plus problématiques sont les insectes xylophages et les destructeurs de cônes. Parmi les xylophages, les *Scolytidae* (notamment les espèces du genre *Pityokteines* et surtout *Cryphalus piceae*) ainsi que *Phaenops kotecki* sont particulièrement virulents. Pour les insectes des cônes, Panetsos (1975) indique que les productions annuelles entières de graines ont pu être détruites sur le mont Parnis par *Ernobius abietis* et *Dioryctria abietella* et que *Lonchaea viridana* et *Evetria margarotana* peuvent poser de sérieux problèmes. *Dioryctria abietella* a été signalée en France par Roques (1983) ainsi qu'une autre espèce (*Megastigmus suspectus*), elle aussi présente dans l'aire naturelle d'*Abies cephalonica*. Selon cet auteur, on peut évaluer les dégâts entre 30 et 50 % de la production totale des graines.

Production

Les forêts de Sapins fournissent entre 35 % (Makris, 1960) et 20 % (Panetsos, 1988) du bois exploité en Grèce.

L'âge d'exploitabilité se situe traditionnellement entre 110 et 150 ans pour *Abies cephalonica* et entre 100 et 140 ans pour *Abies borisii-regis*. La production varie en fonction de l'espèce et de la station. À titre indicatif, la profondeur du sol est le facteur stationnel le plus significatif de la variation de la production des peuplements d'*Abies borisii-regis* (Papamichos *et al.*, 1960). La productivité des forêts du Péloponnèse et du sud de la Grèce continentale est comprise entre 0,1 et 2,5 m³/ha/an, alors que celle des forêts du Pinde peut atteindre 5 m³/ha/an (Makris, 1960).

Quézel (1985) estime la productivité moyenne de peuplements adultes d'*Abies cephalonica* comprise entre 1 et 4 m³/ha/an et celle d'*Abies borisii-regis* entre 4 et 5 m³/ha/an. Il estime, en outre, qu'en dehors des zones bioclimatiques strictement méditerranéennes, *Abies borisii-regis* peut atteindre une productivité de l'ordre de 12 m³/ha/an. Ces estimations sont compatibles avec celles de Dafis (1988) qui situe la productivité d'*Abies cephalonica* entre 1 et 7 m³/ha/an et celle d'*Abies borisii-regis* entre 1 et 12 m³/ha/an.

En pratique, les forestiers grecs obtiennent des productions de 4,5 m³/ha/an à Pertouli dans le Pinde (*Abies borisii-regis*), 4,7 m³/ha/an dans le Parnasse et 3,8 m³/ha/an dans le Mainalon (*Abies cephalonica*). Ils considèrent par ailleurs que cette productivité est inférieure à ce qu'il serait théoriquement possible d'obtenir, du fait de la mauvaise gestion passée (guerres, surpâturage, coupes à blanc).

Qualité du bois

La densité moyenne du bois d'*Abies cephalonica* (humidité de 12 %) varie selon les auteurs entre 406 kg/m³ et 440 kg/m³ (Papamikail, 1962a ; Svarnas, 1964 ; Nikolov *et al.*, 1974), valeurs très similaires à celles qui sont obtenues pour *Abies alba* (Svarnas, 1964 ; Lavers, 1969). Les propriétés physico-chimiques des bois d'*Abies cephalonica* varient avec l'exposition (Papamikail, 1962b). Les caractéristiques techniques moyennes du bois d'*Abies cephalonica* se répartissent comme suit, en comparaison avec celles d'*Abies alba*, *Abies grandis*, *Pseudotsuga mensiezii*, *Larix decidua*, *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* : relativement bonne compression axiale (439 kg/cm²) et tension axiale (994 kg/cm²), très bonne flexion statique (888 kg/cm²), faible module d'élasticité (108 000 kg/cm²), faible résistance dynamique au choc (0,38 kgm/cm²) et bois relativement friable (Svarnas, 1964).

D'après les valeurs fournies par cet auteur, le bois du Sapin de Céphalonie offre des qualités technologiques semblables (voire meilleures) à celles du bois du Sapin pectiné. Ces valeurs comparatives doivent cependant être prises avec précaution, les conditions expérimentales (les largeurs de cernes par exemple) n'étant pas forcément identiques pour toutes les espèces comparées.

Bassiotis (1956) recommande l'élagage artificiel des branches basses d'*Abies cephalonica* et *Abies borisii-regis* pour obtenir un bois de bonne qualité.

Makris (1960) indique les utilisations habituelles du bois de Sapin de Grèce : construction (charpente, toiture traditionnelle), menuiserie et ébénisterie, caisserie, apiculture, fabrication de poteaux et bois de chauffage. Nikolov *et al.* (1974) suggèrent l'utilisation des bois les plus denses dans la charpente et la menuiserie et des bois les moins denses dans la fabrication de panneaux de particules et la papeterie. À cette liste, il faut ajouter une importante production de sapins de Noël (Panetsos, 1988), dont l'intérêt est la persistance des aiguilles au-delà de deux mois après la coupe.

ADAPTATION ET CROISSANCE EN PLANTATION : PERSPECTIVES POUR LE REBOISEMENT

L'amplitude écologique d'*Abies cephalonica* (et éventuellement d'*Abies borisii-regis*), son aptitude à former des peuplements denses et fermés et ses capacités à se régénérer naturellement et à coloniser des milieux ouverts en font *a priori* une espèce de choix pour la revalorisation forestière des régions méditerranéennes françaises. La fermeture de son couvert réduit la biomasse combustible en sous-bois. Sa litière semble peu combustible et, étant rapidement dégradée, paraît peu se prêter à une propagation rapide du feu. L'inflammabilité des aiguilles de Sapin de Céphalonie est faible quel que soit leur âge (Valette, 1990). En conséquence, on peut s'attendre à une bonne résistance à l'incendie des peuplements de Sapin de Grèce. À ces



Photo B. FADY

**Semis naturel de Sapin de Céphalonie dans les Calanques (Bouches-du-Rhône).
Précipitations 650 mm, altitude 100 m, forte sécheresse estivale, substrat calcaire.**

caractéristiques, on peut ajouter la résistance et l'adaptation à la sécheresse estivale (Aussenac, 1980) et des propriétés technologiques satisfaisantes pour son bois, comparables en bien des points à celles du Sapin pectiné. Restait à prouver ses capacités d'adaptation et de croissance en milieu méditerranéen français. Elles ont été étudiées grâce à un réseau de plantations comparatives de provenances et de descendances maternelles. Les caractéristiques des provenances présentes dans les dispositifs « Sapins méditerranéens » de l'INRA en France sont consignées dans le tableau III (p. 128). Les sites expérimentaux sont repris dans le tableau IV (p. 129).

Le premier enseignement important tiré de ce réseau de plantations est l'adaptation générale des Sapins de Grèce à des précipitations relativement faibles qui peuvent descendre jusqu'à 650 mm et/ou à une sécheresse estivale importante pouvant durer deux à trois mois selon les années. Cette capacité peut s'expliquer, entre autres, par le fait que la croissance de la pousse annuelle s'effectue essentiellement en 30 à 45 jours à la fin du printemps (Fady *et al.*, 1991) ; la pousse a ainsi fini de croître avant le début de la sécheresse estivale. En contrepartie, le débourrement est relativement précoce, ce qui peut conduire à une sensibilité aux gelées tardives. Le cas échéant, il convient cependant de noter que, généralement, seuls les bourgeons latéraux seront touchés : le débourrement du bourgeon terminal intervient plus tard et la pousse de la tige principale se fera sans dommage. À titre de comparaison, le Cèdre de l'Atlas a une stratégie de croissance très différente. Sa saison de végétation commence plus tôt et se poursuit plus longtemps au cours de l'été, ce qui le rend vulnérable à une sécheresse estivale prolongée.

Le deuxième enseignement important est l'indifférence de la majorité des provenances au substrat (Fady *et al.*, 1991). Les provenances les plus performantes (la performance est ici jugée sur la base de la croissance en hauteur) sur substrat siliceux le sont aussi sur substrat calcaire.

Tableau III
Caractéristiques des peuplements de Sapin de Grèce d'où sont issues les provenances des plantations comparatives françaises
 (d'après les fiches techniques de l'Office national forestier grec)

Code	Localisation (provenance, massif, coordonnées)	Altitude, exposition. Étage bioclimatique	Précipitations annuelles, indice d'aridité* et (distance à la mer)	Substrat	Type phytosocio- logique**	Dispositif expérimental***
TAYG	Taygètos, Taygète, 37°16 N, 22°18 E	730-1 480 m, nord. Supra-méditerranéen.	1 300 mm/55,6 (30 km)	Calcaire	2	1-012
PRIL	Profitis Ilias, Taygète, 37°05 N, 22°16 E	1 450 m, nord. Supra-méditerranéen.	1 300 mm/- (12 km)	Calcaire	2	1-011
XERO	Xerovounia, Taygète, 37°08 N, 22°17 E	1 200 m, nord. Supra-méditerranéen.	1 300 mm/- (17 km)	Calcaire	2	1-011
PNON	Pannon, 37°06 N, 22°45 E	1 060-1 240 m. Supra-méditerranéen.	1 200 mm/52,6 (15 km)	Calcaire	1	1-012
VETI	Vetina, Mainalon, 37°33 N, 22°15 E	950-1 160 m. Supra-méditerranéen.	1 200 mm/55,1 (40 km)	Calcaire	1	1-012
KAPO	Kapota, Mainalon, 37°35 N, 22°11 E	1 300 m, est. Supra-méditerranéen.	1 200 mm/- (47 km)	Calcaire dolomitique	2	1-011
LAGA	Lagada, Mainalon, 37°31 N, 22°13 E	750 m, nord-ouest. Méso-méditerranéen.	1 200 mm/- (45 km)	Calcaire dolomitique	1	1-011
VIAH	Viahica, Mainalon, 37°35 N, 22°11 E	1 300 m, nord. Supra-méditerranéen.	1 200 mm/- (47 km)	Calcaire	2	1-011
CEPH	Cephallenia, île de Céphalonie, 38°14 N, 20°32 E	730-1 480 m. Supra-méditerranéen.	1 100 mm/43,3 (3 km)	Calcaire	2	1-012
ERYM	Erymanthos, Erymanthe, 37°55 N, 21°50 E	980-1 150 m. Supra-méditerranéen.	1 200 mm/52,9 (30 km)	Calcaire	2	1-012
EVA	Evia, île d'Eubée, 38°40 N, 23°30 E	550-700 m. Méso-méditerranéen.	750 mm/31,4 (3 km)	Schistes	1	1-012
PARN	Parnetha, Parnis, 38°11 N, 23°41 E	950-1 050 m. Méso-méditerranéen.	800 mm/38,6 (15 km)	Calcaire	1	1-012
PNAS	Parnassos, Parnasse, 38°35 N, 22°30 E	1 050-1 250 m. Supra-méditerranéen.	1 200 mm/58,8 (18 km)	Flyschs	2	1-012
KOLO	Kolothiforissi, Parnasse, 38°33 N, 22°29 E	1 250 m, nord. Supra-méditerranéen.	1 200 mm/- (13 km)	Flyschs	2	1-011
KORO	Koromilies, Parnasse, 38°35 N, 22°31 E	1 500 m, nord-est. Supra-méditerranéen.	1 200 mm/- (18 km)	Calcaire	2	1-011
BROM	Bromopigado, Parnasse, 38°33 N, 22°34 E	1 800 m, nord-est. Montagnard-méditerranéen.	1 200 mm/- (16 km)	Calcaire	2	1-011
MEVR	Megali-Vrissi, Parnasse, 38°33 N, 22°29 E	1 220 m, sud-ouest. Supra-méditerranéen.	1 200 mm/- (12 km)	Flyschs	2	1-011
OETE	Oete, iti, 38°45 N, 22°10 E	800-1 350 m. Supra-méditerranéen.	1 000 mm/49,3 (35 km)	Flyschs	3	1-012
PNAE	Panaetolikon, Panaetolikon, 38°43 N, 21°46 E	700-1 000 m. Supra-méditerranéen.	1 100 mm/49,8 (40 km)	Calcaire	3	1-012
PALE	Palotournos, Pinde méridional, 39°02 N, 21°52 E	900 m, nord-ouest. Supra-méditerranéen.	1 100 mm/- (65 km)	Flyschs	3	1-011
KRAS	Kerasini, Pinde méridional, 39°03 N, 21°54 E	1 200 m, nord. Supra-méditerranéen.	1 100 mm/- (60 km)	Flyschs	3	1-011

* Indice d'aridité de De Martonne $i = \frac{P}{T + 10}$, où P = précipitations annuelles en mm et T = température moyenne annuelle en °C.

** Type phytosociologique : voir tableau II, p. 123.

*** Dispositifs expérimentaux INRA en France méditerranéenne (voir tableau IV, ci-dessous).

1-011 : plantations comparatives de 11 provenances d'*Abies cephalonica* et *A. borisii-regis* installées au cours de l'hiver 1970-1971, plants 3-2.

1-012 : plantations comparatives de 10 provenances et de 30 descendances maternelles par provenance d'*Abies cephalonica*, installées au cours de l'hiver 1980-1981, plants 2-2.

Tableau IV

Caractéristiques des plantations comparatives du dispositif « Sepsins méditerranéens » de l'INRA

Le dispositif a une structure générale en blocs incomplets, avec lattices équilibrés pour les plantations 1-011 et Saint-Jurs et composition aléatoire pour Saint-Lambert et Tuchan.

Plantation	Localisation et superficie de l'expérience	Altitude, exposition et précipitations annuelles	Substrat et sol	Préparation du sol et structure du dispositif (t, r, b, k, pu)*	Autres espèces présentes**	Végétation antérieure
Le Treps (1-011)	Forêt domaniale de Collobrières (Var) 3,25 + 2 ha	600 m Nord 1 200 mm	Micaschistes Peu profond, très filtrant	Sous-solage croisé (16, 5, 20, 4, 64)	CAT, ANO, ACO, API, ANU	Maquis à <i>Arbutus</i> + Pin maritime. Série méso-médit. du Chêne liège
La Livinière (1-011)	Forêt domaniale de la Livinière (Hérault) 2,7 + 2 ha	450 m Sud 750 mm	Micaschistes Assez profond, bonne rétention	Idem	CAT, ANO, ACO, ABO	Maquis de Chêne vert. Série méso-médit. du Chêne pubescent
Pélenq (1-011)	Forêt domaniale de Pélenq (Var) 4 + 2 ha	520 m Nord-est 750 mm	Calcaire Argileux, engorgement	Sous-solage en ligne bandes-abris (16, 5, 20, 4, 72)	CAT, ANO, ACO	Taillis de Chênes vert et pubescent. Série médit. du Chêne pubescent
Saint-Lambert VG1 (1-012)	Forêt domaniale de Saint-Lambert (Vaucluse) 6 ha	750 m Nord 1 000 mm	Calcaire Peu profond	Sous-solage croisé prov. (4, 0, 1 088, 3, 1) desc. (5 × 30, 0, 88, 30, 1)	CAT	Taillis de Chêne pubescent + Pin sylvestre. Série supra-médit. du Chêne pubescent
Saint-Lambert VG2 (1-012)	Idem 2 ha	Idem	Idem	Idem prov. (4, 0, 2 130, 1, 1) desc. (4 × 30, 0, 56, 7, 1)	Idem	Idem
Saint-Jurs (1-012)	Forêt domaniale du Mont-Dentier (Alpes-de-Haute-Provence) 2 ha	850 m Sud-ouest 900 mm	Calcaire Peu profond	Idem (10, 4, 12, 3, 42)	CAT	Taillis de Chêne pubescent + Pin sylvestre. Série supra-médit. du Chêne pubescent
Tuchan (1-012)	Forêt domaniale de Quintillan (Aude) 4 ha	400 m Sud-est 600 mm	Schistes Profond	Sous-solage en ligne bandes-abris (6, 0, 358, 2, 6)	Néant	Maquis (<i>Arbutus</i> , <i>Erica</i>). Série acidophile méso-médit. du Chêne pubescent

* Structure du dispositif :

t = nombre de traitements (provenances ou descendances)

r = nombre de répétitions

b = nombre de blocs

k = nombre de parcelles unitaires par bloc

pu = nombre d'individus par parcelle unitaire.

** Autres espèces présentes sur le dispositif :

ANO = *Cedrus atlantica*

AVO = *Abies nordmanniana*

API = *Abies pinsapo*

ACO = *Abies concolor*

ABO = *Abies bornmuelleriana*

ANU = *Abies numidica*.

B. FADY

Cette stabilité du classement se retrouve vis-à-vis du climat pour certaines provenances : leur bonne performance en année pluvieuse se retrouve aussi en année sèche. Par comparaison, l'instabilité écologique est assez marquée chez la provenance Ventoux de Cèdre de l'Atlas présente dans les dispositifs (Fady, 1988) : le classement de ses performances peut s'inverser d'une année sur l'autre, voire d'une plantation à l'autre (voir l'écovalence, tableau V, ci-dessous).

Tableau V
Performances comparées des provenances de Sapins de Grèce
avec une provenance de Cèdre de l'Atlas

et écovalence * interannuelle sur la plantation du Treps (massif des Maures, Var)

L'écovalence interstationnelle provient de mesures effectuées sur trois dispositifs (Le Treps, Var ; Pélenq, Var ; La Livinière, Hérault)

Région de provenance	Provenance	Ecovalence interannuelle	Ecovalence interstationnelle	Accroissement moyen entre 15 et 20 ans (en cm)	Hauteur totale à 20 ans (en cm) **
Taygète	PRIL	1,32	7,48	21,60	220,20 (b) **
	XERO	1,58	0,46	21,80	238,90 (b)
Mainalon	LAGA	5,04	2,92	22,36	242,60 (b)
	VLAH	5,05	2,21	27,48	263,60 (a)
	KAPO	2,18	1,15	26,84	264,00 (a)
Parnasse	MEVR	0,58	1,58	21,46	188,00 (c)
	BROM	0,32	0,63	22,58	230,80 (b)
	KORO	0,96	9,81	23,93	215,90 (b)
	KOLO	0,80	11,42	26,90	277,00 (a)
Pinde	KRAS	1,61	0,10	24,41	244,10 (b)
	PALE	1,25	4,86	22,27	243,00 (b)
Ventoux (Cèdre)	VENT	38,18	16,33	21,40	270,90 (a)

* L'écovalence estime l'instabilité écologique (par rapport à une succession d'années ou par rapport à des sites différents). Les provenances dont l'écovalence est supérieure à 6,25 montrent une forte sensibilité aux variations climatiques et/ou aux variations de substrat conduisant à des changements de classement dans leurs performances.

** Les valeurs suivies de lettres différentes indiquent des différences significatives de hauteur entre provenances au seuil de 5 % (test de Duncan).

Étant donné la stratégie d'adaptation à la sécheresse du matériel végétal, les meilleures provenances de Sapin de Céphalonie peuvent être introduites dans l'ensemble de l'étage du Chêne pubescent, c'est-à-dire y compris dans des zones où le Chêne vert est dominant mais où les régénérations de Chêne pubescent sont nombreuses et dynamiques et concurrencent le Chêne vert. Ainsi, des stations situées à partir de 400-450 m d'altitude peuvent parfaitement convenir aux provenances du Mainalon et du Parnon (Péloponnèse) qui présentent la meilleure croissance en hauteur et la plus grande stabilité écologique, sous réserve d'une capacité en eau du sol suffisante (sol profond ou roche-mère très fissurée visible par la présence d'arbustes indicateurs à enracinement profond : par exemple Cytises et Genêts au lieu de Cistes sur sol siliceux, Chêne kermès et Filaire au lieu de Romarin et Cistes sur sol calcaire). Ces zones sont *a priori* plus xériques que celles où le Cèdre de l'Atlas est (ou devrait être) implanté. En fait, une limite altitudinale inférieure de 400 m est simplement indicative et semble pouvoir être abaissée si les provenances appropriées sont utilisées. Une simulation de déficit hydrique dans le sol par l'utilisation de solutions de polyéthylène glycol (PEG 600) a montré que les graines et les plantules de la provenance Evia étaient bien adaptées à des potentiels osmotiques faibles, donc à des stress hydriques élevés (Fady, 1992).

Les provenances du Pin de Furna (formes morphologiques proches d'*Abies borisii-regis*) peuvent être recommandées en complément des provenances du Mainalon et du Parnon dans les stations où le bilan hydrique correspond à celui qui est considéré comme satisfaisant pour le Cèdre de l'Atlas (voir les fiches CEMAGREF : ces zones correspondent *a priori* aux stations où se trouvent les peuplements français du Ventoux et du Luberon par exemple ; reboiser plus bas en altitude représente un risque non négligeable avec le matériel de reboisement sélectionné en France). Il faut garder bien présent à l'esprit qu'à âge égal, environ vingt années après plantation, Cèdre de l'Atlas et Sapin de Céphalonie présentent une hauteur comparable (tableau V, p. 130). Les années suivantes, sur l'ensemble des sites expérimentaux, la moyenne cumulée des pousses annuelles des meilleures provenances de Sapin de Céphalonie est supérieure à celle des Cèdres (provenance Ventoux). Dans une optique de diversification, ces deux espèces peuvent donc être envisagées conjointement en fonction des stations dans les opérations de reboisement.

Reste, bien sûr, le problème de la lenteur de la croissance juvénile qui peut se faire sentir jusqu'à 15 ou 18 ans (Fady *et al.*, 1991). Ce point mérite réflexion. Tout d'abord, l'estimation des paramètres génétiques (Fady, 1991) a montré qu'une sensible amélioration de la croissance en hauteur, notamment juvénile, pourra être attendue sur les plants issus de graine améliorée lorsque le verger à graines de Saint-Lambert (Vaucluse) sera productif. Ensuite, l'existence d'une compétition avec la végétation naturelle dans le jeune âge est souvent évoquée, d'où l'obligation d'entretiens répétés fréquemment. En fait, la compétition avec les arbustes (Chênes kermès, Cytises, Ronces) semble au contraire profiter au jeune plant du fait de l'ombrage offert par l'arbuste, du moins une fois que le plant est installé. La seule compétition sérieuse pour l'alimentation en eau au moment de l'installation provient du tapis graminéen. L'utilisation d'un paillage approprié à la plantation (composition et forme à définir : film plastique, dalle de bois aggloméré, disque plastique rigide en forme de cuvette, copeaux de plastique ou de bois, etc.) pourrait réduire cet impact, améliorer le bilan hydrique et éliminer une partie des entretiens dans le jeune âge. Il engendrerait bien sûr des dépenses supplémentaires, mais mieux vaut planter peu d'arbres dans les meilleures conditions possibles.

Sapin de Céphalonie, provenance Mainalon, à Pélenq (Var). Noter la longueur des pousses annuelles (arbre de 20 ans).



Photo B. FADY

B. FADY

Par ailleurs, les Sapins de Céphalonie s'accommodant bien d'une forte consanguinité, on peut imaginer une recolonisation du milieu par petits bouquets de semenciers plutôt que de grandes plantations sans protection où le taux de reprises est très faible sans l'intervention exceptionnelle de conditions climatiques très favorables. En tout état de cause, une expérimentation sérieuse où la croissance des sapins serait testée en fonction de plusieurs modalités de compétition avec la végétation naturelle (sans entretien, avec entretien d'intensité variable, sans et avec paillage) devrait être mise en place pour enfin donner une réponse à ce problème.

Enfin, les plants étaient traditionnellement élevés à racines nues pendant 4, voire 5 ans, en pépinière. Les forestiers grecs utilisent des plants de 3 ans à racines nues en reboisement. Les normes actuelles du Cahier des Clauses techniques particulières de la zone méditerranéenne permettent de réduire l'élevage à 2 ans en conteneur (volume minimum : 400 cm³). Le stress de transplantation et la mortalité importante en découlant l'année suivante (Fady, 1991) qui ont été observés sur des plantations à racines nues de l'INRA en seront sans doute considérablement réduits. La sélection de souches mycorhiziennes adaptées pourrait être envisagée pour encore améliorer la reprise après plantation.

Le verger à graines de semis de Saint-Lambert contient les meilleures provenances de l'aire d'*Abies cephalonica* (Péloponnèse surtout) et produira de la graine améliorée après sélection sur index à partir de 2005 environ. Ce verger à graines permettra de pallier les difficultés actuelles d'approvisionnement par voie commerciale. Les semences s'adresseront à toutes les zones pour lesquelles le Sapin de Céphalonie est recommandé (supraméditerranéen et mésoméditerranéen supérieur, voir texte pour plus de précisions). En attendant cette échéance, l'effort entrepris par les reboiseurs pour introduire le Sapin de Céphalonie en milieu méditerranéen français doit se poursuivre : les capacités d'adaptation et de croissance des Sapins de Grèce en plantation en ont démontré l'intérêt.

B. FADY
Unité expérimentale d'Amélioration
des Arbres forestiers méditerranéens
INRA
Domaine du Ruscas
83237 BORMES-LES-MIMOSAS CEDEX

BIBLIOGRAPHIE

- AUSSENAC (G.). — Comportement hydrique de rameaux excisés de quelques espèces de Sapins et Pins noirs en phase de dessiccation. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 37, n° 3, 1980, pp. 201-215.
- BARBÉRO (M.), QUÉZEL (P.). — Les Forêts de sapins sur le pourtour méditerranéen. — *Inst. Bot. Antonio-José Cavanilles*, vol. 32, n° 2, 1975, pp. 1245-1289.
- BARBÉRO (M.), QUÉZEL (P.). — Les Groupements forestiers de Grèce centro-méridionale. — *Ecologia mediterranea*, n° 2, 1976, pp. 3-86.
- BASSIOTIS (C.). — Fir forests in Greece. — *Ann. Inst. Sylvic.* Université de Thessalonique, 1956, pp. 1-89.
- CEMAGREF. — Guide technique du forestier méditerranéen français. — Aix-en-Provence : éditions du CEMAGREF, 1988-1991.
- CHARARAS (C.), STEPHANOPOULOS (O.). — Étude de la sélection de la plante-hôte par certains Coléoptères Scolytidae dans un peuplement d'*Abies cephalonica* Loud. en Grèce. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, vol. 280, 1975, pp. 1591-1594.
- DAFIS (S.). — Ecological and biological properties of Greek fir species. Structure and silvicultural management of fir forests. — Groupe de travail CEE « Adaptation, breeding and silviculture of Mediterranean firs », Thessalonique-Athènes, 15-20 mai 1988.

- DEBAZAC (E.-F.), MAVROMMATIS (G.). — Les grandes divisions écologiques de la végétation forestière en Grèce continentale. — *Bulletin de la Société botanique de France*, vol. 118, 1971, pp. 429-452.
- EMBERGER (L.). — Travaux de botanique et d'écologie. — Paris : Masson, 1971. — 520 p.
- FADY (B.). — Comparaison des stratégies de croissance en hauteur du Sapin de Céphalonie (*Abies cephalonica* Loudon) et du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). — *Forêt méditerranéenne*, vol. 10, n° 2, 1988, pp. 397-406.
- FADY (B.). — Effect of osmotic stress on germination and radicle growth in five provenances of *Abies cephalonica* Loud. — *Acta Oecologica*, vol. 13, n° 1, 1992, pp. 67-79.
- FADY (B.). — Variabilité géographique et estimation des paramètres génétiques de la croissance en hauteur de jeunes sapins de Céphalonie (*Abies cephalonica* Loudon). — *Annales des Sciences forestières*, vol. 48, n° 3, 1991, pp. 279-295.
- FADY (B.), ARBEZ (M.), FERRANDES (P.). — Variability of juvenile Greek firs (*Abies cephalonica* Loud.) and stability of characteristics with age. — *Silvae genetica*, vol. 40, n° 3-4, 1991, pp. 91-100.
- FLOUSS (F.). — Classification et évolution d'un groupe d'Abiétinées. — *Travaux du laboratoire forestier de l'Université de Toulouse*, vol. 1, n° 2, article 17, 1936, 238 p.
- FRANKLIN (J.-F.), RITCHIE (G.A.). — Phenology of cone and shoot development of noble Fir and some associated true firs. — *Forest Science*, vol. 16, n° 3, 1970, pp. 356-364.
- GRAIKIOTIS (P.). — La Régénération naturelle des sapinières helléniques. — *Vegetatio*, vol. 9, n° 4-5, 1960, pp. 328-338.
- HICKEL (R.). — Graines et plantules des Conifères. — *Bulletin Soc. Dendrol.*, 19, pp. 13-115 et 20, pp. 134-204, 1911.
- LAVERS (G.M.). — The strength properties of timbers. — *Forest Products Research Bulletin*, n° 50, 1969, 62 p.
- LIU (T.S.). — A monograph of the genus *Abies*. — Publ. Depart. Forestry, College of Agriculture, National Taiwan University, Taipei, 1971. — 608 p.
- MAKRIS (C.). — Les Types de forêts d'*Abies cephalonica* et leur production. — Faculté des Sciences de l'Université de Nancy, 1960 (Thèse).
- MATTFELD (J.). — Die in Europa und dem Mittelmeergebiet wild-wachsenden Tannen. — *Mitt. Deutsch Dendrol. Gesell.*, vol. 35, 1925, pp. 1-37.
- MATTFELD (J.). — Über hybridogene Sippen der Tannen. Nachgewiesen an den formen der Balkanhalbinsel. — *Bibliotheca Botanica*, vol. 100, 1930, pp. 1-84.
- MOREAU (M.-C.). — Contribution à l'étude de la structure génétique d'un peuplement de Sapin pectiné (*Abies alba* Mill.) des Basses Vosges. — Université de Pau et des Pays de l'Adour, 1989 (DEA d'Écologie expérimentale).
- MITSOPOULOS (D.J.), PANETSOS (C.P.). — Origin of variation in Fir forests in Greece. — *Silvae Genetica*, vol. 36, n° 1, 1987, pp. 1-15.
- MOULOPOULOS (C.). — Régénération naturelle des peuplements de Sapin en Grèce, et particulièrement dans la forêt de Pertouli (Thessalie). — *Annales Inst. Sylvic. Université de Thessalonique*, 1956, pp. 179-277.
- NIKOLOV (S.), DOBRINOV (I.), KIROV (K.M.), GAGOV (V.). — Physical and mechanical properties of the wood of *Abies cephalonica apollinis*. — *Gorskostopanska Nauka*, vol. 11, n° 3, 1974, pp. 3-10.
- PANETSOS (C.P.). — Cone and seed characters of Greek Fir (*Abies cephalonica* Loudon). — *To Dassos*, 73-74, 1976, pp. 17-23.
- PANETSOS (C.P.). — Distribution, variation and improvement of the Greek Fir. — Groupe de travail CEE « Adaptation, breeding and silviculture of Mediterranean firs », Thessalonique-Athènes, 15-20 mai 1988.
- PANETSOS (C.P.). — Monograph of *Abies cephalonica* Loudon. — *Annales forestales*, Zagreb, vol. 7, n° 1, 1975, pp. 1-22.
- PAPAMICHOS (N.Th.), ALIFRAGIS (D.A.), SEILOPOULOS (D.G.). — Effects of physiography and soils characteristics on the growth of Fir (*Abies borisii-regis*). — *Epis. Epeteris Geopon. Dasol. Sch.*, 1960, pp. 131-159.
- PAPAMIKAÏL (P.). — Étude des propriétés physico-mécaniques du bois de Sapin de Céphalonie par un petit échantillon. — *To Dassos*, 1962a, 18 p.
- PAPAMIKAÏL (P.). — Recherches sur les propriétés physiques et mécaniques des bois de Sapin de Céphalonie (*Abies cephalonica* Loud.) de la forêt du Taygète. — Rapport du Ministère de l'Agriculture, Direction générale des Forêts et d'Hydronomie montagnarde, Institut de Recherches forestières, 1962b. — 88 p.
- PAULY (D.). — Aperçu sur l'écologie du Sapin de Céphalonie et de ses hybrides. — *Revue forestière française*, vol. XIV, n° 8-9, 1962, pp. 755-769.
- QUÉZEL (P.). — Les Sapins du pourtour méditerranéen. — *Forêt méditerranéenne*, vol. 7, n° 1, 1985, pp. 27-34.
- ROQUES (A.). — Les Insectes ravageurs des cônes et graines de conifères en France. — Paris : INRA Publ., 1983.
- SVARNAS (D.). — Untersuchungen über die Holzigenschaften der griechischen Tanne (*Abies cephalonica* Loud.). — Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der forstlichen Fakultät der Georg-August Universität zu Göttingen, 1964.
- VALETTE (J.-C.). — Inflammabilité des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité de formations forestières. — *Revue forestière française*, vol. XLIV, n° spécial « Espaces forestiers et incendies », 1990, pp. 76-92.
- VIGUÏÉ (M.-Th.), GAUSSEN (H.). — Révision du genre *Abies*. — *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, vol. 57, 1928, pp. 369-434 ; vol. 58, 1929, pp. 245-264.