

Les enseignements écologiques de la variation de l'épaisseur du cerne chez le pin d'Alep

par Françoise SERRE-BACHET*

Depuis plus de cinquante ans, le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) fait l'objet, en France comme à l'étranger, de publications relatives à sa biologie, à son écologie et à sa productivité (de Carmantrand 1940; Oppenheimer 1945; Francini 1953; Messeri 1953; Pardé 1957; Nahal 1963; Devaux et al. 1975; Abbas et al. 1985; Liphshitz et Lev-Yadun 1986; Liphshitz et Mendel 1987; Liphshitz et al. 1984; Grunwald et Schiller 1988; Attolini et al. 1990. Se reporter aussi à la rubrique "Kiosque" de ce numéro.

Ce pin a fait l'objet, à Montpellier puis à Marseille, de recherches dendroclimatologiques basées sur l'étude des cernes de croissance du bois. Dans la recherche et la reconstitution des conditions climatiques du passé pour la région méditerranéenne, il était en effet important de définir le comportement de cet arbre, typiquement méditerranéen, vis à vis des facteurs du climat et en particulier vis à vis de la sécheresse estivale. Malgré quelques anomalies anatomiques possibles, la définition

des cernes annuels posait moins de problèmes sur cette espèce que sur d'autres espèces, méditerranéennes elles aussi, comme le chêne vert ou le chêne liège. De plus, comme les cernes sont en général analysés sur

des carottes de sondage prélevées à la force du poignet, il n'était pas négligeable que son bois soit tendre! (Serre 1964, 1976, 1977, 1982; Serre et al. 1966; Gadbin et al. 1988)

Quelques notions relatives à la biologie du pin d'Alep

Des observations de la croissance du pin d'Alep, répétées tous les quinze jours de mars à novembre pendant trois années consécutives, ont été effectuées dans les environs de Marseille sur des arbres jeunes et sur des arbres adultes et vieux (Serre 1973, 1976). La mise en place du cerne, étudiée chez toutes les catégories d'âge sur des microprélèvements de la zone cambiale et du bois sous-jacent, mais aussi l'allongement des pousses et des aiguilles, étudié sur les arbres jeunes, ont été suivis.

La croissance des pousses

Le pin d'Alep est un arbre multinodal, c'est-à-dire que sa flèche et la pousse terminale de ses branches peut connaître de 1 à 4 phases ou cycles de croissance au cours d'une seule saison de végétation sans qu'il y ait d'arrêts visibles

entre ces différentes phases. Le nombre de phases varie avec l'âge, avec les années et, pour une année donnée, avec le niveau de la ramification: les branches latérales ont toujours un nombre de phases inférieur à celui de la flèche (Serre 1980).

La première phase est généralement la plus importante et se situe en *mai*. Lorsqu'elles existent, les autres phases atteignent leur maximum en *juin* et *juillet*. La croissance totale d'une pousse peut se prolonger jusqu'en *septembre* (Fig.1). Il n'y a apparemment pas de relation entre le nombre annuel de phases de croissance des pousses terminales et la présence de faux cernes.

La croissance des aiguilles

La croissance des aiguilles s'effec-

*Directeur de Recherches au C.N.R.S.
URA 1152 du C.N.R.S., Laboratoire de
Botanique historique et Palynologie (case
451) - Université d'Aix Marseille III, Av.
Escadrille Normandie-Niémen,
13397 Marseille cedex 13

tue bien évidemment au cours des phases d'élongation des pousses. Les allongements les plus importants se situent en *juin* sur les pousses de premier cycle et quelques pousses de deuxième cycle. On observe encore quelques allongements importants en *septembre* des aiguilles des pousses de deuxième, troisième et éventuellement quatrième cycle de croissance. La longueur totale des aiguilles de première pousse peut varier du simple au double d'une année à l'autre. C'est en *juillet* que s'effectue la chute des aiguilles vieilles de deux ans.

La mise en place des cernes

Cette mise en place se fait en plusieurs étapes d'importance et de longueur variable suivant les années et les individus. Au cours d'une période de végétation on peut distinguer (Fig.2):

- une période d'activation de l'activité cambiale de *mi-mars* à *fin avril* avec une accélération de cette activité en *avril*,
- une période d'activité cambiale importante d'*avril* à *août* avec un maximum en *mai* et *juin*, quelquefois *juillet*,
- Une période de ralentissement et d'arrêt provisoire de cette activité, de *juin* à *septembre*, centrée sur *août*,
- une période de reprise d'une activité qui peut être encore importante de *mi-juillet* à *fin octobre* avec un maximum en *septembre*,
- l'arrêt de l'activité sur les mois d'*août* à *octobre*, en moyenne centré sur *septembre*.

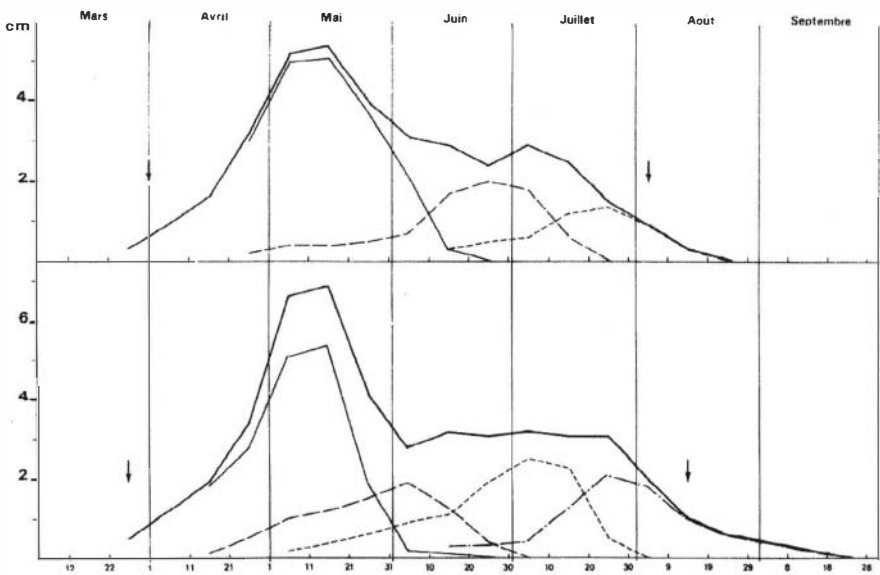


Fig.1 : Croissance de deux flèches multinodales à trois et quatre cycles de croissance. Vitesse et durée d'allongement de la pousse totale et de chacune des pousses élémentaires.

Dendrochronologie et dendroclimatologie du pin d'Alep

Le datage des cernes

Comme chez tous les arbres et végétaux ligneux pérennes des milieux tempérés, le comptage des cernes annuels de croissance du tronc d'un pin d'Alep donne l'âge de l'arbre, mais de fait seulement l'âge au niveau du sondage ou de la coupe sur laquelle se fait le comptage car l'âge réel ne peut être connu que sur une coupe effectuée au niveau du sol. Quel que soit le niveau, des anomalies de croissance peuvent perturber ce comptage. La dendrochronologie s'attache à la définition, au dénom-

brement et au datage des cernes ainsi qu'à la constitution des plus longues séries possibles de ces cernes par espèce.

Le datage parfait d'un cerne suppose le repérage et l'interprétation de toutes les anomalies susceptibles de perturber les séquences. Parmi ces anomalies, faux cernes, cernes très minces et cernes absents, sont fréquents chez le pin d'Alep (Fig.3). L'interdatation permet alors de repérer ces anomalies et de dater les cernes à partir de la date connue du prélèvement. On prélève générale-

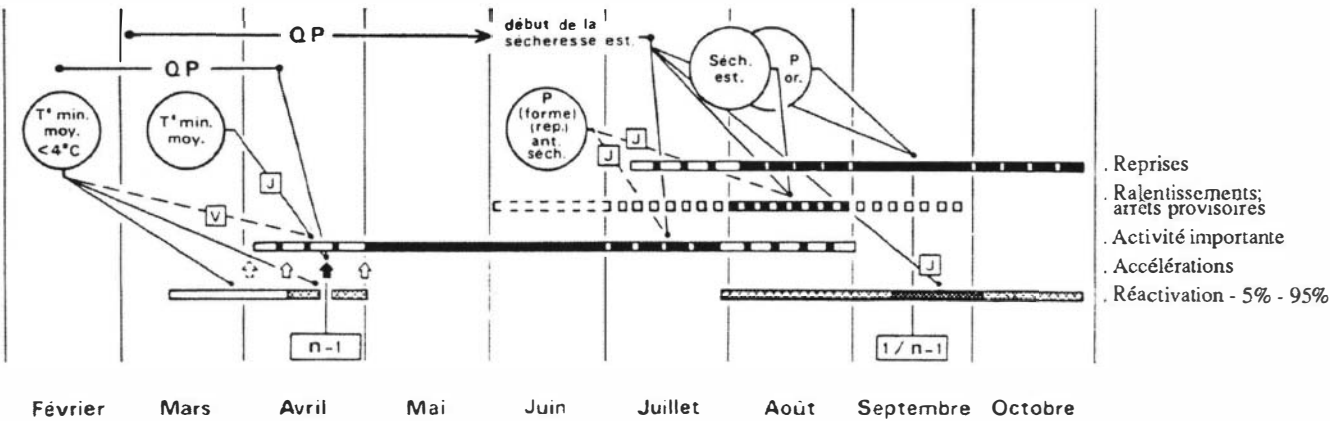


Fig. 2 : Etapes distinguées dans la mise en place du cerne de pin d'Alep. Relations de ces étapes avec les précipitations et les températures.

ment, à la tarière, trois carottes par arbre vivant, à 1,20 m du sol environ et à 120° l'une de l'autre, et on échantillonne au moins une dizaine d'arbres. La lecture des *cernes* se fait selon trois rayons lorsqu'on travaille sur disque. L'interdatation se base sur des cernes dits *caractéristiques*, qui sont des cernes en général particulièrement minces ou épais, présents sur la plupart sinon toutes les carottes et signes de l'influence, à un moment donné, d'un facteur climatique exceptionnel commun à l'ensemble des arbres d'un même site et de plusieurs sites échantillonnés dans une même région. Elle procède par comparaison des carottes et comptage des cernes entre les repères que constituent ces cernes caractéristiques (Serre 1964, 1980; Schweingruber et al. 1990).

Les longues séries

On ne peut malheureusement pas espérer travailler sur de très longues séries de cernes du pin d'Alep car l'arbre ne vit pas vieux, les feux de forêt limitent de toute façon son espérance de vie, et il n'a qu'exceptionnellement été utilisé en charpenterie d'où l'impossibilité de constituer des longues séries à partir d'arbres vivants puis de bois manufacturés à différentes époques. Il y a toutefois des exceptions: on peut citer des arbres vivants de plus de 140 ans en France (Serre 1973, 1976) (ces arbres échantillonnés à Marseille ont été victimes d'un incendie en 1975), des arbres de plus de 200 ans en Israël (Lev-Yadun et al. 1981) et quelques arbres d'environ 340 ans dans les Aurès, en Algérie, qui sont les plus vieux pins d'Alep vivants connus (Safar, non encore publié). On a par ailleurs trouvé du bois de pin d'Alep dans la structure d'épaves contemporaines de l'époque romaine datées de 300 après Jésus Christ (Guibal, communication orale)!

La relation cerne-climat

Les cernes du pin d'Alep, comme des autres arbres ou végétaux ligneux, ont une épaisseur variable liée en grande partie aux facteurs du milieu parmi lesquels les précipitations (P.) et les températures (T.) jouent un rôle important. *La dendroclimatologie*

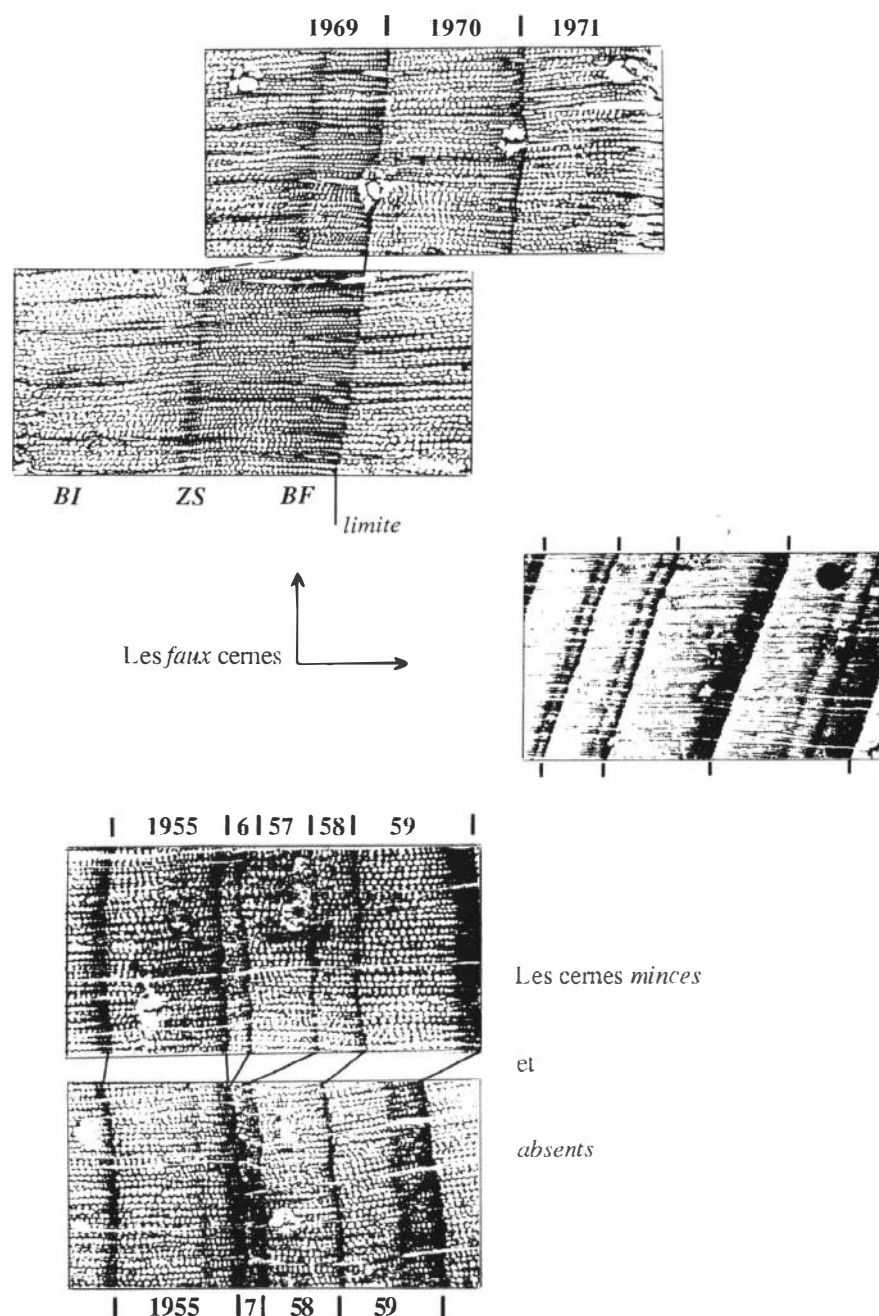


Fig. 3 : Faux cernes, cernes minces et cernes absents chez le pin d'Alep. (BI: Bois Initial; BF: Bois Final; ZS: Zone Sombre).

s'attache à la recherche des rapports actuels de la croissance et des facteurs du climat (P. et T. essentiellement) ainsi qu'à la reconstitution du climat passé à partir des longues séries de cernes.

Plusieurs voies de recherche des rapports cernes-climat peuvent être suivies qui reposent soit sur un *enregistrement* en continu sur une même placette et sur plusieurs années de la croissance en diamètre de l'arbre et de quelques facteurs météorologiques (Serre-Bachet et al. 1987) soit sur l'*observation* répétée sur plusieurs années de microprélèvement d'un

même matériel en place dans son biotope, ce qui a été fait pour le pin d'Alep (Serre 1973, 1976). L'une et l'autre voie peuvent d'ailleurs se combiner sur une même placette. On recherche dans ce cas les causes climatiques de la variation, d'une année à l'autre, de chacune des étapes distinguées dans la mise en place du cerne. Ce procédé, comme on peut le supposer, est assez lourd, difficilement applicable à plusieurs espèces et a fortiori à plusieurs sites.

Une autre façon d'étudier les rapports cerne-climat consiste à utiliser les épaisseurs finies des cernes suc-

cessifs et les données météorologiques mensuelles (P. et T.) de plusieurs années (une vingtaine au moins) et à calculer, sur des bases statistiques, les relations entre les deux séries de données. Les mois d'une *année biologique* qui débute en *octobre* et se termine en *septembre* sont en général considérés. On calcule ainsi ce qu'il est convenu d'appeler une *fonction de*

réponse (Serre-Bachet et Tessier 1989). Cette dernière donne une idée du *comportement moyen* de la population d'arbres étudiée vis à vis des facteurs du climat. Contrairement aux recherches basées sur l'observation, la fonction de réponse peut se calculer pour un grand nombre de populations et d'espèces dans des biotopes divers (Tessier 1986).

du cerne précédent) et que cette influence du passé de l'arbre se manifeste encore, mais cette fois de façon inverse, au niveau de l'importance des reprises d'activité de mi-juillet à fin octobre.

Les températures de février surtout, les précipitations de la période antérieure à la sécheresse ensuite sont en définitive les principaux facteurs de régulation de la croissance radiale du pin d'Alep. Calculée sur les mêmes pins que ceux qui ont été suivis pas à pas pendant trois ans, et ce sur une vingtaine d'années, la fonction de réponse, qui donne, on l'a vu, une indication de la réponse moyenne de l'espèce dans un milieu donné, souligne bien une relation directe de l'épaisseur des cernes avec les précipitations de novembre à mai ainsi qu'avec les températures minimales de *février* et *avril* et une relation inverse avec les températures de *mai* et *juin* qui traduit de fait la réponse des arbres au bilan hydrique des mois en question (Fritts 1976, p. 381)

Comme on peut le constater, la majeure partie du cerne étant mise en place dès la fin du mois de juin, toutes les données climatiques ultérieures n'ont guère d'importance explicative quant à l'épaisseur totale de ce cerne. Ceci n'est d'ailleurs pas le fait du seul pin d'Alep comme le montre une analyse comparée de la réponse au climat de ce pin et de quatre autres espèces d'arbre échantillonnées dans les départements des Bouches du Rhône, du Var, du Vaucluse, de la

Les facteurs de variation de l'épaisseur du cerne chez le pin d'Alep

Les rapports du démarrage et de l'intensité des différentes étapes distinguées dans la croissance en diamètre du pin d'Alep avec les facteurs météorologiques contemporains et antérieurs à ces étapes font ressortir plusieurs points.

- Les températures minimales moyennes de février tout d'abord jouent un rôle important sur le démarrage de l'activité cambiale et sur l'intensité de l'accélération de cette activité; des températures moyennes inférieures à 4°C retardent cette activité et peuvent même avoir des conséquences dramatiques pour la croissance ultérieure. Il n'est en effet pas fortuit que la plupart des cernes de 1929 et plus encore de 1956 (Fig.3 & 4), années connues pour leurs longues périodes de fortes gelées en février, soient extrêmement minces à absents et que les années ultérieures soient elles aussi marquées par des cernes minces, conséquence des dégâts causés par le gel à la zone cambiale.

- Les températures minimales moyennes de mars ont aussi une action sur le démarrage de la croissance en avril.

- Les quantités de pluies tombées entre mi février et début avril interviennent pour leur part sur l'accélération de l'activité cambiale.

- Les pluies de début mars au début de la sécheresse estivale, qui peut fluctuer entre juin et juillet, semblent déterminer l'arrêt ou le prolongement en juillet de cette activité.

- Au delà de juillet, l'intensité et la durée de la sécheresse estivale sont liées aux ralentissements et arrêts pro-

visaires ou définitifs de l'activité en août.

- Les reprises éventuelles de croissance en septembre peuvent être mises en relation avec les éventuelles précipitations orageuses d'août.

- Enfin, l'arrêt définitif de l'activité entre début août et fin octobre dépend beaucoup plus du passé climatique antérieur, et en particulier des quantités de pluie tombées entre mars et le début de la sécheresse estivale, que de conditions particulières aux mois au cours desquels il s'effectue.

- Par ailleurs on remarque que la valeur du maximum moyen d'accélération de l'activité cambiale en avril est liée en partie aux conditions générales de croissance de l'année précédente (il existe en effet une relation directe assez forte entre cette valeur et le nombre de cellules

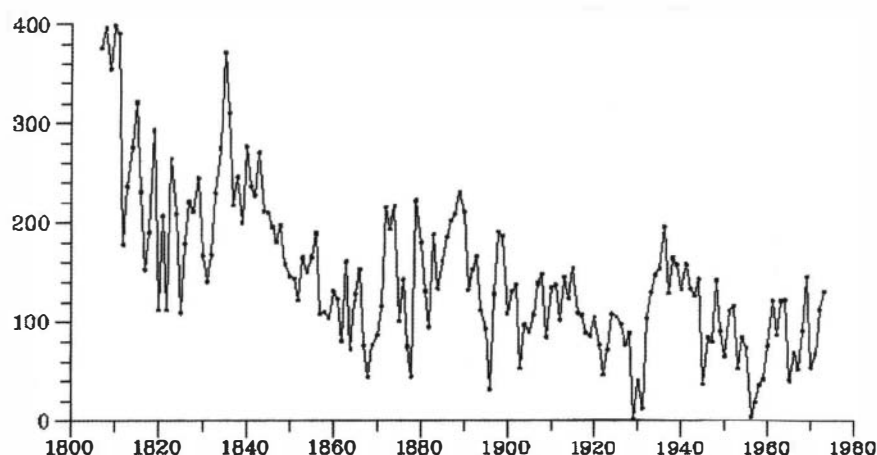


Fig. 4 : Courbe de variation au cours du temps de l'épaisseur moyenne des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés à Marseille au début des années 70 (ordonnée en 100èmes de millimètres). On remarque les cernes très minces des années 1929 et 1956.

Drôme et des Alpes de Haute Provence (Gadbin et al. 1988). Cette relation dominante de l'épaisseur du cerne avec les précipitations rend possible la reconstruction de ces précipitations plutôt que des températures, pour les périodes passées, dans les zones méditerranéennes de relativement basse altitude. La relation avec les précipitations de la période antérieure à la sécheresse estivale entraîne par ailleurs une meilleure fiabilité statistique de la reconstruction du total des précipitations des mois d'octobre à mai (Serre-Bachet 1988) que des mois d'avril à septembre (Gadbin et al. 1988).

Si au contraire d'autres pins, du sapin ou du mélèze (Serre 1979; Serre-Bachet 1985, 1986), le pin d'Alep ne permet pas de remonter le temps sur une longue durée, comme on l'espérait au début des recherches entreprises sur lui, du moins fournit-il les bases d'un modèle de croissance utile pour la région méditerranéenne.

F.S.B.



Photo 1 : Françoise Serre-Bachet lors des Journées sur le pin d'Alep, à sa gauche Pierre Quézel.
Photo R.L.

Bibliographie

- Abbas H., Barbero M., Loisel R., Quézel P. (1985). Les forêts de pins d'Alep dans le sud-est méditerranéen français. Analyses écodendrométriques. Forêt Méditerranéenne 7, n° 1 & 2, p. 35 & 123.
- Attolini M.R., Calvani F., Galli M., Nanni T., Ruggiero L., Schaer E., Zuanni F. (1990). The relationship between climatic variables and wood structure in *Pinus halepensis* Mill. Theor. Appl. Climatol. 41, 121-127.
- Carmantrand de R. (1940). Le pin d'Alep dans la région méditerranéenne. Revue des Eaux et Forêts 78, 223-237.
- Devaux J.P., Le Bourhis M., Moutte P. (1975). Structures et croissances comparées de quelques peuplements de pins d'Alep dans l'île de Port-Cros (Parc National). Biologie et Ecologie méditerranéenne 2, n°1, 15-31.
- Francini E. (1953). Il pino d'Aleppo in Puglia. Annali Fac. Agr. Univ. Bari 8, 309-416.
- Fritts, H.C. (1976). Tree-rings and climate. Academic press, 567 p.
- Gadbin C., Guiot J., Serre-Bachet F., Tessier L. (1988). Croissance radiale de quelques résineux et feuillus en réponse aux précipitations mensuelles en milieu méditerranéen. In Di Castri F., Floret Ch., Rambal S., Roy J. (eds): "Time scales and water stress", Proc. Vth Int. Conf. on mediterranean ecosystems, I.U.B.S. publ. Paris, 401-414.
- Grunwald C., Schiller G. (1988). Needle xylem water potential and water saturation deficit in provenances of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus brutia* Ten. Forêt méditerranéenne 10, n° 2, 407-414.
- Lev-Yadun S., Liphshitz N., Waisel Y. (1981). Dendrochronological investigations in Israël: *Pinus halepensis* Mill.- The oldest living pines in Israël. La-Yaaran 31, n° 1-4, 52-49 & 2-8.
- Liphshitz N., Lev-Yadun S. (1986). Cambial activity of evergreen and seasonal dimorphics around the mediterranean. IAWA Bulletin n.s. 7, n° 2, 145-153.
- Liphshitz N., Lev-Yadun S., Rosen E., Waisel Y. (1984). The annual rythm of activity of the lateral meristems (cambium and phellogen) in *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinea* L.. IAWA Bulletin n.s. 5, n°4, 263-274.
- Liphshitz N., Mendel Z. (1987). Comparative radial growth of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus brutia* in Israël. Forêt méditerranéenne 9, n° 2, 115-117.
- Messeri A. (1948). L'evoluzione della cerchie legnosa in *Pinus halepensis* Mill. in Bari. Nuov. Gior. Bot. Ital. 55, 111-132.
- Nahal I. (1963). Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts 19, 473-686.
- Oppenheimer H. R. (1945). Cambial wood production in stem of *Pinus halepensis* (with anatomical and silvicultural notes). Palest. J. Bot., Rehovot series 5, 21-51.
- Pardé J. (1957). La productivité des forêts de pin d'Alep en France. Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts 15, 367-414.
- Serre F. (1964). Une méthode nouvelle d'interdatation des anneaux ligneux. C.R. Acad. Sc. Paris 259, Groupe 11, 3603-3606.
- Serre F. (1973). Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Thèse, Université

d'Aix-Marseille III, 244 p., Tabl. & Fig. hors texte.

Serre F. (1976). Les rapports de la croissance et du climat chez le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). I. Méthodes utilisées. L'activité cambiale et le climat. II. L'allongement des pousses et des aiguilles, et le climat. Discussion générale. Oecol. Plant. 11, n° 2, 143-171, n° 3, 201-224.

Serre F. (1977). A factor analysis of correspondences applied to ring widths. Tree-Ring Bulletin 37, 21-31.

Serre F. (1979). Résultats dendroclimatiques pour les Alpes méridionales françaises. In "Evolution des atmosphères planétaires et climatologie de la terre", Ed. C.N.E.S. Toulouse, 381-386.

Serre F. (1980). Schéma de la ramification du pin d'Alep. Bull. Soc. Bot. Fr. 127, Actual. Bot. n° 2, 41-45.

Serre F. (1980). De l'utilité du relevé des caractéristiques des cernes ou "skeleton plot" en dendrochronologie. Revue d'Archéométrie 4, 21-24.

Serre F., Luck H.B., Pons A. (1966). Premières recherches sur les relations entre les variations des anneaux ligneux chez *Pinus halepensis* Mill. et les variations annuelles du climat. Oecol. Plant. 1, 117-136.

Serre-Bachet F. (1982). Analyse dendroclimatologique comparée de quatre espèces de pins et du chêne pubescent dans la région de la Gardiole près Rians (Var, France). Ecologia Mediterranea 8, 167-183.

Serre-Bachet F. (1985). Une chronologie pluriséculaire du sud de l'Italie. Dendrochronologia 3, 45-66.

Résumé

L'étude de la croissance en diamètre du pin d'Alep, couplée à une étude de la croissance en longueur des pousses et des aiguilles de ce même pin au cours de trois années consécutives a permis de définir le calendrier de ces différentes manifestations de la croissance. La relation de chacune des étapes distinguées dans la mise en place du cerne avec les précipitations et les températures contemporaines de ces différentes étapes et antérieures à



Photot 2 : Coupe de pin d'Alep présentée lors de la Journée d'Aix.

Photo R.L.

Serre-Bachet F. (1986). Une chronologie maîtresse du sapin (*Abies alba* Mill.) du Mont Ventoux (France). Dendrochronologia 4, 87-96.

Serre-Bachet F. (1988). La reconstruction climatique à partir de la dendroclimatologie. Publication de L'Association Internationale de Climatologie 1, 225-233.

Serre-Bachet F., Tessier L. (1989). Response function analysis for ecological study. In: Cook .R. and Kairiukstis L.A. (eds): Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences, 247-258. Kluwer Academic Publishers.

Serre-Bachet F., Tessier L., Loris K. (1988). Mise en place et signification du cerne. In: Hackens T., Munaut A.V. and Till C. (eds): Wood and archaeology. Bois et archéologie. Pact 22, I.1 13-23.

Schweingruber F.H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Braker O. (1990). Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. Dendrochronologia 8, 9-38.

Tessier L. (1986). Approche dendroclimatologique de l'écologie de *Pinus silvestris* L. et *Quercus pubescens* Willd. dans le Sud-Est de la France. Acta Oecologica. Oecol. Plant. 7, (21), n° 4, 339-355.

elles a permis d'établir que le pin d'Alep est particulièrement sensible aux températures hivernales (janvier et surtout février) et aux précipitations de toute la période qui précède la sécheresse estivale.

Les analyses de la réponse moyenne au climat de ce pin et d'autres espèces d'arbres typiquement méditerranéens comme lui, soulignent toujours le rôle primordial des précipitations de la période antérieure à la sécheresse estivale.