

Les pins du groupe "Halepensis". Ecologie, végétation, écophysiologie

Quezel P.

Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne

Paris : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série Etudes; n. 1986-I

1986

pages 11-23

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI010847>

To cite this article / Pour citer cet article

Quezel P. **Les pins du groupe "Halepensis". Ecologie, végétation, écophysiologie.** *Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne.* Paris : CIHEAM, 1986. p. 11-23 (Options Méditerranéennes : Série Etudes; n. 1986-I)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Les pins du groupe "Halepensis" Ecologie, Végétation, Ecophysiologie

Pierre Quezel

Professeur à l'Université de
Droit, d'Economie et des Sciences
d'Aix-Marseille
Faculté des Sciences et Techniques
de Saint-Jérôme
Rue Henri-Poincaré
13397 MARSEILLE Cedex 13

Mots-clés : *Pinus halepensis*, *Pinus brutia*, taxinomie, biogéographie, écologie, dynamisme, écophysiologie.

RESUME

Sont envisagés les problèmes taxinomiques et biogéographiques posés par *Pinus halepensis* et *Pinus brutia*. La valeur écologique de ces espèces est précisée, ainsi que leur signification dans la dynamique de la végétation en région méditerranéenne. Les exigences écophysiologiques de ces Pins sont analysées.

ABSTRACT

The taxonomic and biogeographical problems set by *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* are considered. The ecological value of these species is defined as well as their significance in the vegetation dynamics in the mediterranean region. The ecophysiological requirements of these pines are analysed.

Les pins du groupe "*halepensis*" représentent un capital forestier majeur sur le pourtour de la Méditerranée. D'après LE HOUEROU (1980) ils occupent en effet environ 6,8 millions d'hectares et du point de vue des surfaces ne sont surpassés que par les chênes sclérophylles et caducifoliés (environ 8 millions d'hectares chacun). Ces pins offrent par ailleurs, des exigences écologiques très modestes pour des productivités faibles mais acceptables, ce qui a entraîné les forestiers à les utiliser à très grande échelle comme essences de reboisements.

Nous n'évoquerons ici que le volet écologique au sens le plus large et tenterons de fournir un aperçu aussi synthétique que possible des problèmes qui se posent. Il convient de remarquer qu'au cours de la dernière décennie, l'intérêt scientifique mais aussi forestier s'est considérablement accru vis-à-vis de ces essences, et qu'il est bon de chercher actuellement à établir un bilan, aussi incomplet soit-il sur certaines questions, notamment les aspects écophysiologiques.

Rappelons en effet les synthèses publiées par NAHAL sur le pin d'Alep (1962) et sur le pin brutia (1984) ainsi que celle de PANETSOS (1981) ou encore sur l'ensemble des conifères méditerranéens (QUEZEL, 1980). Sur le plan écologique et phytosociologique de nombreux ouvrages ont été récemment consacrés à ces essences ; signalons en particulier pour le pin d'Alep les travaux de KADIK (1983) en Algérie et d'ACHHAL et al. (1980) au Maroc. Pour le pin brutia divers travaux ont également été réalisés en Turquie (AKMAN, BARBERO & QUEZEL, 1978), au Proche-Orient (BARBERO, CHALABI, NAHAL & QUEZEL, 1976, ABI-SALEH et al., 1976), à Chypre, BARBERO & QUEZEL (1979) et en Crète (1980).

Le moment paraît donc bien choisi pour tenter de dégager les caractères écologiques majeurs de ces espèces, mais aussi des structures forestières qu'elles déterminent.

LES PROBLEMES TAXINOMIQUES

Si l'on s'en rapporte à GAUSSEN (1960), le groupe "*halepensis*" du genre *Pinus* représente un des trois groupes de la section "*Halepensis*", caractérisé par des feuilles à 2 aiguilles et à cônes caducs.

Dans ce groupe, plusieurs espèces ont été décrites, mais deux seulement sont considérées actuellement comme de véritables espèces par la majorité des systématiciens ; c'est en particulier la position récemment adoptée par *Flora Europaea*.

Ces deux espèces sont *Pinus halepensis* Mill. et *Pinus brutia* Ten. Sans entrer dans de longs développements systématiques, indiquons toutefois que la première de ces espèces a toujours été reconnue comme une entité relativement stable, alors que diverses

unités ont été décrites autour de l'espèce *brutia*. Ce sont *Pinus stankewiczii* Sukaczew, *Pinus pithyusa* Stevenson et *Pinus eldarica* Medw. Ces trois pins ont par la suite été rattachés à titre de sous-espèces à *Pinus brutia* par NAHAL (1962), mais comme nous l'indiquons plus haut, *Flora europaea* ne prend à leur sujet aucune position précise. C'est dire que de futures recherches sont encore à entreprendre pour se faire une idée de la signification taxinomique exacte de ces pins.

NAHAL (1984) a fourni un tableau très précis des critères morphologiques et anatomiques permettant de distinguer *Pinus halepensis* et les pins du groupe *brutia* ; nous n'y reviendrons pas ici. Il convient toutefois d'indiquer que l'analyse génétique de *Pinus halepensis* et de *Pinus brutia* sensu stricto, n'a pas été réalisée, et qu'il est évident pour tous ceux qui ont étudié ces espèces sur le terrain, que ces pins individualisent de nombreuses races en fonction des localités, de l'altitude, du substrat, et que ces critères devront être pris en considération pour tout essai rationnel de reforestation.

Pinus halepensis et *Pinus brutia* peuvent par ailleurs s'hybrider et s'introgresser au niveau de leurs populations mixtes notamment en Syrie, au Liban et en Turquie voire en Grèce (*Pinus golaina* PAPAJOANNOU, 1954).

BIOGEOGRAPHIE ET REPARTITION

1 - *Pinus halepensis* Mill (carte n° 1)

C'est une espèce largement répandue sur le pourtour méditerranéen, où son aire de répartition a été précisée par de nombreux auteurs et en particulier par NAHAL (1962). C'est une essence fréquente surtout en région méditerranéenne occidentale, mais qui se rencontre également en divers points du bassin méditerranéen oriental. Ses forêts occupent sans doute au total plus de 3,5 millions d'hectares.

Les pays du Maghreb constituent la zone où il offre son plus grand développement puisqu'on le rencontre à peu près partout sur les massifs montagneux, à l'exception cependant du Maroc atlantique ainsi que des zones littorales du Tell constantinois et de Kroumirie.

Au Maroc, le pin d'Alep est rare (EMBERGER, 1939). Il constitue toutefois quelques peuplements généralement isolés sur le pourtour des grands massifs montagneux et en particulier du Rif où il est relativement fréquent sur le versant méditerranéen du Moyen-Atlas (régions d'Azrou, Ahermoumou et versant moulouyen des hautes chaînes orientales), et aussi du Haut Atlas où il est assez répandu dans les vallées internes du versant septentrional jusqu'au sud-ouest de Marrakech. Il existe encore en quelques colonies iso-

lées sur le versant saharien de la chaîne. Il forme enfin quelques peuplements dans le Maroc Oriental et en particulier sur les monts de Deb dou.

En Algérie (KADIK 1983) et en Tunisie, le *pin d'Alep* est très fréquent sur tous les massifs montagneux, du Tell littoral à l'Atlas Saharien, et s'il a souvent été fort maltraité par l'homme il en reste néanmoins de vastes peuplements en Oranie (régions de Bel Abbès, Saïda, Ouarsenis), dans l'Algérois (Medea-Boghar, Monts de Bibans, Monts des Ouled Naïl), et dans le Constantinois (Aurès, région de Tebessa surtout). En Tunisie c'est lui qui colonise essentiellement les monts de la dorsale tunisienne.

En Espagne il est bien développé sur les chaînes littorales de Catalogne, de la région de Valence et de Murcie ; par contre, il est moins fréquent en Andalousie. Vers l'intérieur il existe en colonies disjointes dans la haute vallée du Tage ainsi que sur tout le pourtour de la vallée de l'Ebre. Il est présent dans toutes les îles Baléares.

En France, le *pin d'Alep* est assez peu répandu et épars à l'ouest du Rhône mais beaucoup plus fréquent en Provence. Il remonte dans la vallée du Rhône jusqu'aux environs de Montélimar. En Corse, il n'existe, avec une spontanéité douteuse, que dans la région de Saint-Florent.

En Italie, le *pin d'Alep* n'est jamais abondant ; il s'observe çà et là, notamment dans le sud et en de rares localités de Sicile et de Sardaigne.

Dans les Balkans, il est présent sur le littoral adriatique surtout au Sud de Split et réapparaît en abondance en certaines zones de la péninsule hellénique notamment dans le Péloponnèse nord-occidental, en Attique, en Eubée et en Chalcidique occidentale.

Au Proche-Orient, sa présence en Turquie n'est certaine qu'au N.E. d'Adana (QUEZEL et PAMUKCUOGLU, 1973). En Syrie, il constitue quelques boisements sur le revers occidental de la chaîne des Alaouites (BARBERO, CHALABI, NAHAL & QUEZEL, 1977) et se retrouve ensuite çà et là sur le littoral libanais (ABI-SALEH, BARBERO, NAHAL & QUEZEL, 1976). Il constitue enfin quelques peuplements relativement importants en Israël (ZOHARY, 1962) et en Jordanie (ZOHARY, 1955).

Pinus halepensis existe enfin en quelques localités de Cyrénaïque littorale.

2 - *Pinus brutia* Ten. (carte n° 1)

Il remplace approximativement le précédent à l'Est du sillon de la mer Egée, bien qu'il puisse exceptionnellement se mêler à lui en Turquie et au Liban. Ses forêts s'étendent sur environ 4 millions d'hectares. Sa répartition est maintenant bien connue, à la suite

en particulier des travaux d'AKMAN, BARBERO et QUEZEL (1978), en Turquie et de la synthèse récente réalisée sur cette espèce par NAHAL (1983).

En Grèce continentale, il existe au Mont Athos et sur le littoral de Thrace et constitue des peuplements appréciables dans les îles (Thassos, Samos, Cos, Rhodes et en Crète). En Turquie il représente une des essences les plus largement répandues, et constitue d'immenses peuplements forestiers sur les façades égéenne et méditerranéenne, et également quelques forêts résiduelles sur le revers sud des chaînes pontiques. Il est également largement présent à Chypre (JONES et al., 1958), en Syrie septentrionale et tout spécialement dans le Baer-Bassit ainsi que dans toute la montagne libanaise, et en de rares stations de l'Irak septentrional. L'ensemble de ces localités se rapporte au type de l'espèce. Les autres unités taxinomiques se rangeant dans le complexe *Pinus brutia* offrent des répartitions souvent encore mal précisées notamment en raison des problèmes systématiques qu'ils posent. Toutefois, (NAHAL, 1983) il est possible de les schématiser comme suit : *Pinus starkewiczii* sur le littoral sud-oriental de Crimée ; *Pinus pithyusa* sur le littoral nord-oriental de la Mer Noire, et *Pinus eldarica* en quelques localités de l'Azerbaïdjan soviétique et iranien.

VALEUR ECOLOGIQUE

Nous envisagerons ici successivement les problèmes liés à la zonation altitudinale, aux exigences géomorphologiques et édaphiques et à la valeur bioclimatique.

A - Zonation altitudinale

Les pins du groupe "*halepensis*" comme d'ailleurs les autres essences, ont tendance à occuper certaines ceintures altitudinales correspondant à des étages de végétation, et bien entendu à des ensembles bioclimatiques, qui se retrouvent sur tout le pourtour de la Méditerranée. Cette notion d'étage de végétation a été précisée par GAUSSEN (1926), par SCHMID (1966), et par de nombreux autres auteurs (OZENDA, 1974 - QUEZEL, 1974). Sans entrer dans le détail rappelons qu'il est possible d'envisager sur le pourtour méditerranéen, les étages altitudinaux suivants :

- étage infra-méditerranéen (sensu BENABID, 1976) ;
- étage thermo-méditerranéen ou méditerranéen inférieur ;
- étage eu-méditerranéen ou mésoméditerranéen ;
- étage supraméditerranéen ou méditerranéen supérieur ;
- étage montagnard méditerranéen ;
- étage oro-méditerranéen.

Ces étages qui correspondent surtout à des critères thermiques, dont les rapports avec les variantes thermiques définies par EMBERGER à propos de ses étages bioclimatiques (cf. infra) sont évidents mais actuellement encore difficiles à codifier, varient bien entendu avec la latitude et ne sont pas présents partout sur le pourtour méditerranéen.

Les pins du groupe "*halepensis*" se développent essentiellement aux étages thermo et méso-méditerranéens sur tout le pourtour de la Méditerranée, c'est-à-dire entre 0 et 300-600 m en Méditerranée septentrionale, et 0 et 1 200-1 400 m en Méditerranée méridionale (QUEZEL, 1980). Toutefois, *Pinus halepensis* comme *Pinus brutia* pénètrent largement dans le supraméditerranéen et atteignent localement des altitudes beaucoup plus élevées.

C'est ainsi que dans les pays du Maghreb, *Pinus halepensis* s'élève à 2 600 m dans le Haut Atlas central et près de 2 000 m dans l'Aurès. Sur le Taurus (AKMAN, BARBERO & QUEZEL, 1978) *Pinus brutia* est présent aux environs de 2 000 m en diverses localités de la façade maritime de ce massif.

B - Signification géomorphologique et édaphique

Le pin d'Alep et le pin brutia peuvent végéter sur des substrats extrêmement variés, il est cependant possible de mettre en évidence certaines préférences pour chacune de ces espèces.

Le pin d'Alep affectionne essentiellement, sur toute l'étendue de son aire, les substrats marneux et calcaro-marneux (calcaires en plaquettes) où il trouve en particulier des sols profonds, facilement accessibles à son système racinaire. Toutefois, cette essence existe aussi sur les calcaires compacts et surtout sur les calcaires diaclasés à terra rossa, notamment en Provence, mais aussi en de nombreuses localités d'Algérie (Oranie tout spécialement). Il apparaît également sur les substrats non calcaires, mais essentiellement sur les schistes et les micaschistes (Provence cristalline, littoral algérois). Il fait par contre à peu près totalement défaut sur les granites et les gneiss. Il semble donc que le pin d'Alep recherche électivement les substrats meubles ou friables, comme l'indique fort bien LOISEL (1976) en Provence, où sa présence sur les calcaires compacts urgoniens en particulier ne peut s'expliquer que par l'existence de nombreuses fissures. Par contre le pin d'Alep tolère très mal les substrats sablonneux sans doute surtout en raison d'un assèchement trop intense en été des horizons supérieurs. Il fait également défaut sur tous les substrats où existent des nappes aquifères permanentes provoquant l'asphyxie de son système racinaire. Soulignons également que cet arbre ne tolère pas les bas fonds limoneux ou limono-argileux à sol compact. Sur les hauts plateaux Nord-Africains les steppes à Armoise champêtre ou à Armoise blanche (*Artemisia herba alba*) constituent en effet pour lui un

milieu fondamentalement hostile, comme l'ont d'ailleurs montré les échecs survenus à ce niveau lors de la mise en place du barrage vert en Algérie.

Le pin brutia présente des exigences bien proches de celles du pin d'Alep. Lui aussi réclame essentiellement des substrats meubles, profonds ou au moins fissurés. Lui aussi sera donc surtout fréquent sur les marnes et les calcaires marneux du moins là où les phénomènes d'érosion ne sont pas trop intenses. Il apparaît par ailleurs sur calcaires fissurés, en particulier sur le revers méridional du Taurus, et aussi sur substrats non calcaires (schistes et micaschistes surtout) en Anatolie égéenne ainsi que dans le région d'Anamur, mais surtout sur roches vertes où il offre un développement et une croissance remarquable aussi bien en Turquie (AKMAN, BARBERO & QUEZEL, 1978) qu'en Syrie (NAHAL, 1979 - BARBERO, CHALABI, NAHAL & QUEZEL, 1977) ; sur ces dernières il préfère toutefois les gabbros et dolérites plus friables que les péridotites pyroxéniques trop compactes. Comme le pin d'Alep, il tolère mal les sols mal drainés.

C - Signification bioclimatique

Il n'est pas toujours très aisé de définir avec précision les exigences bioclimatiques des pins du groupe "*halepensis*", même en se cantonnant aux espèces types de loin les mieux connues de ce point de vue. En effet leur répartition très vaste rend souvent hasardeuses certaines généralisations qui ne tiennent pas compte de la variabilité génétique de ces espèces ; d'autre part les documents météorologiques sont rares, voire absents de vastes portions de ce territoire, et en particulier des massifs montagneux et l'on est amené à établir des extrapolations parfois discutables ou tout au moins incertaines. Par ailleurs, si les critères thermiques et les précipitations peuvent être chiffrés ou appréciés, l'utilisation effective de l'eau par les conifères reste généralement inconnue sauf dans de rares cas fort ponctuels, dont il serait prématuré de tirer des conclusions à l'échelon de l'espèce (OPENHEIMER, 1961).

Comme il serait fastidieux d'analyser ici l'ensemble de ces facteurs, nous avons préféré retenir les données fournies en région méditerranéenne par divers indices bioclimatiques et en particulier celui d'EMBERGER qui permet d'intéressantes synthèses, en particulier grâce au climatogramme pluviothermique, qui a d'ailleurs été utilisé à ces fins par de très nombreux auteurs (SAUVAGE, 1961 - LE HOUEROU, 1969 - NAHAL, 1962 - QUEZEL 1974, 1980, ...).

Le pin d'Alep étudié par divers auteurs et en particulier par NAHAL (1962) à l'échelon circum méditerranéen, figure parmi les essences dont les exigences écologiques sont plus amples. En effet, il apparaît dans des zones où les précipitations sont comprises

entre 200 mm (en Algérie et en Tunisie arides), et au moins 1500 mm. C'est en fait entre 350 et 700 mm qu'il présente son développement optimal. Du point de vue thermique, si l'on retient en particulier le critère "m" sensu EMBERGER (moyenne des minima du mois le plus froid) qui paraît être pour lui un des facteurs limitants majeurs, il apparaît pour des valeurs moyennes de m comprises entre - 3 et + 10 °C. Comme l'a fort bien montré en Tunisie en particulier LE HOUEROU (1969), il se rencontre donc en bioclimat semi-aride et sub-humide essentiellement, et fragmentairement dans l'aride en Afrique du Nord et l'humide en Europe. Le climagramme établi pour le *pin d'Alep* nous montre donc qu'il est présent à l'aride dans les variantes thermiques froide, fraîche et tempérée, dans le semi-aride dans les variantes froide, fraîche, tempérée et chaude, dans le sub-humide froid, frais, tempéré et chaud, et dans l'humide frais et tempéré.

Ces exigences n'expliquent pas toutefois la répartition géographique actuelle du *pin d'Alep*. Son absence quasi totale en Méditerranée orientale où il est à peu près partout remplacé par le pin brutia peut être interprétée comme liée à une adaptation moins efficace aux climats locaux de cette espèce. Il faut remarquer d'ailleurs que là où les deux pins cohabitent, le *pin d'Alep* reste en situation sub-littorale (Turquie, Syrie, Liban) et toujours dans les zones les plus chaudes (semi-aride et sub-humide chaud essentiellement). De même son absence dans l'extrême ouest méditerranéen (Portugal, Espagne sud-occidentale, Maroc occidental) ne peut s'expliquer sans doute qu'en raison de la diminution de la continentalité thermique liée à la proximité des nappes d'eau atlantique ; il fait en effet défaut dans les zones où K' (cf. DAGET, 1977) est approximativement inférieur à 15.

Les exigences bioclimatiques du *pin brutia* sont moins bien connues que celles du *pin d'Alep*, bien que NAHAL ait consacré de récents articles à cette question (1977, 1983). Les données phytécologiques et phytosociologiques accumulées par ailleurs sur ce pin durant les dernières années par notre équipe au Liban, en Syrie et en Turquie, permettent cependant de mieux les comprendre. Sans entrer dans le détail, disons que le *pin brutia* offre sur le climagramme une extension plus réduite vers le bas où il ne pénètre pas en bioclimat aride, et est rare, voire exceptionnel, dans le semi-aride inférieur, mais présente par contre une extension plus large en bioclimat humide puisqu'il atteint des valeurs de Q voisines de 200, alors que le *pin d'Alep* ne dépasse guère 150. Du point de vue thermique il est présent pour des valeurs de m comprises entre - 4 (- 5) et 10 au moins, c'est-à-dire qu'il offre une extension dans les variantes froides (et localement très froide) plus accusée que l'espèce précédente. Il est présent en effet en divers points du Taurus où m voisine - 5 (Sambeyli en particulier). La limitation vers l'ouest de cet arbre est

bien difficile à expliquer par des critères climatiques et il faut sans doute chercher la raison dans des facteurs historiques et géographiques.

VALEUR DYNAMIQUE ET SYNTAXONOMIQUE

La signification dynamique des pins du groupe "*halepensis*" sur le pourtour méditerranéen a été à l'origine de multiples discussions de la part des phytogéographes mais aussi des forestiers. En effet jusqu'à une date récente, ils n'ont voulu voir dans ces essences que des types paraclimaciques, c'est-à-dire dont les peuplements ne constituaient qu'un stade transitoire, souvent obligatoire d'ailleurs, vers la constitution de forêts sempervirentes voire localement caducifoliées.

Cette interprétation est essentiellement liée aux observations effectuées par les phytosociologues de Méditerranée septentrionale, France, Italie, Yougoslavie surtout où le *pin d'Alep* est effectivement inféodé à des structures sylvatiques, évoluant généralement vers les forêts à chênes sclérophylles. Telle a été en particulier la position de BRAUN-BLANQUET (1936) ou de MOLINIER (1937) en région méditerranéenne française. L'exploration progressive du pourtour méditerranéen et essentiellement de l'Afrique du Nord et du Proche Orient, a toutefois clairement montré que dans certaines zones, et essentiellement à l'étagé thermo-méditerranéen, mais aussi à l'eu-méditerranéen voire localement au supra-méditerranéen, ces essences constituent bien sur certains substrats en particulier, des formations qu'il est raisonnable de considérer comme climaciques. Le dynamisme de ces essences a certainement par ailleurs contribué à élargir leur aire de distribution et l'homme, mais aussi les incendies, ont joué dans le même sens.

Ceci est en particulier vrai pour le *pin d'Alep* où diverses séries climaciques sont maintenant bien connues notamment en France (LOISEL, 1976) et dans les pays du Maghreb (KADIK, 1983), mais aussi pour le *pin brutia* notamment sur roches vertes (NAHAL, 1983) en Syrie, et sur calcaires marneux sur le revers méridional du Taurus (AKMAN, BARBERO et QUEZEL, 1978).

Il était bien sûr impossible d'analyser ici en détail les structures de végétation. Nous nous sommes limités à fournir les cadres généraux des unités phytosociologiques. Pour plus de détail, le lecteur pourra se reporter aux travaux principaux cités en bibliographie.

A - Le pin d'Alep

Le *pin d'Alep* constitue sur le pourtour méditerranéen occidental (et très localement oriental) des forêts dont le rôle climacique ne peut être mis en doute. Ces forêts entrent toutes dans le *Quercetea ilicis* Br.-Bl.

(1947) et très généralement dans les *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*, Rivas-Martinez (1974), qui réunissent les groupements héliophiles appartenant presque exclusivement à l'étage thermoméditerranéen. C'est ainsi qu'en France méditerranéenne comme l'a bien montré LOISEL (1971, 1976) le *Quercus-Pinetum halepensis* constitue un véritable climax en quelques points du littoral à l'est de Marseille. Toutefois, toujours en France, la majeure partie des peuplements de pin d'Alep représente bien des groupements transitoires ou paraclimaciques, surtout à l'étage euméditerranéen, s'installant sur des matorrals appartenant aux *Ononido-Rosmarinetea* (calcicoles) surtout ou aux *Cisto-Lavanduletea* (calcifuges) dont l'évolution normale conduit à des forêts climaciques à *Quercus ilex* (*Quercetum ilicis galloprovinciale* Br.-Bl., 1936 surtout) voire à *Quercus pubescens* (*Lathyro-Quercetum pubescentis*, LOISEL, 1976).

En Espagne, la situation est identique au moins en Catalogne, plus au sud par contre le statut phytosociologique et dynamique des forêts de pin d'Alep est moins clair mais les auteurs espagnols le considèrent essentiellement comme une essence paraclimacique. En Afrique du Nord où cet arbre présente son développement maximum, mais où les études phytosociologiques sont encore fragmentaires, il apparaît toutefois que la majorité de ses peuplements marocains sont de nature paraclimacique (ACHHAL et al., 1980, BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ, 1981) contrairement à ce qui se passe pour la plupart des formations à *Tetraclinis articulata*. Par contre, en Algérie (KADIK, 1983) et en Tunisie centro-méridionale, (LONG, 1954, LE HOUEROU, 1969) il constitue de véritables formations climaciques.

C'est le cas en particulier à l'étage thermoméditerranéen sur substrats marneux ou calcaire marneux essentiellement dans la majeure partie du semi-aride, voire de l'aride. Sur le plan floristique ces forêts appartiennent généralement encore aux *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* et individualisent de nombreuses associations encore incomplètement connues.

Comme en Méditerranée septentrionale, cet arbre s'est toutefois largement introduit dans les forêts potentielles au moins à chêne vert surtout sur calcaire, ou à chêne liège sur substrats non calcaires, aux étages eu, voire thermo-méditerranéens (pour les secondes). Mais le problème le plus délicat à résoudre reste celui de ses rapports avec les formations à Thuya de Barbarie, auquel il est souvent associé (cf. en particulier BAUMGARTNER, 1965 dans l'algérois). Ce sera ici très certainement l'analyse précise des critères de continentalité qui permettra de résoudre cet irritant problème.

En Cyrénaïque, le pin d'Alep associé souvent au Cyprés, constituent les seuls groupements sylvatiques ou sub-sylvatiques du moins localement climaciques.

Remarquons que dans les pays d'Afrique du Nord, les forêts de pin d'Alep sont le plus souvent installées sur des paysages de matorral, l'ambiance sylvatique avec un cortège significatif d'espèces sciaphiles ne se réalisant éventuellement qu'en bioclimat sub-humide, mais pratiquement jamais en semi-aride et à plus forte raison en aride.

En Italie et sur le littoral dalmate les formations à pin d'Alep ne représentent guère que des paraclimax (TOMASELLI, 1973 et HORVAT, 1950).

En Grèce par contre, si c'est aussi souvent le cas, les peuplements thermo-méditerranéens sur marne en Grèce méridionale (BARBERO et QUEZEL, 1976) ou sur sols profonds en Eubée (KRAUSE-LUDVIG et SEIDEL, 1963) doivent être considérés comme climaciques.

Au Proche-Orient, il est inféodé au pin brutia dans les quelques localités où il apparaît en Turquie, Syrie et Liban, sauf à Cirestane (Chaîne des Alaouïtes). Par contre en Israël et en Jordanie, sur marnes (ZOHARY, 1962, FEINBRUN et ZOHARY, 1955) il paraît bien constituer des formations climax, leur évolution vers la forêt à *Quercus calliprinos* n'étant pas évidente.

B - Le pin brutia

A la suite de travaux récents poursuivis en particulier par notre équipe, la valeur dynamique et phytosociologique du pin brutia est paradoxalement mieux connue à l'heure actuelle que celle du pin d'Alep. Son étude est d'ailleurs fort intéressante et cet arbre, en fonction de sa plasticité écologique montre des significations fort diverses. En schématisant les choses (ABI-SALEH, BARBERO, NAHAL et QUEZEL, 1976, BARBERO, CHALABI, NAHAL et QUEZEL, 1976, AKMAN, BARBERO et QUEZEL, 1978, BARBERO ET QUEZEL, 1979, BARBERO et QUEZEL, 1980), il est possible de dégager les conclusions suivantes : sur le littoral méditerranéen et égéen méridional du Proche-Orient il forme de très vastes peuplements appartenant aux *Quercetalia ilicis* aux étages thermo et eu-méditerranéens. Ceux-ci sont certainement climaciques sur marnes et calcaires marneux sur toute son aire de répartition et s'incluent en gros à l'est d'Antalya au *Gonocytiso-Pinion* (BARBERO, CHALABI, NAHAL et QUEZEL, 1977) et peuvent localement laisser apparaître *Pinus halepensis* et surtout *Cupressus sempervirens*. A l'est d'Antalya et ailleurs sur calcaires, ils s'inscrivent au contraire dans le *Ceratonio-Rhamnion* (BARBERO et QUEZEL, 1979) à l'étage thermo-méditerranéen où ils constituent, au moins partiellement, des groupements climaciques en particulier sur les calcaires en plaquettes du littoral et dans le *Quercion calliprini* au méso-méditerranéen, où ils paraissent le plus souvent paraclimaciques. Sur les roches vertes largement répandues sur les marges du golfe d'Iskanderun, les magnifiques peuplements de

pin *brutia* sont également climaciques et s'inscrivent alors dans l'alliance *Pterosimoppapo-Quercion* (BARBERO, CHALABI, NAHAL et QUEZEL, 1977). Ils sont encore climaciques sur ce même substrat en Anatolie sud-occidentale, mais appartiennent alors au *Quercion calliprini*. Ces forêts individualisent de nombreuses associations souvent remarquables sur le plan floristique dont certaines sont sylvatiques, mais dont la plupart représentent des matorrals denses, riches en espèces des *Cisto-Micromerietea* (OBERDORFER, 1954). Il convient alors encore de souligner le développement exceptionnel de ce pin notamment en Anatolie méridionale, et sa prédominance absolue sur tous les substrats en bien des régions. Le phénomène associé à la faible représentation, voire à l'absence de chênes sclérophylles, amène bien souvent et même sur calcaires à envisager le caractère climacique de ces forêts. Il en est de même d'ailleurs pour les pineraies sur schistes de la région de Mugla.

En Anatolie nord occidentale en gros au nord d'Izmir, et jusque sur les rives de la mer de Marmara, le pin *brutia* est également abondant sur schistes et sur calcaires, essentiellement à l'étage méso-méditerranéen. Ces forêts représentent alors le plus souvent des stades paraclimaciques des forêts sclérophylles et surtout caducifoliées. Par leur cortège elles s'incluent dans l'alliance *Quercion ilicis*.

Toujours au méso-méditerranéen, un cas spécial est représenté par certains peuplements s'intégrant dans le bioclimat semi-aride supérieur. C'est le cas pour les forêts d'Anatolie septentrionale apparaissant en particulier dans les vallées internes situées sur le revers méridional des chaînes pontiques depuis le Sakarya jusqu'au Yesilirmak (QUEZEL, BARBERO, et AKMAN, 1980). Localisées sur marnes, elles constituent des groupements climaciques, quoique de médiocre venue, s'intégrant dans les variantes tempérées et surtout froides de cet étage. Certaines forêts du revers oriental des chaînes côtières de Syrie répondent sans doute également à ces critères.

Un problème très particulier relatif au pin *brutia* est sa présence en Turquie surtout, mais aussi au Liban, à des altitudes élevées, ce qui, compte tenu du cortège floristique, le situe à l'étage supra-méditerranéen. C'est essentiellement le cas sur le revers méditerranéen du Taurus, où le pin *brutia* atteint généralement 1 200, voire 1 500 m. Ces forêts qui figurent parmi les plus belles de Turquie apparaissent sur des substrats très variés, marnes calcaires, schistes, roches vertes, et offrent généralement un très riche cortège floristique qui permet de les inclure dans les *Quercetia pubescentis* et plus spécialement dans les *Querco Cedretalia libani* (BARBERO, LOISEL et QUEZEL, 1974). Il est dans ces conditions, bien difficile de ne pas considérer ces forêts, liées aux bio-climats sub-humide et humide froids, comme des groupements climaciques, dont le développement est con-

ditionné par l'absence totale ou extrêmement fragmentaire en bien des régions, des forêts caducifoliées ou même des forêts sclérophylles de type supra-méditerranéen. Il est toutefois possible que leur extension actuelle soit liée, en partie au moins, à d'anciennes techniques d'exploitations humaines (sylviculture préférentielle des conifères par l'administration forestière, abandon aux populations locales des essences caducifoliées et pâturage intensif en forêt en particulier), qui ne sauraient cependant expliquer à elles seules l'étendue et le dynamisme de ces pineraies.

Le pin *brutia* joue enfin un rôle important dans les îles est-méditerranéennes et en particulier en Crète (BARBERO et QUEZEL, 1980) et à Chypre (BARBERO et QUEZEL, 1979).

En Crète, où comme dans les grandes îles de l'est de l'Egée, *Pinus brutia* est assez souvent associé à *Cupressus sempervirens*, il est présent au thermo-méditerranéen surtout sur les substrats gypso-marneux du sud-est de l'île en bioclimat de type aride chaud où il détermine des peuplements mixtes avec *Juniperus lycia*. Au méso-méditerranéen et sur le revers méridional des grands massifs montagneux il est également présent surtout entre 300 et 1 000 m sur des calcaires compacts ou sur terra rossa en bioclimat semi-aride ou sub-humide frais.

A Chypre, *Pinus brutia* est très largement présent, surtout sur les massifs montagneux. Au méso-méditerranéen il occupe les substrats marno-calcaires en général associé à *Quercus calliprinos* et à *Cupressus sempervirens* mais aussi les roches ultrabasiques du Troodos en peuplements mixtes avec *Quercus alnifolia* et très localement *Cedrus brevifolia*; ces formations s'intègrent à une alliance endémique chypriote le *Quercion alnifoliae*. Au thermo-méditerranéen, il participe également sur sables et sur calcaires en plaquettes dans la région de Limassol et en bordure de mer à des peuplements mixtes à *Pinus brutia*, *Cupressus sempervirens*, *Juniperus lycia* et *Ephedra campyloclada*.

LES CARACTERES ECOPHYSIOLOGIQUES

Il est sans doute prétentieux de chercher à brosser un schéma même succinct des caractères écophysiologiques des pins du groupe "*halepensis*". En effet ces derniers, comme d'ailleurs l'ensemble des essences méditerranéennes à de très rares exceptions près, n'ont fait l'objet que de peu de recherches, même si une bibliographie très dispersée ne facilite guère les synthèses. Nous avons déjà évoqué ce problème (QUEZEL 1983) en soulignant les caractères très particuliers que présente la dynamique (au sens anglo-saxon du terme) des écosystèmes forestiers méditerranéens. Le cas des pins envisagés ici n'est pas différent, et leur spécificité méditerranéenne apparaît essentiellement au niveau du stress hydrique estival et de ses incidences écophysiologiques.

Dans le groupe "*halepensis*", seul *Pinus halepensis* a, à notre connaissance, fait l'objet d'un certain nombre de recherches qu'il est bon de signaler ; par contre le domaine de *Pinus brutia* et de *Pinus eldarica* est à peu près vierge.

Quatre domaines sont à signaler :

- le cycle biogéochimique,
- le comportement hydrique estival,
- la résistance des graines au stress hydrique estival,
- la photosynthèse, la croissance et la répartition des assimilats.

A - Le cycle biogéochimique dans les formations à pin d'Alep

Une série de publications très significatives ont été réalisées sur cette question par le laboratoire du Professeur LOSSAINT à Montpellier où a pu être étudié le cycle du carbone (LOSSAINT et RAPP, 1971) et le cycle biogéochimique (RAPP, 1974).

Les résultats principaux concernent les quantités d'éléments en circulation dans un peuplement équienné, quantités qui se situent au voisinage de celles de peuplements de résineux et de feuillus d'Europe moyenne. Toutefois vis-à-vis des autres résineux européens, la productivité reste faible même si la circulation d'éléments biogènes est plus élevée. Le bilan établi est le suivant : 125,4 Kg/ha/an absorbés au niveau du sol et 107,9 qui lui sont restitués ; 17,5 Kg/ha/an sont donc immobilisés dans la biomasse pérenne. Le bilan ionique est équilibré pour le potassium, le magnésium et le phosphore, excédentaire pour l'azote et le sodium, et déficitaire pour le calcium.

Si l'ensemble de ces résultats est précieux, il conviendrait toutefois que des expérimentations analogues soient entreprises au niveau d'autres écosystèmes à pins du groupe "*halepensis*" en particulier sur le *Pin brutia*, mais également sur des peuplements de pins d'Alep situés dans des ambiances bioclimatiques plus contraignantes que celles de la région de Montpellier.

B - Le comportement hydrique estival

Il s'agit là d'un des critères écophysiologiques fondamentaux en région méditerranéenne. L'existence d'une période de déficit hydrique estival durant de 1 à 6 mois (DAGET, 1977, NAHAL, 1981) est sans doute le caractère majeur du climat méditerranéen (QUEZEL, 1982) et le facteur limitant essentiel pour le développement des écosystèmes forestiers. Les formations méditerranéennes à pins du groupe "*halepensis*" constituent de ce point de vue une des structures les mieux adaptées à cette sécheresse estivale, comme nous l'avons vu plus haut. Malheureusement, si les interprétations écologiques et bioclimatiques restent capitales, elles ne permettent pas de mesurer préci-

sément la résistance au stress hydrique estival de type méditerranéen.

En fait, très peu de travaux ont été réalisés à l'heure actuelle sur le comportement hydrique estival des essences méditerranéennes et en particulier sur les pins qui nous intéressent ici. Rappelons tout d'abord que l'évaluation des réserves en eau au niveau du sol reste très délicate, en raison même de la structure générale des sols au niveau des peuplements naturels. Aussi les recherches se sont tournées récemment vers l'évaluation du potentiel de sève par "la chambre à pression de SCHOLANDER" (1965), et les premiers résultats ont été publiés par AUSSENAC et VALETTE (1982). Bien que le cas du Pin d'Alep n'ait été envisagé dans ce travail que de façon marginale, les résultats sont intéressants. Celui-ci en effet, contrairement à *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Pinus halepensis* et *Pinus uncinata*, "limite ses pertes transpiratoires en fermant progressivement ses stomates, ce qui lui permet de résister à des dessèchements importants". Malheureusement, ces auteurs n'ont pu établir pour cette espèce le potentiel de base critique au niveau de la pression de sève. Ils ont toutefois pu montrer que le potentiel minimum est susceptible de s'abaisser jusqu'aux environs de - 30, - 35 bars comme chez les chênes méditerranéens. Cette expérimentation est actuellement poursuivie par le laboratoire de sylviculture méditerranéenne de l'I.N.R.A. d'Avignon, et de nouveaux résultats seront bientôt connus.

C - La résistance des graines au stress hydrique estival

Ce problème capital au point de vue du choix des semences en vue de programmes de reforestation, a été étudié par CALAMASSI, FALUSI et TOCCI (1980). Ces auteurs ont en effet analysé le rôle des provenances sur la résistance au stress hydrique estival chez diverses populations de *Pinus halepensis*, *Pinus brutia* et *Pinus eldarica*. Ils ont pour cela établi les taux de germination et l'accroissement des racines en fonction de la réduction du potentiel hydrique du substrat. Sans entrer dans le détail de leur expérimentation conduite sur plus de 30 provenances, il est intéressant de signaler que le pouvoir germinatif varie considérablement en fonction des provenances par rapport au déficit hydrique du sol, et qu'il est directement corrélé avec la longueur de la sécheresse estivale des stations de provenance.

Ces observations confirment l'existence de races génétiques liées à ce dernier critère, ce qui est un facteur essentiel dans le choix des provenances à des fins de reforestation.

D - Photosynthèses, croissance et répartition des assimilats

Un important travail (EL AOUNI, 1980) a été consa-

cré à ces questions et à la suite d'une expérimentation très rigoureuse, il apparaît que les facteurs de résistance à la sécheresse et de faible productivité en bois, sont corrélés à une stratégie acquise à la suite d'une longue adaptation. La résistance à la sécheresse dont l'objectif majeur est l'économie de l'eau est liée à la régulation du système stomatique, à la résistance de l'appareil photosynthétique, aux déficits hydriques moyens et élevés, et à l'accumulation d'une grande portion des assimilats dans le système foliaire et les racines aux dépens du bois. La faible productivité en bois, déjà évoquée ci-dessus est encore liée aux contraintes exercées par les prédateurs, la sécheresse et la compétition, qui se traduisent à l'état adulte par l'exportation massive d'assimilats vers les fruits.

CONCLUSIONS

Sans chercher à évoquer ici l'ensemble des problèmes envisagés dans ce travail, il paraît cependant utile de souligner encore quelques particularités qu'offrent les pins du groupe "*halepensis*".

C'est tout d'abord leur importance en superficie, en particulier dans la portion méridionale du bassin méditerranéen, notamment au Maghreb et en Anatolie, où ils représentent près de la moitié des peuplements franchement forestiers ; ces pourcentages sont certainement plus élevés encore sur le Taurus centro-occidental. En Méditerranée septentrionale, s'ils sont relativement moins abondants, leur place reste considérable en particulier en Provence, en Espagne orientale et en Grèce méridionale.

Du point de vue écologique général ces pins, offrent également en région méditerranéenne une plasticité des plus remarquables puisqu'ils ont réussi à coloni-

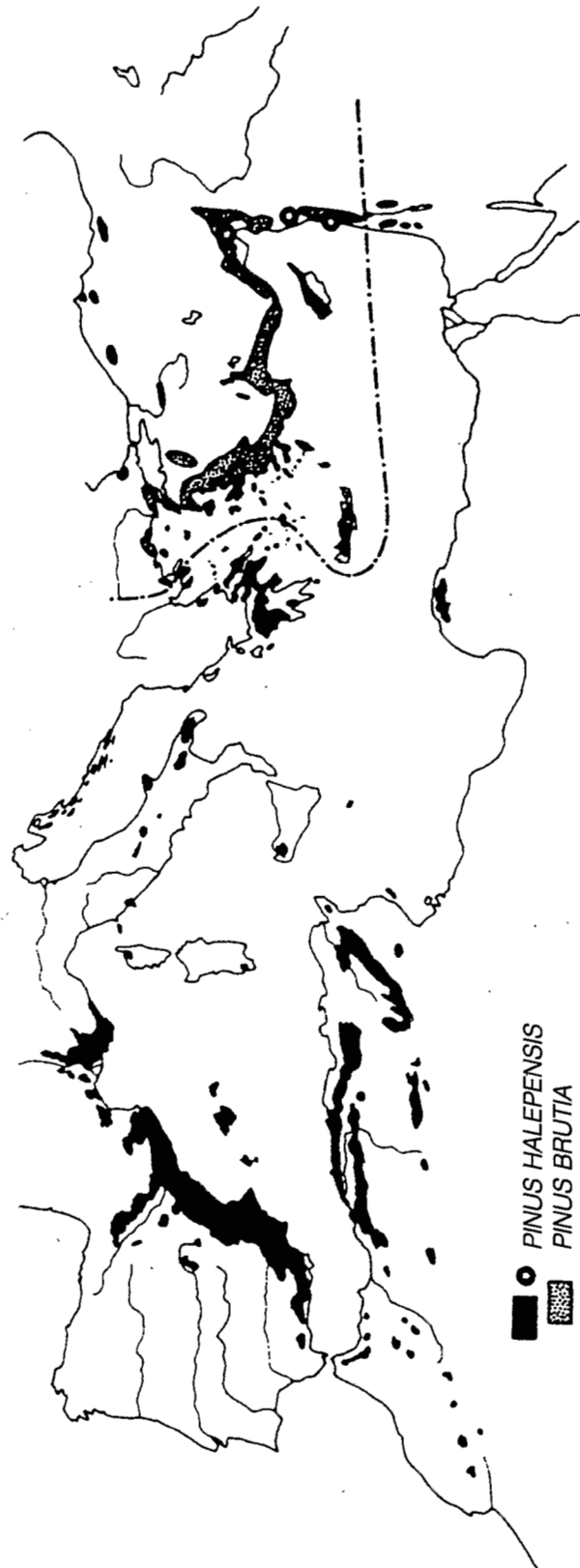
ser tous les substrats et sont également présents dans la majorité des variantes bioclimatiques méditerranéennes. Il n'est pas sans intérêt de rappeler ici que ce sont à peu près partout ces conifères qui occupent les zones les plus hostiles : marges sahariennes au Maghreb pour *Pinus halepensis*, marges des steppes nord-africaines, anatoliennes et syriennes pour l'une ou l'autre espèce.

Cette plasticité écologique s'accompagne dans la grande majorité des cas d'un dynamisme considérable et d'une potentialité certaine, à étendre leurs peuplements, du moins dans des conditions normales d'exploitation par l'homme et ses troupeaux.

Toutes ces considérations, mais aussi l'analyse des structures phytosociologiques individualisées dans ces forêts, amènent indiscutablement à confirmer le rôle climacique que ces pins peuvent jouer du point de vue de l'évolution des structures de végétation, en de très nombreuses parties du monde méditerranéen et surtout en Méditerranée méridionale.

Soulignons enfin, malgré l'extrême rareté des recherches concernant l'écophysiologie de ces pins, qu'ils représentent des essences particulièrement bien adaptées aux conditions climatiques méditerranéennes et en particulier au stress hydrique estival.

Pour toutes ces raisons, on comprend aisément leur importance dans les programmes de reforestation conduits sur le pourtour méditerranéen et en particulier dans les pays du revers méridional. Toutefois, leur utilisation doit prendre en compte les critères écologiques, écophysiologiques et génétiques évoqués ci-dessus, et bien des échecs, voire des semi-échecs sont liés soit à une mauvaise connaissance des potentialités écologiques de ces pins, soit le plus souvent à un mauvais choix des provenances.



Carte 1.

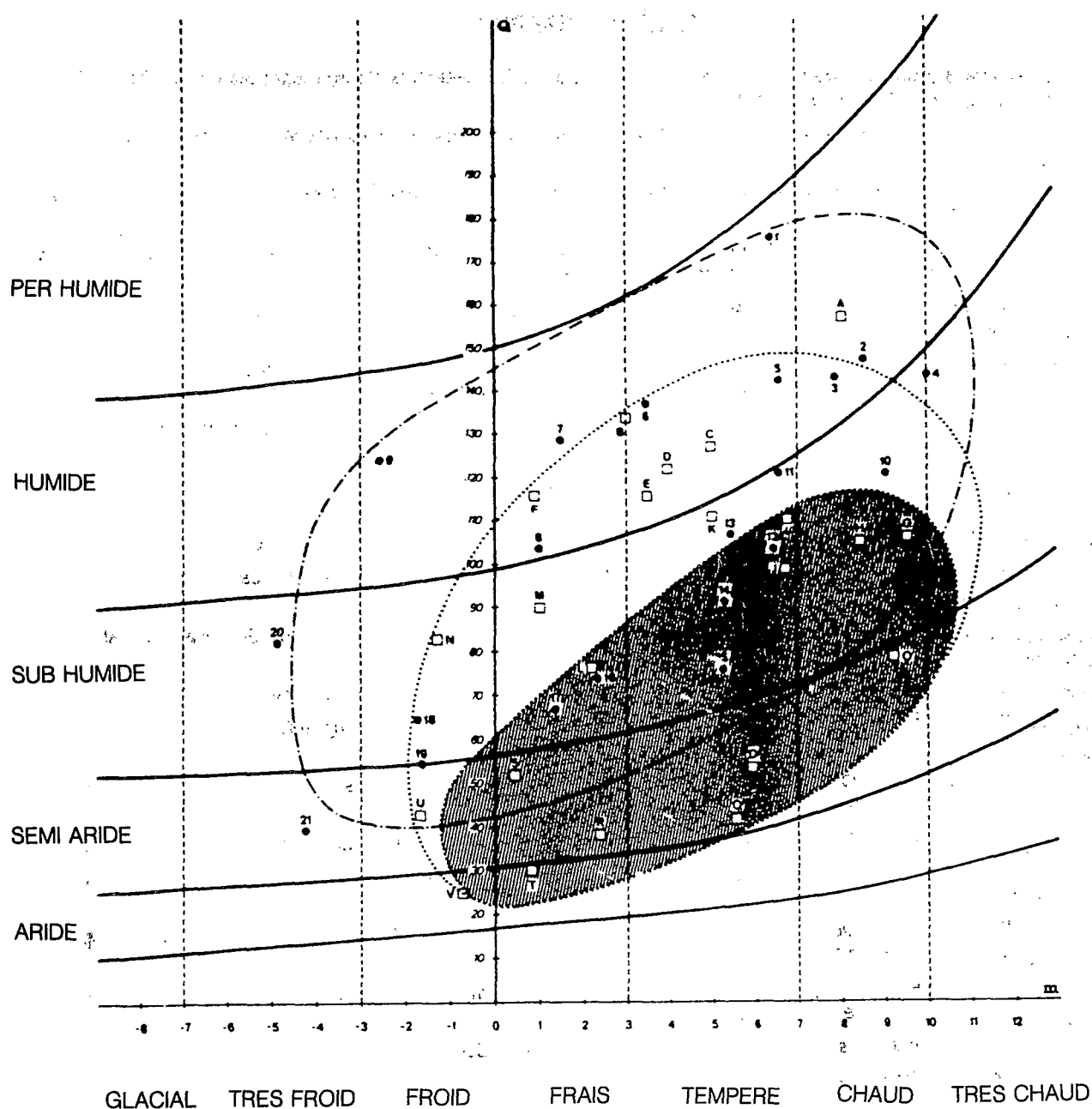


Figure 1. Aire de projection de *Pinus halepensis* et de *Pinus brutia* sur le climagramme d'Emberger :

- *Pinus brutia*
 ●●●●●●●●●● *Pinus halepensis*

La zone en grisé correspond à l'aire où *Pinus halepensis* est généralement climacique.

Stations météorologiques citées :

1 – Manavgat (Tu) ; 2 – Anamur (Tu) ; 3 – Alanya (Tu) ; 4 – Kaş (Tu) ; 5 – Antalya (Tu) ; 6 – Köyceğiz (Tu) ; 7 – Mugla (Tu) ; 8 – Fekke (Tu) ; 10 – Iskanderun (Tu) ; 11 – Fethiye (Tu) ; 12 – Kozan (Tu) ; 13 – Kusadasi (Tu) ; 14 – Izmir (Tu) ; 15 – Mersin (Tu) ; 16 – Oedemis (Tu) ; 17 – Ermenek (Tu) ; 18 – Elmalı (Tu) ; 19 – Uşak (Tu) ; 20 – Samsat (Tu) ; 21 – Eskişehir (Tu) ;

A – Monaco (F) ; B – Grasse (F) ; C – Miliana (Dj) ; D – Antibes (F) ; E – Rome (I) ; F – Montélimar (F) ; G – Alger (Dj) ; H – Cherchell (Dj) ; I – Beyrouth (Li) ; J – Patras (Gr) ; K – Toulon (F) ; L – Marseille (F) ; M – Montpellier (F) ; N – Apt (F) ; O – Oran (Dj) ; P – Athènes (Gr) ; Q – Carthagène (E) ; R – Tebessa (Dj) ; S – Setif (Dj) ; T – Djelfa (Dj) ; U – Bou Thalb (Dj) ; V – Midelt (Ma).

BIBLIOGRAPHIE

- ABI-FALEH, B. ; BARBERO, M. ; NAHAL, I. ; QUEZEL, P., 1976 ; *Les séries forestières de végétation au Liban, essai d'interprétation schématique*. Bull. Soc. Bot. Fr., 123, 541-560.
- ACHHAL & all., 1980 ; *A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc*. Ecol. Médit., 5, 211-249, Marseille.
- AKMAN, Y. ; BARBERO, M. ; QUEZEL, P., 1978 ; *Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie méditerranéenne*. Phytocoenologia 5, (1), 1-79.
- AUSSENAC, G. ; VALETTE, J.C., 1982 ; *Comportement hydrique estival de Cedrus atlantica, Quercus ilex, Q. pubescens et de divers pins dans le Mont Ventoux*. Ann. Sc. Forest., 39 (1), 41-62.
- BARBERO, M. ; CHALABI, N. ; NAHAL, I. ; QUEZEL, P., 1976 ; *Les formations à Conifères méditerranéens en Syrie littorale*. Ecologia Mediterranea, 2, 87-99, Marseille.
- BARBERO, M. ; LOISEL, R. ; QUEZEL, P., 1974 ; *Problèmes posés par l'interprétation phytosociologique des Quercetea ilicis et des Quercetea pubescentis*. Coll. Inst. C.N.R.S. "La flore du Bassin Méditerranéen", 235, 481-497.
- BARBERO, M. ; QUEZEL, P., 1976 ; *Les groupements forestiers de Grèce centroméditerranéenne*. Ecologia Mediterranea, 2, 1-86, Marseille.
- BARBERO, M. ; QUEZEL, P., 1979 ; *Contribution à l'étude des groupements forestiers de Chypre*. Doc. Phytosociologiques N.S., VI, 9-34.
- BARBERO, M. ; QUEZEL, P., 1980 ; *La végétation forestière de Crète*. Ecol. Médit., 5, 175-210, Marseille.
- BARBERO, M. ; QUEZEL, P. ; RIVAS-MARTINEZ, S., 1981 ; *Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc*. Phytocoenologia, 9, 3, 311-412.
- BAUMGARNER, N., 1965 ; *Etude phytosociologique des massifs forestiers du Sahel de Tipasa*. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, 56, 98-164.
- BENABID, A., 1976 ; *La végétation du Jebel Amsittène*. Thèse 3ème cycle, Marseille, Saint-Jérôme.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1936 ; *La Lande à Romarin et Bruyère (Rosmarino-Ericion) en Languedoc*. Comm. S.I.G.M.A. n° 48, Montpellier.
- CALAMASSI, R. ; FALUSI, R. ; TOCCI, A., 1980 ; *Variatione geographica e resistenza a stress idrici in semi di Pinus halepensis, Pinus brutia, Pinus eldarica*. Ann. Inst. Sperim. Selvicoltura, XI, 193-228, Arezzo.
- DAGET, Ph, 1977 ; *Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation*. Vegetatio, 34, 1, 1-20.
- DAGET, Ph, 1977 ; *Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger*. Vegetatio, 34, 2, 87-103.
- EL AOUNI, M., 1980 ; *Processus déterminant la production du Pin d'Alep. Photosynthèse, croissance et répartition des assimilats*. Thèse Université de Paris VI, 164 p.
- EMBERGER, L., 1939 ; *Aperçu général sur la végétation du Maroc, commentaire de la carte phytogéographique du Maroc au 1/1.500.000*. Veröff Geobot. Rubel Inst. Zurich, 14, 40-157.
- FEINBRUN, N., 1959 ; *Spontaneous Pineta in the Lebanon*. Bull. Research Council of Israël, 70, 3-4.
- GAUSSEN, H., 1926 ; *Végétation de la moitié orientale des Pyrénées*. Lechevalier ed. Paris, 526 p.
- GAUSSEN, H., 1960 ; *Les gymnospermes actuelles et fossiles*, IV, 1-272.
- HORVAT, I., 1950 ; *Les associations forestières en Yougoslavie*. Zagreb Inst. rasumarka istrazivanja, 1-73.
- KADIK, B., 1983 ; *Contribution à l'étude du Pin d'Alep en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie*. Thèse Doct. Etat, Aix-Marseille III, 313 p.
- KRAUSE, W. ; LUDWIG, M. ; SEIDEL, F., 1963 ; *Zur Kenntnis der Flora und vegetation auf Serpentinistondorten der Balkans 6 Vegetationsstudien in der Umgebung von Mantoudi (Euböa)*. Bot. Jb. 82, 337-403.
- LE HOUEROU, N., 1969 ; *La végétation de la Tunisie steppique*. Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie, 42, 5.
- LE HOUEROU, N., 1980 ; *L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne*. Forêts méditerranéennes, II, I, 31-34.
- LOISEL, R., 1971 ; *Séries de végétation propres en Provence aux massifs des Maures et de l'Estérel*. Bull. Soc. Bot. France, 118, 203-236.
- LOISEL, R., 1976 ; *La végétation de l'étage méditerranéen français*. Thèse Doct. Sc., Marseille, 384 p.
- LONG, G., 1954 ; *Contribution à l'étude de la végétation de la Tunisie centrale*. Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie, 42, 388 p.
- LOSSAINT, P. ; RAPP, M., 1971 ; *Répartition de la matière organique, productivité et cycle des éléments minéraux dans des écosystèmes de climat méditerranéen*. In Productivity of ecosystems. Proc. of Brussels Symposium, UNESCO, Paris, 597-617.

- MOLINIER, R., 1937 ; *Carte des associations végétales des massifs de Carpiagne et Marseilleveyre*. Comm. S.I.G.M.A. 58, Le Chêne, 44.
- NAHAL, I., 1962 ; *Le Pin d'Alep*. Ann. Sc. Eaux et forêts, Nancy, XIX, 4.
- NAHAL, I., 1977 ; *Le Pin brutia (Pinus brutia Ten. ssp. brutia) et les facteurs climatiques*. Research Journ. of Aleppo Univ. 2, 19-60.
- NAHAL, I., 1983 ; *Le Pin brutia*. Forêts méditerranéennes V, 2, 165-172.
- OBERDORFER, E., 1954 ; *Nordägäische Kraut-und Zwergstranchfluran im Vergleich mit den entsprechenden vegetationsseinheiten des westlichen Mittel meargebietes*. Vegetatio, 5-6, 88-96.
- OPPENHEIMER, H.R., 1961 ; *L'adaptation à la sécheresse, le xérophytisme. Echanges hydriques des plantes en milieu aride et semi-aride*. Rech. Zone Aride, U.N.E.S.C.O., XV, 115-153.
- OZENDA, P., 1974 ; *Sur la définition d'un étage de végétation supraméditerranéenne en Grèce*. Veröff. Geobot. Inst. Zürich, Rübel.
- OZENDA, P., 1975 ; *Sur les étages de végétation dans les montagnes du Bassin Méditerranéen*. Doc. Cart. Ecol. Alp. 1-32.
- PANETSOS, K., 1981 ; *Monograph of Pinus halepensis and Pinus brutia*. Ann. Forest., 9/2, 39-77.
- QUEZEL, P., 1974 ; *Les forêts du pourtour méditerranéen*. Notes tech. M.A.B. 2, U.N.E.S.C.O. Paris, 9-34.
- QUEZEL, P., 1975 ; *Contribution à l'étude phytosociologique du Massif du Taurus*. Phytocoenologia 1 (2), 131-222.
- QUEZEL, P., 1979 ; *Matorrals méditerranéens et Chaparrals californiens, quelques aspects comparatifs de leur dynamique, de leurs structures et de leur signification écologique*. Ann. Sci. Forest. 36 (1), 1-12.
- QUEZEL, P., 1980 ; *Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen*, In PESSON : Actualités d'Ecologie Forestière, Bordas Edit. Paris, 205-256.
- QUEZEL, P., 1983 ; *Problems of dynamic in mediterranean forest*. Lazaroa, 5, 25-32, Madrid.
- QUEZEL, P. ; BARBERO, M. ; AKMAN, Y., 1978 ; *Interprétation phytosociologique des groupements forestiers dans le bassin méditerranéen oriental*. Doc. Phytosoc. Lille, II, 329-352.
- RAPP, M., 1974 ; *Le cycle biogéochimique dans un bois de Pin d'Alep*. In PESSON, Ecologie Forestière, Gauthier Villars Ed. Paris, 75-97.
- RAPP, M. ; CABANETTES, 1981 ; *Biomasse, minéralomasse et productivité d'un écosystème à Pin pignon (Pinus pinea L.) du littoral méditerranéen*. In, Acta Oecologica, 1, 2, 151-164.
- RIVAS-MARTINEZ, S. ; RIVAS-GODAY, S., 1974 ; *Schéma syntaxonomique de la classe des Quercetea ilicis dans la péninsule ibérique*. Coll. C.N.R.S. Montpellier, 235, 431-456.
- SAUVAGE, Ch., 1961 ; *Recherches sur les subéraies marocaines*. Trav. Inst. Sc. Chérifien, sér. bot., 21, 462 p.
- SCHMID, E., 1966 ; *Die Vegetation-Gürtel die Iberische Barbarische Gebirge*, Ver. Geobot. Inst. Rübel, Zurich, 31, 124-163.
- TOMASELLI, R., 1973 ; *La vegetazione forestale d'Italia*. Collana Verde, Minist. Agric. For. Roma, 33, 25-62.
- ZOHARY, M., 1962 ; *Plant life of Palestine and Jordan*, New-York, Ronald Press.
- ZOHARY, M., 1973 ; *Geobotanical Foundations of the Middle East*. Geobotanica Selecta, III 6 Fische Verlag, Stuttgart.