

ANNALES
DE L'INSTITUT NATIONAL
DE RECHERCHES FORESTIERES
DE TUNISIE

H. Poupon

ETUDE DE LA CROISSANCE EN HAUTEUR
ET EN CIRCONFERENCE
DE QUELQUES ESPECES DE PINS ET D'EUCALYPTUS
DANS L'ARBORETUM DE ZERNIZA

Vol. 4 — Fasc. 5



1970

I.N.R.F.T. — ARIANA - (Tunisie)

REPUBLIQUE TUNISIENNE
Ministère de l'Agriculture
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES FORESTIERES

Directeur : Hachmi HAMZA

Section de recherches :

Ecologie	H. GHORBAL
Pédologie	M. EL AOUNI
Graines	M. EL HAOUIMEL
Génétique	M. GHALI
Techniques de reboisement	B. BEN SALEM
Pâturages forestiers	
Biométrie et sylviculture	A. DJAZIRI
Technologie du bois	M. DAHMAN
Entomologie	K. M'SADDA
Démonstration et formation	A. BEN AMOR
Utilisation des arbres forestiers dans le sec- teur agricole	M. CHARFI

Directeur du Projet : Jacques MARION

L'Institut National de Recherches Forestières bénéficie depuis mai 1965 d'une aide du Programme des Nations-Unies pour le Développement dans le cadre spécifique de l'Institut de Reboisement de Tunis. On trouvera ci-après les noms des experts affectés par la F.A.O. à ce projet :

Ecologie	A. SCHOENENBERGER
Pédologie	P. DIMANCHE
Génétique	A. FRANCKET
	J. VAN LEEUWEN
Techniques de reboisement	J. POUPON
	J. F. GREGERSEN
Pâturages forestiers	P. ZIANI
Biométrie et sylviculture	E. ALBERT
Technologie du bois	M. MARIANI
Entomologie	C. CHARARAS
Démonstration et Formation	U. HOENISCH
Utilisation des arbres forestiers dans le sec- teur agricole	E. VACCARONE
	E. VON AUFSESS

PUBLICATIONS

L'I.N.R.F. diffuse les publications suivantes : Annales, Bulletin d'information, Notes techniques et variétés scientifiques.

Les Annales paraissent annuellement.

Le Bulletin d'information paraît trimestriellement.

Les Notes techniques et variétés scientifiques paraissent au fur et à mesure des sujets à traiter.

Le service de ces différentes publications peut être fait à tous ceux qui le demandent.

Adresse : Route de la Soukra - Boîte Postale 2 - Ariana - (Tunisie) -
Téléphone : 280-757 et 283-320.

S O M M A I R E

	Pages
INTRODUCTION	5
I. — CROISSANCE EN HAUTEUR DES PINS ET DES EUCA- LYPTUS	6
1) Les pins	6
a) courbes moyennes de croissance cumulée	
b) période de croissance	
c) vitesse de croissance	
d) croissance des aiguilles	
e) conclusions	
2) Eucalyptus camaldulensis Dehn.	13
a) courbes de croissance moyenne cumulée en hauteur	
b) durée de la période de croissance	
c) vitesse de croissance	
d) conclusions	
II. — CROISSANCE EN CIRCONFERENCE DES PINS ET DES EUCALYPTUS	15
1) Les pins	15
a) caractères généraux de l'accroissement en épaisseur	
b) influence du milieu édaphique	
c) conclusions	
2) Les eucalyptus	21
a) caractères généraux de la croissance en épaisseur	
b) influence du milieu édaphique sur l'accroissement en épaisseur d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.	
c) croissance en circonférence de différentes espèces installées dans un même milieu édaphique	
III. — CONCLUSIONS	26
RESUME	28
BIBLIOGRAPHIE	29

**ETUDE DE LA CROISSANCE EN HAUTEUR
ET EN CIRCONFERENCE
DE QUELQUES ESPECES DE PINS ET D'EUCALYPTUS
DANS L'ARBORETUM DE ZERNIZA (1)**

par

H. Poupon (2)

(1) Les résultats présentés ici sont en partie extraits d'une thèse de troisième cycle soutenue à la faculté des Sciences d'Orsay (France).

(2) Chargé de recherches, stagiaire à l'O.R.S.T.O.M.

INTRODUCTION

Les travaux d'écologie expérimentale entrepris dans l'arboretum de Zerniza auraient pu concerner de nombreux phénomènes physiologiques. Nous nous sommes limités, dans un premier temps, à l'étude de l'élongation et de l'accroissement en circonférence du tronc. Celle-ci permettait, en conditions naturelles et en utilisant des méthodes simples, d'obtenir rapidement des données relatives à la productivité des espèces choisies. A l'inverse, la croissance dépendant de processus biologiques complexes comme la photosynthèse, la migration des sucres, les mouvements de l'eau dans le tronc, l'étude analytique des résultats obtenus était rendue plus difficile.

De nombreux auteurs ont abordé ces problèmes de croissance, Kramer (1958) montre qu'un arbre, même placé dans les conditions optimales de milieu ne pousse pas toute l'année. Pour cela il a utilisé *Pinus taeda*, qu'il a planté en air conditionné avec eau et alimentation minérale en excès. Il constate que la croissance n'est pas continue : la courbe d'élongation annuelle est une sigmoïde qui présente trois phases : démarrage, croissance active puis ralentissement et arrêt.

Kozlowski et Ward (1961) pour *Pinus ponderosa* Laws., Walter et Soos (1963) pour *Pinus lambertiana* Dougl., Mitchell (1965), Illy et Castaing (1966) pour *Pinus pinaster* Ait. et Debazac (1966) pour *Pinus nigra* Arn. ssp *laricio* Poiret. mentionnent de telles courbes.

La croissance en diamètre des troncs a également fait l'objet de nombreuses études ces dernières années, essentiellement par suite de l'amélioration des techniques et du matériel de mesure. Nous citerons par exemple :

— Pour les pins : *Pinus resinosa* Ait. et *Pinus Strobus* L. (Fraser 1952), *Pinus pinaster* Sol. (Guinaudeau 1966), *Pinus radiata* D. Don. (Van Laar 1967), *Pinus canariensis* C. Smith (Holmes et Shim 1968).

— Pour les eucalyptus : *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. (Fahn 1959, Valenzio et Scaramuzzi 1967), *Eucalyptus radiata* Sub., *Eucalyptus obliqua* L. Her., *Eucalyptus regnans* F. Muell. (Hopkins 1968).

L'accroissement en circonférence du tronc tout comme l'élongation du rameau terminal est intermittent (Koriba 1958) et est souvent masqué par les mouvements de l'eau. Il existe cependant des cycles journaliers et saisonniers (Kozlowski 1963, Van Laar 1967) : le rétrécissement du tronc en été et en hiver est un phénomène fréquent. Friesner et Walden (1946) l'observent sur *Pinus strobus* L., Byram et Doolittle (1950) mesurent des vitesses de retrait de 0,06 mm/jour en été sur *Pinus echinata* Mill.

Dans l'arboretum de Zerniza, de nombreuses espèces de pins et d'eucalyptus ont été introduites. Nous aborderons dans une première partie les résultats obtenus relatifs à la croissance en hauteur de quatre espèces de pins (*Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* Sol., *Pinus halepensis* Mill., *Pinus radiata* D. Don.) installés sur des sols relativement homogènes, d'une seule espèce d'eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn).

Dans une seconde partie, nous nous intéresserons à l'accroissement en circonférence de ces mêmes pins et de plusieurs espèces d'eucalyptus : *Eucalyptus maideni* F. Muell., *Eucalyptus saligna* Sm., *Eucalyptus gomphocephala* A. de C., et *Eucalyptus maculata* Nooh. Les techniques de mesures utilisées ont fait l'objet d'une précédente note (Baldy et al. 1969). Nous tenterons alors de dégager l'influence de l'environnement sur cette croissance en choisissant des arbres poussant sur des sols très différents les uns des autres.

I. — CROISSANCE EN HAUTEUR DES PINS ET DES EUCALYPTUS

1) — Les pins

Les placeaux ont été installés au cours de l'hiver 1960-1961 sur une ancienne subéraie très dégradée. Lors de la plantation, le terrain a été entièrement défriché, ce qui a entraîné une remontée rapide de l'hydromorphie. A l'origine cent arbres de chaque espèce de pins précités avaient été plantés. En février 1967, date à laquelle débutèrent nos mesures il restait :

- 100 pins pignons dont 28 poussaient sur des sols très hydromorphes caractérisés par la présence de *Schoenus nigricans* et *Carex flacca*.

- 94 pins maritimes
- 86 pins d'Alep
- 45 pins radiata.

a) *Courbes moyennes de croissance cumulée.*

La croissance en hauteur de la pousse terminale se fait en deux temps (fig. 1) :

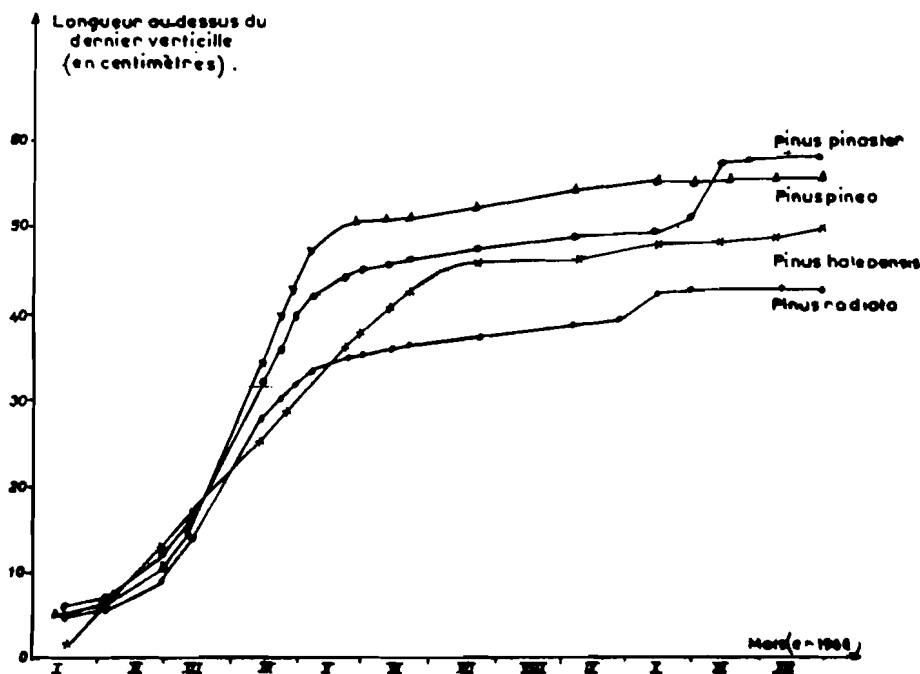


Figure 1 - Courbes moyennes de croissance cumulée en hauteur (exprimées en cm) de la pousse terminale de quatre espèces de pin.

— En automne, le pin met en place un bourgeon terminal qui atteint cinq ou six centimètres en moyenne sauf pour *Pinus halepensis* Mill. où il est très petit (1,5 centimètres en moyenne).

— Au printemps suivant, ce bourgeon va se développer et donner naissance à une pousse terminale dont la longueur varie d'une espèce à une autre. Actuellement, *Pinus pinea* for-

me en moyenne les plus longs rameaux terminaux (52,0 centimètres en 1968) et *Pinus radiata* D. Don. les plus courts (37,4 centimètres). *Pinus radiata* et *Pinus pinaster* Sol. sont des pins polycycliques qui présentent donc deux pousses annuelles. Rien dans la morphologie externe du bourgeon terminal ne peut, laisser prévoir cette évolution ultérieure (Debazac 1966). Il faut noter cependant que le mouvement d'allongement ne subit pas de ralentissement et la courbe totale reste une sigmoïde (cf. fig. 1).

Sauf pour *Pinus pinaster* Sol., la longueur du bourgeon terminal initié à l'automne détermine directement celle de la pousse formée au printemps suivant; et de la même façon, la longueur du bourgeon mis en place à l'automne, sera proportionnelle à la hauteur de la pousse. Il y a donc une interdépendance très marquée des cycles successifs de végétation.

Si on suit l'évolution du coefficient de dispersion relatif à la longueur de ce rameau terminal au cours du temps, on constate que le pin présentant le moins d'hétérogénéité est *Pinus pinaster* Sol.; *Pinus pinea* L. et plus encore *Pinus halepensis* Mill. supportent mal les conditions hivernales; le premier redoute une hydromorphie excessive du sol, mais au printemps, il présente des élongations très homogènes (le coefficient de dispersion devient alors relativement faible : 0,16 à la fin du mois de juin). Cette étude montre encore que *Pinus radiata* D. Don. ne semble guère adapté à la région puisque son coefficient de dispersion reste continuellement élevé tout au long de la saison de croissance (fig. 2).

b) Période de croissance.

Au cours d'une même année, la date moyenne de départ de la croissance varie très peu d'une espèce à l'autre comme le montre le tableau 1. Par contre, l'arrêt de l'élongation diffère considérablement : le pin *radiata* est le premier à s'arrêter suivi du pin maritime puis du pin pignon. Le pin d'Alep qui apparaît comme le plus résistant à la sécheresse pousse encore au cours de l'été. On a même pu remarquer que certains individus ne cessaient de croître qu'au mois de septembre ou même en octobre. Dans ces conditions, il semble que l'élongation soit relativement indépendante des facteurs du milieu extérieur. De tels résultats ont déjà été mentionnés au cours de synthèses bibliographiques par Kozlowski (1955-1958) Kramer et Kozlowski (1960).

La durée de la période de croissance varie donc considérablement en fonction de l'espèce considérée puisque le pin *radiata* s'allonge pendant 109 jours en moyenne et le pin d'Alep pendant 167 jours (cf. tableau 1). Kienholz (1934), Kra-

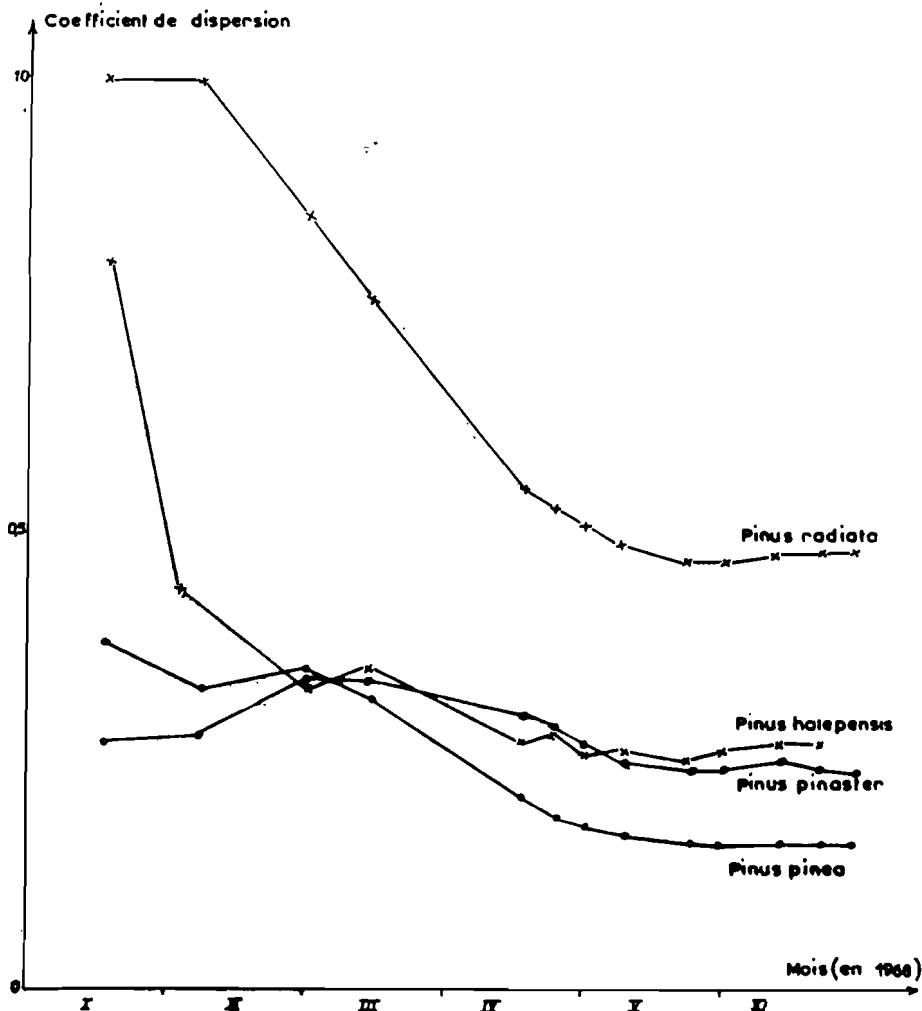


Figure 2 - Evolution du coefficient de dispersion des allongements pour quatre espèces de pin au cours de la période de croissance.

mer et Kozlowski (1960) affirment que la période de croissance varie en fonction de l'espèce, des conditions climatiques et de l'âge de la plantation. Aussi est-il difficile de comparer les présents résultats avec ceux mentionnés dans la littérature.

c) Vitesse de croissance.

La vitesse de croissance maximale est obtenue très tôt pour *Pinus radiata* D. Don. (dès le début du mois de mars)

TABLEAU 1
Principales caractéristiques biologiques et morphologiques
relatives à l'élongation en 1968,
de quatre espèces de pin installées à Zerniza

Espèces	Mortalité en %	Longueur du bourgeon terminal (cm)	Longueur moyenne de la pousse annuelle (cm)	α/m		Date moyenne de départ	Date moyenne d'arrêt	Durée moyenne de la période de croissance (en jours)	80% de la croissance obtenus (en jours)	Vitesse de croissance normale	Hauteur des arbres		Longueur moyenne des aiguilles (en cm)	% de la croissance à l'apparition des aiguilles	Floraison
				Janvier	Juillet						moyenne en cm	σ/m			
Pinus Pinea L.	0	6,0	52,0	0,38	0,16	27 janvier	1er juin	126	64	3 ^e semaine	231,0	0,20	13	65	Nulle
Pinus halepensis Mill.	14	1,5	47,4	0,80	0,27	2 février	20 juillet	167	142	2 ^e quinzaine d'avril	264,1	0,30	8	56	Très abondante
P. Pinaster sol.	6	6,0	47,5	0,27	0,24	26 janvier	27 mai	122	76	2 ^e quinzaine d'avril	277,2	0,21	16	30	Abondante
P. radiata D. Don.	55	5,0	37,4	1,00	0,48	31 janvier	19 mai	109	85	Début mars	214,3	0,44	12	73	Moyenne

alors que pour les trois autres pins étudiés, il faut attendre la mi-avril. Le pin pignon présente les valeurs de vitesse maximale moyenne les plus élevées, ce qui explique qu'il forme les pousses les plus longues pendant les temps les plus courts.

d) *Croissance des aiguilles.*

En ce qui concerne les aiguilles, leur morphologie est très variable en fonction de l'espèce puisqu'elles sont fasciculées par trois chez le pin radiata et par deux chez les trois autres. *Pinus pinaster* Sol. porte les aiguilles les plus longues et les plus lourdes; en outre, elles apparaissent alors que l'élongation de la pousse terminale n'a atteint que 30 % de sa valeur totale annuelle. Il serait très intéressant d'étudier ultérieurement les corrélations existant entre les bourgeons le long de la pousse en croissance car pour les autres espèces étudiées, la sortie des aiguilles est très tardive, particulièrement chez *Pinus halepensis* Mill. où le rameau terminal a déjà atteint 73 % de sa hauteur annuelle (fig. 3). Ces chiffres sont plus élevés que tous ceux cités par Debazac (1966) pour les pins européens ou américains. Pour ces trois espèces européennes, une grande partie de la croissance en longueur s'effectue donc aux dépens des réserves nutritives de l'arbre ou des produits photosynthétisés au niveau des aiguilles de l'année précédente.

e) *Conclusions.*

Le tableau 1 résume d'une manière globale toutes les caractéristiques biologiques et morphologiques présentées pour chacune des espèces de pins. Les résultats obtenus permettent donc de constater qu'installées dans des conditions de sol et de climat identiques, quatre espèces de pins se comportent très différemment. On a pu préciser les périodes d'activité et de repos du matériel végétal utilisé. L'espèce qui semble actuellement la plus homogène est sans nul doute le pin pignon bien qu'il démarre lentement les premières années après la plantation. Il redoute l'hydromorphie du sol comme nous l'ont montré les mesures effectuées sur des arbres plantés sur des terrains gorgés d'eau en hiver; en fait, il apparaît que ce caractère est essentiellement défavorable les premières années. Par contre, *Pinus pinea* L. résiste bien aux parasites puisqu'il est fort peu attaqué et que son taux de mortalité est nul.

Le pin maritime présente des caractères morphologiques très particuliers : polycyclisme, bourgeon terminal de grande taille, aiguilles longues et lourdes. Il est très bien adapté à

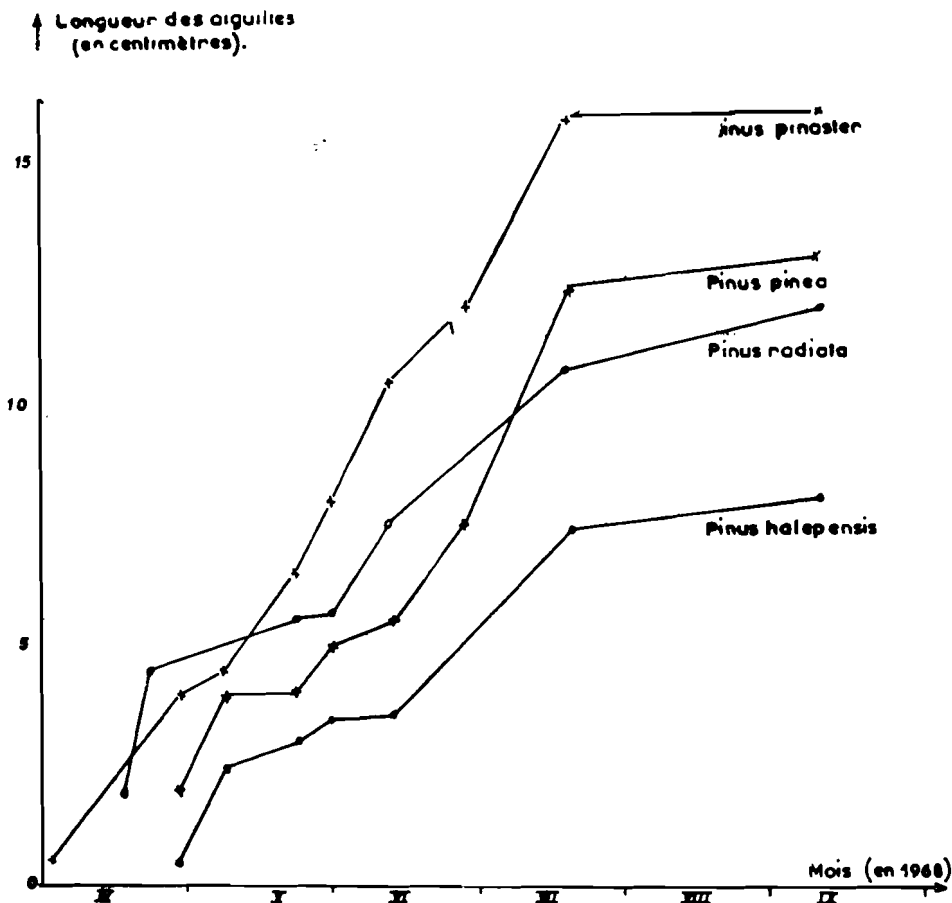


Figure 3 - Croissance comparée des aiguilles pour les quatre espèces de pin étudiées.

la région de Zerniza et résiste beaucoup mieux que le précédent aux conditions climatiques hivernales. Le pin d'Alep supporte beaucoup plus mal que les trois autres les conditions climatiques du mois de janvier mais il réagit bien à la sécheresse puisqu'il s'allonge au cours de l'été, à une époque où les pluies sont rares et où les réserves en eau du sol sont inexistantes. Quant au pin radiata, il semble qu'il soit à déconseiller dans de telles régions. Sa mortalité est élevée (55 % en sept ans); il souffre plus que les autres de la sécheresse et il redoute les sols à pseudo-gley. Il forme un peuplement très hétérogène qui est la proie des parasites et qui n'apparaît pas présenter un grand intérêt économique.

2) — *Eucalyptus camaldulensis* Dehn

Les mesures ont porté sur dix arbres plantés au cours de l'hiver 1959-1960 sur un sol assez hydromorphe où apparaissent *Schoenus nigricans* et *Linum numidicum*. Les eucalyptus choisis, âgés de huit ans, formaient leurs couronnes. aussi fut-il difficile de repérer avec certitude la pousse qui allait donner la flèche. Jacobs (1955) indique que chez *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, la dominance apicale est faible et par conséquent le tronc peut présenter de nombreuses courbures et bifurcations. Au sommet de chaque individu nous avons repéré six rameaux susceptibles de donner la flèche et nous les avons mesurés tous les quinze jours environ. A partir du mois de janvier 1968.

a) Courbes de croissance moyenne cumulée en hauteur.

La figure 4 montre l'évolution de la courbe moyenne cumulée en hauteur pour la flèche d'une part, et pour les cinq autres pousses mesurées simultanément d'autre part. On peut observer quatre stades en 1968 :

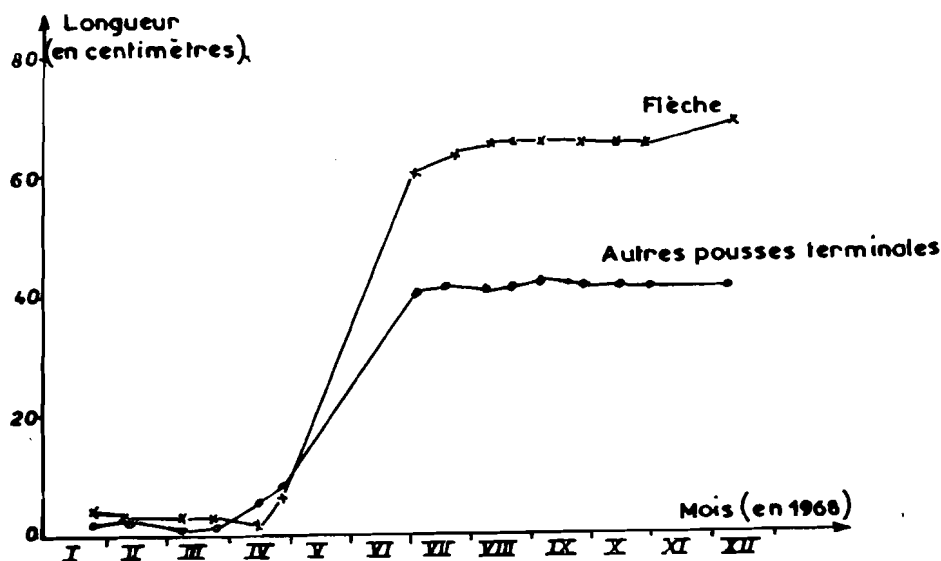


Figure 4 - Croissance moyenne cumulée en hauteur de la flèche et des autres pousses terminales d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.

— Au cours de l'hiver, non seulement les pousses ne croissent plus, mais leur longueur diminue. En effet, leurs pointes sont très endommagées par les vents; les rameaux

situés au nord-ouest sont les plus atteints car exposés aux vents dominants. Les premières feuilles apparaissent dès la fin du mois de janvier mais comme les bourgeons terminaux, elles sont très vite détériorées. En conditions climatiques favorables, en l'absence totale de vent, on peut penser que l'élongation débute fait à cette époque. En effet, il ne s'agit nullement d'un phénomène de dormance, car les bourgeons démarrent avant d'être détruits par le vent, les bourgeons axillaires débourent alors et donnent de petites pousses dont un grand nombre avortera encore pour n'en laisser se développer généralement qu'une et quelquefois deux. L'arrêt de croissance hivernale n'est donc effectivement que de courte durée (décembre et janvier).

— Au début du printemps les rameaux s'allongent. Les flèches commencent à dominer les autres pousses et jusqu'au mois de juillet, la croissance est rapide.

— Au début de l'été, la croissance se ralentit, les pousses terminales cessent de s'allonger avant les flèches.

— A l'automne, seule la croissance de la flèche reprend, lentement et tardivement.

b) *Durée de la période de croissance.*

La durée de la période de croissance de la flèche (109 jours en moyenne) est plus longue que celle des autres pousses (96 jours); l'allongement a lieu essentiellement entre avril et juillet. Pour le rameau principal, la croissance automnale ne représente que 4,8 % de l'élongation annuelle. Cette période de croissance est donc relativement courte, 90 % de l'allongement total sont obtenus en 84 jours. Par rapport aux autres espèces forestières, ces durées apparaissent comme faibles; en effet, aux U.S.A., Kozlowski et Ward (1957) signalent vingt semaines de croissance pour *Acer saccharinum*, vingt et une pour *Betula papyrifera*, Kramer (1958) indique 160 jours pour l'élongation des peupliers, et certains pins du sud des U.S.A. croissent pendant 200 jours.

c) *Vitesse de croissance.*

Si la période de croissance maximale de la flèche est fort élevée puisqu'elle atteint en avril 1,3 cm/jour. L'évolution de cette vitesse de croissance diffère beaucoup de celle observée lors de l'étude de l'élongation des pins. En effet, dans le cas de l'eucalyptus, l'allongement débute très rapidement puis reste important jusqu'à la mi-juillet. Les vitesses de croissance des pousses terminales sont toujours plus faibles que celles de la flèche.

d) *Conclusions.*

Sous le climat des Mogods, la période de croissance d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. apparaît sensiblement plus courte que celle des pins. Au printemps, le départ de l'élongation est souvent retardé par des conditions climatiques défavorables. Le vent, en particulier, détruit systématiquement les jeunes pousses en formation et les bourgeons axillaires qui tentent de se développer. Il s'en suit que les rameaux les plus protégés, ceux situés généralement au sud-est, commencent à s'allonger plus tôt que les autres.

II. — CROISSANCE EN CIRCONFERENCE DES PINS ET DES EUCALYPTUS

1) — Les pins

Nous étudierons tout d'abord les caractères généraux de la croissance en épaisseur puis nous chercherons à déterminer quelle est l'influence du milieu édaphique sur ces rythmes d'accroissement.

a) *Caractères généraux de l'accroissement en épaisseur.*

Quel que soit le milieu édaphique considéré, l'accroissement en circonférence des pins, au cours d'une année, se présente sous forme d'une sigmoïde qui peut être divisée en quatre périodes distinctes (fig. 5) :

— Ralentissement de la croissance en décembre et janvier.

— Période d'accroissement intense de février à juin. Pour une espèce donnée, tous les individus démarrent au même moment. Jusqu'au mois de juin, les vitesses moyennes de croissance sont élevées. C'est au moment où les vitesses sont maximales que le coefficient de dispersion de la population au niveau des accroissements moyens mensuels est le plus faible, c'est à dire que les réponses individuelles marquent la plus grande homogénéité.

— Ralentissement estival (juillet - août - septembre). Nous pouvons alors noter que certains pins voient leur diamètre diminuer mais ce retrait reste faible, contrairement à ce que nous pourrions constater pour les eucalyptus.

— Reprise de la croissance en octobre et novembre.

Dans un même plateau, pour une espèce déterminée, la croissance annuelle, en valeur absolue, varie considérablement d'un individu à un autre.

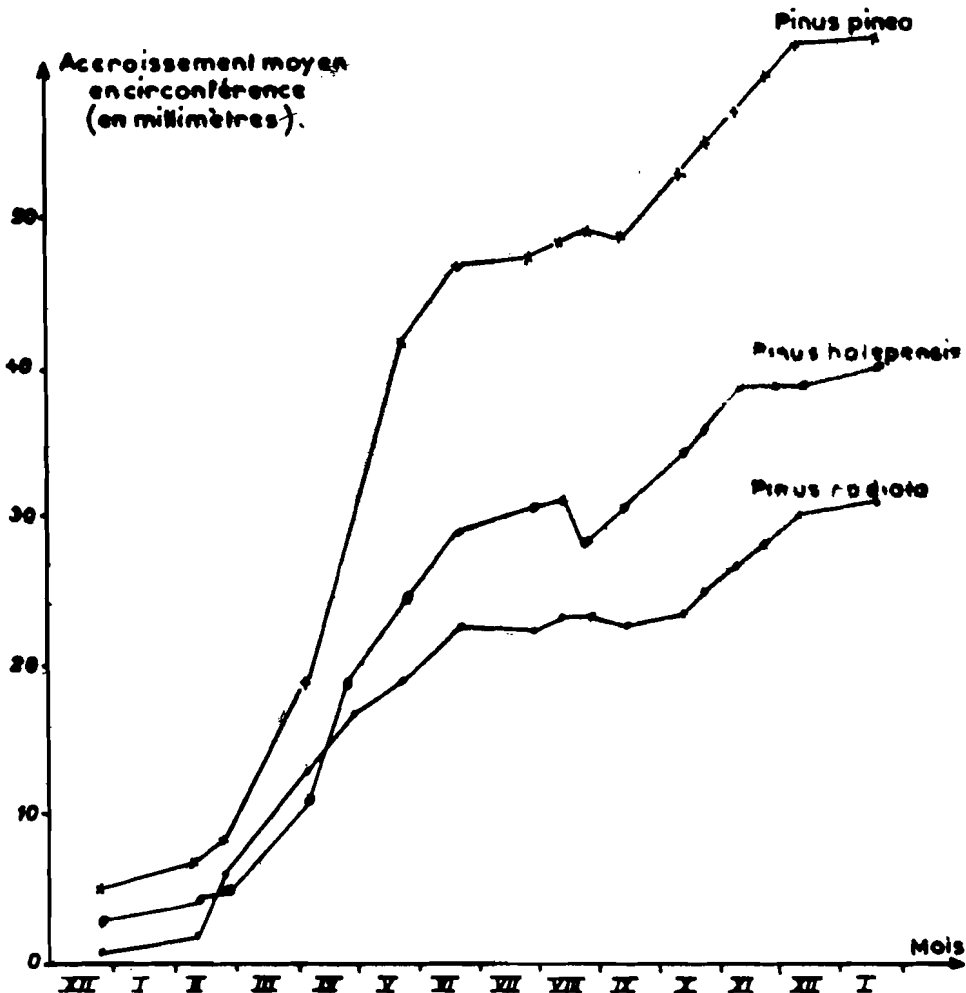


Figure 5 - Comparaison des accroissements moyens en circonférence de trois espèces de pin plantées sur des sols hydromorphes (de décembre 1967 à janvier 1969).

La croissance en circonférence s'étend sur une plus longue période que l'élongation de la pousse terminale; on peut penser qu'elle s'effectue davantage aux dépens des produits photosynthétisés l'année même que des substances de réserves qui seraient surtout utilisées par l'arbre pour son élongation.

b) Influence du milieu édaphique.

L'étude concernant la croissance en circonférence a porté sur cinq espèces différentes poussant dans trois milieux édaphiques distincts.

Sol hydromorphe : Argile à pseudogley à moins de 80 cm.

Trois espèces sont installées sur des sols hydromorphes : *Pinus pinea* L., *Pinus halepensis* Mill. et *Pinus radiata* D. Don. De la comparaison des courbes de croissance cumulée, nous remarquons que : (cf. fig. 5).

— En valeur absolue, le pin pignon présente les accroissements annuels les plus importants et le pin radiata les plus faibles.

— *Pinus radiata* D. Don. supporte mieux les conditions climatiques hivernales puisqu'il fait alors 11,6 % de son accroissement total contre 7,9 % pour *Pinus halepensis* Mill. et 4,3 % pour *Pinus pinea* L.

— En février, c'est encore le pin radiata qui démarre le plus précocement et le plus vite, mais c'est aussi lui dont la croissance stoppe la première au mois de juin. Le pin d'Alep présente la plus longue période de croissance mais au cours de l'été il montre les plus importants retraits du tronc (6 % de l'accroissement annuel).

— Le pin radiata forme la population la plus hétérogène.

Sur des sols très hydromorphes, le pin pignon semble donc être le mieux adapté puisqu'il forme les plus grands accroissements annuels. Le pin d'Alep dont la période de croissance est la plus longue présente d'importants retraits au cours de l'été, ce qui peut nuire à la qualité du bois. Quant au pin radiata, son hétérogénéité prouve qu'il est fort mal adapté à la région de Zerniza.

Groupement à *Erica scoparia* : Argile à pseudogley à plus de 80 cm.

Sur ces sols assez secs, nous trouvons *Pinus pinea* L. *Pinus brutia* Ter. et *Pinus radiata* D. Don. Le comportement de ces trois espèces diffère considérablement comme le montre la figure 6.

— La circonférence du pin radiata a augmenté en 1968 de 25,6 millimètres, ce qui est notablement plus faible que pour le pin pignon (42,6 mm) ou pour le pin brutia (45,9 mm).

— Comme sur les sols précédents, le pin radiata s'accroît plus que les autres en hiver puisqu'il forme alors 12,9 % de son accroissement annuel.

— En février, les trois espèces considérées démarrent au même moment mais le pin radiata s'arrêtera très rapidement (dès la fin du mois d'avril, soit deux mois plus tôt que le pin pignon).

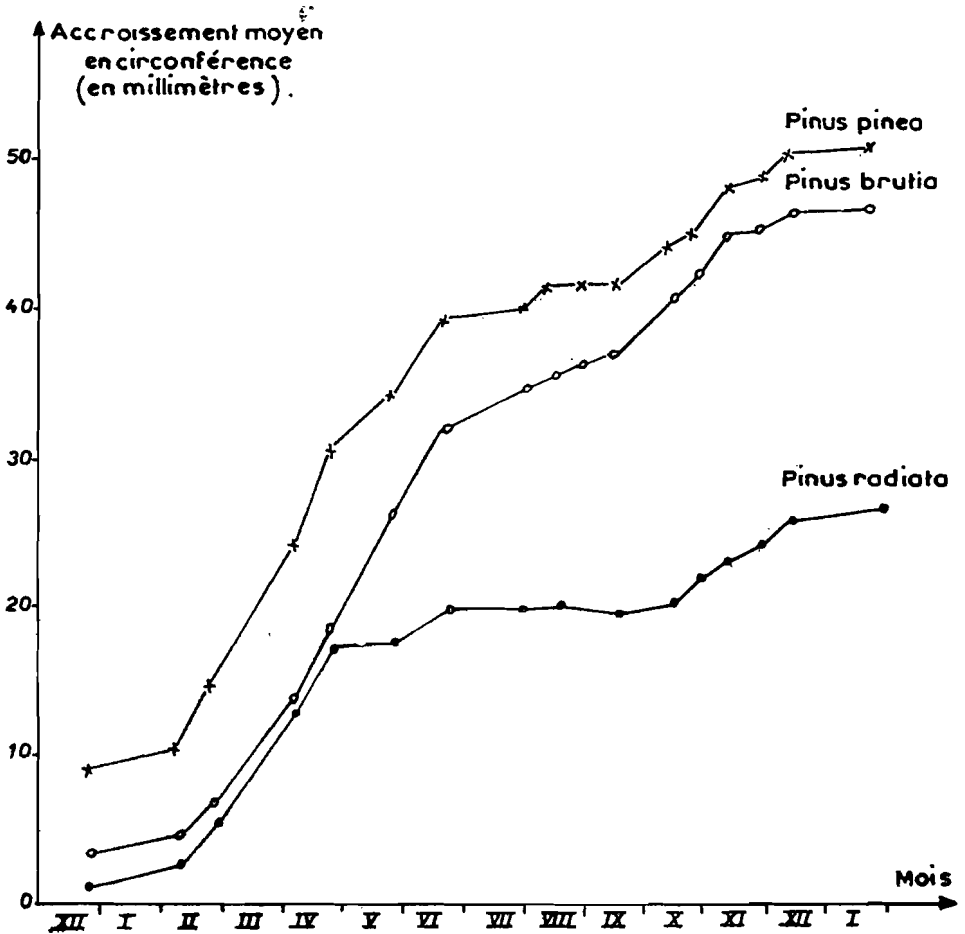


Figure 6 - Comparaison des accroissements moyens en circonférence de trois espèces de pin plantées sur des terrains où apparaît *Erica scoparia* (de décembre 1967 à janvier 1969).

— Au cours de l'été, seul le pin radiata voit son diamètre diminuer mais ce retrait ne représente que 0,3 % de l'accroissement annuel. Le pin brutia offre une grande résistance à la sécheresse puisque même si sa vitesse de croissance diminue, il ne montre aucun arrêt de croissance.

Sur les sols caractérisés par la présence d'*Erica scoparia*, le pin brutia donne de très bons résultats ainsi que le pin pignon. Le comportement du pin radiata confirme que cette espèce ne semble pas du tout adaptée à la région.

Groupe à *Cichorium intybus* et *Narcissus Tazetta* : Argiles peu hydromorphes, assez humifères.

Sur ces sols, nous avons suivi l'accroissement en circonférence de *Pinus pinaster* Sol. et de *Pinus radiata* D. Don. (figure 7).

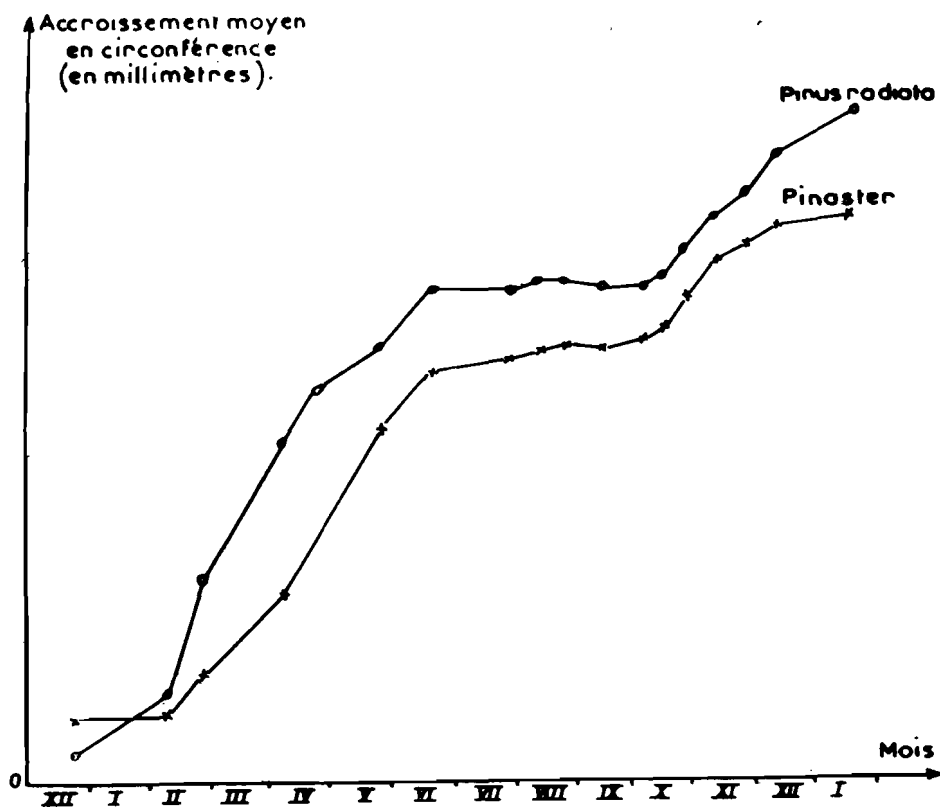


Figure 7 - Comparaison des accroissements moyens en circonférence pour deux espèces de pin plantées sur des sols caractérisés par *Narcissus Tazetta* et *Cichorium intybus* (de décembre 1967 à janvier 1969).

— L'accroissement total annuel s'élève à 41,5 mm pour le pin radiata et 34,6 mm pour le pin maritime.

— En hiver, la croissance du pin maritime devient faible alors que le pin radiata pousse avec des vitesses élevées (0,22 mm/jour en décembre et 0,34 mm/jour en janvier).

— Dès le mois de février, l'activité cambiale devient importante pour les deux espèces de pin.

— Au cours de l'été, le pin radiata et le pin maritime stoppent toute croissance. Le diamètre des premiers se rétracte (1,4 % de l'accroissement annuel) plus que celui des seconds (0,8 %).

C'est donc sur ces sols à *Narcissus Tazetta* et *Cichorium intybus* que le pin radiata se comporte le moins mal. Le pin maritime semble souffrir à la fois des basses températures hivernales et de la sécheresse estivale. Il présente une hétérogénéité qui invite à nuancer les résultats obtenus lors de l'étude de l'élongation du rameau terminal.

c) Conclusions.

Le tableau 2 reprend les différents résultats cités précédemment.

TABLEAU 2

*Accroissement en circonférence (exprimée en millimètres)
en 1968 selon l'espèce et le milieu édaphique*

Nature du milieu \ Espèce	Pinus pinea	P. halepensis	P. brutia	P. pinaster	P. radiata
Hydromorphe	58,0	33,0			29,4
à <i>Erica scoparia</i>	42,6		45,9		25,6
à <i>Narcissus tazetta</i>				34,6	41,5

Le milieu édaphique influe considérablement sur la croissance en épaisseur des pins. C'est ainsi qu'introduit sur trois sols différents, le pin radiata donne de bons résultats sur les terrains où se rencontrent *Narcissus Tazetta* et *Cichorium intybus*, alors que partout ailleurs son accroissement est le plus faible de toutes les espèces mesurées.

Les résultats précédents confirment que, quelque soit le milieu considéré, *Pinus pinea* L. est un arbre très bien adapté aux conditions de l'arboretum de Zerniza. Le pin d'Alep présente certains avantages, mais l'importance du retrait du tronc en été est très préjudiciable à la qualité du bois. Le

pin brutia, très voisin du précédent, ne présente pas cet inconvénient : il semble être, de toutes les espèces étudiées, celle qui redoute le moins la sécheresse estivale. Le pin maritime, par contre, s'accroît peu en diamètre tout au moins sur les sols à *Narcissus Tazetta* où il a été étudié. Il reste un arbre intéressant pour cette région des Mogods mais peut-être moins toutefois que le pin pignon.

2) — Les eucalyptus

a) Caractères généraux de la croissance en épaisseur.

Nous étudierons tout particulièrement l'accroissement en circonférence d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. installé dans trois milieux édaphiques différents (figure 8).

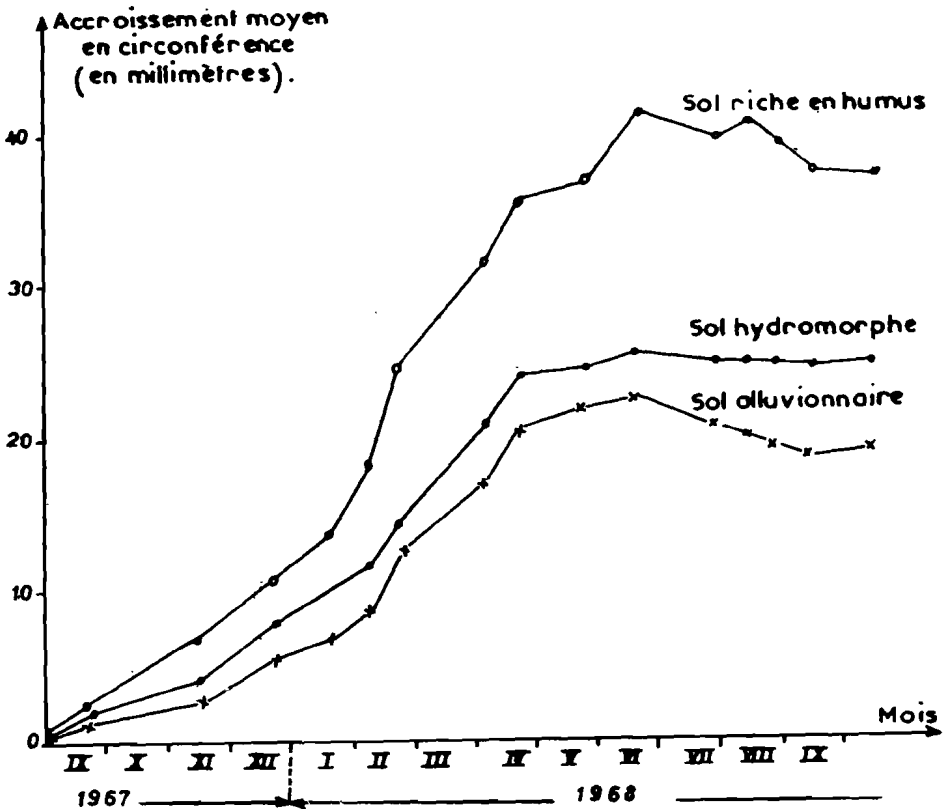


Figure 8 - Comparaison des courbes moyennes d'accroissement cumulé en circonférence d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. en fonction du milieu édaphique.

La courbe de croissance reste une sigmoïde, mais nous ne pouvons reconnaître que deux phases seulement :

— D'octobre à juin, la circonférence de l'arbre augmente. Le départ de l'accroissement est rapide et l'activité cambiale apparaît importante au cours de l'hiver où le zéro de végétation n'est jamais atteint. Nous notons un ralentissement dès la fin du mois d'avril.

— En juin, juillet, août et septembre, se situe une période de repos au cours de laquelle le diamètre du fût peut diminuer.

En Israël, Fahn (1959) travaillant sur ce même eucalyptus, ou Karschon (1964) sur *Eucalyptus gomphocephala* A. de C. trouvent des courbes de croissance identiques ainsi d'ailleurs que De Carvalho (1962) sur *Eucalyptus globulus* Labill. au Portugal. Par contre, en Australie, Hopkins (1968) sur *Eucalyptus regnans* F. Muell., *Eucalyptus obliqua* L. Her. et *Eucalyptus radiata* Sub. et en Italie, Valenzio et Scaramuzzi (1967) sur *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. constatent un arrêt de croissance hivernal.

En Tunisie, la période de croissance d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. s'étale sur 258 jours, c'est à dire plus de huit mois. Elle est donc considérablement plus longue que celle obtenue pour les pins. L'essentiel de cette croissance, soit 80 % de l'accroissement total annuel se réalise en 140 jours.

La vitesse de croissance relativement faible en automne devient importante dès la fin de l'hiver où se trouve alors le maximum (0,25 mm/jour entre le 9 et le 25 février 1968). Puis elle diminue jusqu'au mois de juin. Au cours de l'été, la circonférence de l'arbre se rétracte à raison de 0,07 mm/jour.

Dans un même milieu édaphique, les variations pouvant apparaître d'un individu à un autre sont importantes. Ces variations à l'échelle individuelle semblent dues à des facteurs endogènes qui s'exprimeraient différemment d'un arbre à un autre. Il se pose alors au généticien un important problème de sélection qui devrait permettre de distinguer les individus les plus intéressants.

b) *Influence du milieu édaphique sur l'accroissement en épaisseur d'Eucalyptus camaldulensis Dehn.*

Cet eucalyptus, à Zerniza, pousse dans trois milieux édaphiques différents (cf. figure 8) : sur des sols hydromorphes, sur d'autres riches en humus et enfin sur des alluvions bien drainées.

— Quel que soit le milieu édaphique considéré, l'essentiel de la croissance s'effectue en hiver et au printemps. En été, le retrait du fût est plus important pour les arbres installés sur des terrains bien drainés.

— Les dates de reprise de l'activité cambiale en 1967 et 1968, les dates d'arrêt en 1968 et les durées de la période de croissance apparaissent comme indépendantes du milieu édaphique.

— La valeur absolue des accroissements varie du simple au double si nous passons des sols bien drainés aux terrains riches en humus. Or sur les premiers, les arbres sont plus grands : ils se sont très vite installés au cours des premières années après la plantation, aussi se trouvent-ils rapidement placés dans des conditions sévères de compétition pour l'eau et les substances nutritives ; la croissance ne peut plus avoir lieu dans des conditions optimales.

Le milieu édaphique intervient donc assez indirectement dans les processus de croissance en épaisseur dont il semble uniquement modeler l'intensité. Les dates de départ et d'arrêt de la croissance ainsi donc que la durée de la période de croissance apparaissent plus certainement contrôlées par des facteurs endogènes ou climatiques.

c) *Croissance en circonférence de différentes espèces installées dans un même milieu édaphique.*

Les eucalyptus étudiés sont installés dans deux milieux très divers :

— Le premier est caractérisé par la présence d'*Hypochoeris radicata* : Il s'agit d'une terrasse alluviale bien alimentée en eau, nous trouvons *Eucalyptus camaldulensis* Dehn., *Eucalyptus maideni* F. Muell et *Eucalyptus saligna* Sm.

— Le second est assez riche en humus et légèrement hydromorphe puisque sur ces sols apparaissent *Erica scoparia* et aussi *Schoenus nigricans*. Là, sont installés outre *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. et *Eucalyptus maideni* F. Muell., *Eucalyptus gomphocephala* A. de C. et *Eucalyptus maculata* Nooh.

Sur les sols à *Hypochoeris radicata*. (figure 9).

— L'accroissement annuel en 1968 a été analogue pour les trois espèces considérées.

— Quelle que soit l'espèce choisie, la croissance hivernale reste prépondérante. Par contre *Eucalyptus saligna* Sm. tout comme *Eucalyptus maideni* F. Muell., semble redouter la sécheresse puisqu'au printemps l'accroissement ne repré-

sente plus que 23 %, de l'augmentation totale annuelle en circonférence. A la même époque *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. forme plus de 50 % de son accroissement. A l'automne le phénomène inverse se produit : les deux premiers poussent beaucoup plus vite. Le retrait estival est important pour les trois espèces; des fentes de retrait apparaissent à la base des troncs d'*Eucalyptus saligna* Sm. et *E. maideni* F. Muell.

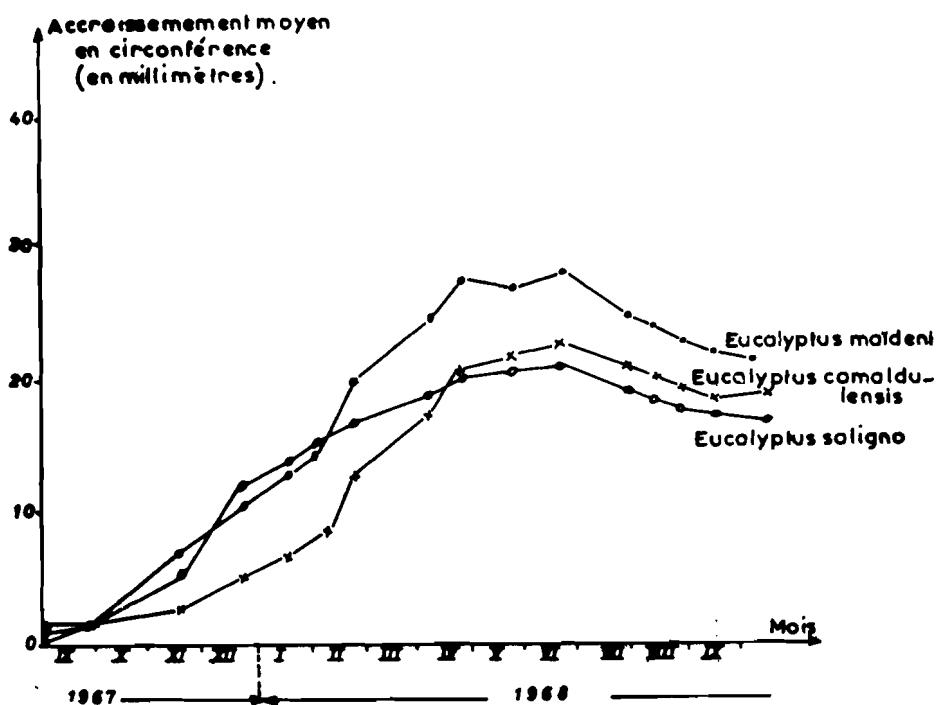


Figure 9 - Comparaison des courbes moyennes d'accroissement cumulé en circonférence pour trois espèces d'eucalyptus poussant sur des sols à *Hypochoeris radicata*.

— En 1968, les dates de départ de la croissance ne diffèrent pas d'une espèce à l'autre. Par contre *Eucalyptus maideni* F. Muell. s'arrête très précocement.

— Le peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn. est le plus homogène. Nous constatons que l'hétérogénéité est toujours plus élevée au moment de l'arrêt de la croissance qu'à celui de la reprise de l'activité cambiale en automne.

Sur les sols à *Erica scoparia* et *Schoenus nigricans*. (figure 10).

— La croissance annuelle est beaucoup plus faible pour *E. maculata* Nooh. et *E. maideni* F. Muell. que pour les deux autres espèces. Cependant en août 1967, la circonférence de ces deux eucalyptus étaient significativement plus grande que celle d'*E. gomphocephala* A. de C. Il est permis de penser que les espèces à croissance rapide se trouvent rapidement placées dans des conditions de compétition nutritionnelles qui gênent leur développement ultérieur.

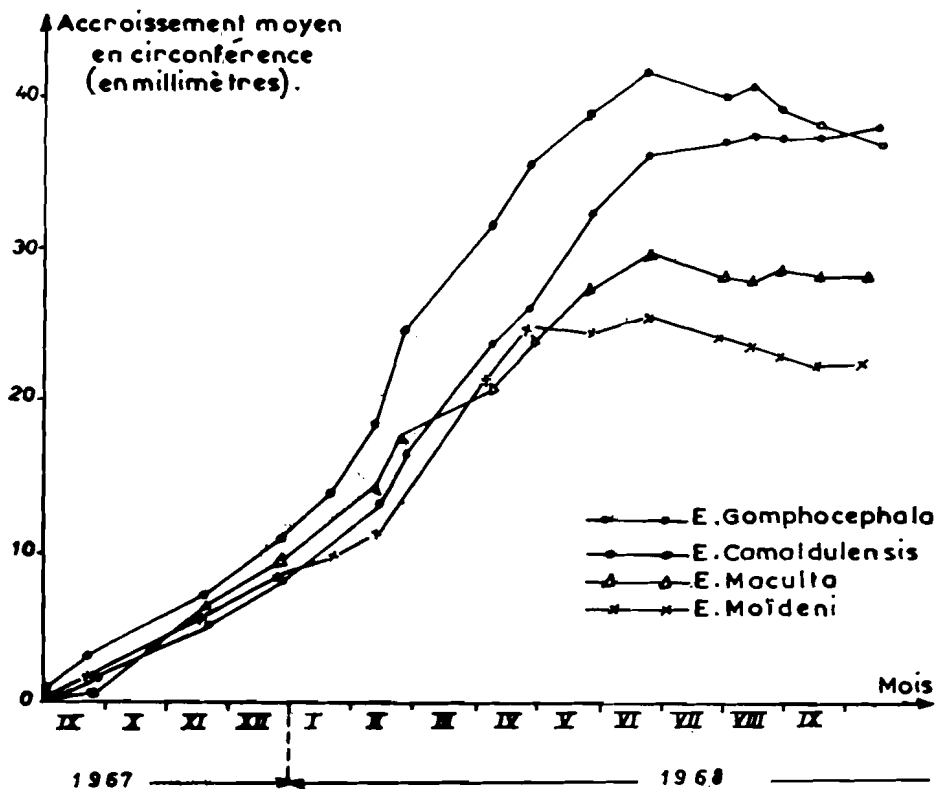


Figure 10 - Comparaison des courbes moyennes d'accroissement cumulé en circonférence pour quatre espèces d'eucalyptus poussant sur des sols hydromorphes à *Erica scoparia* et *Schoenus nigricans*.

— *E. maideni* F. Muell. redoute la sécheresse édaphique : il pousse essentiellement au cours de l'hiver; le retrait estival est très marqué. *E. camaldulensis* Dehn. croît en hiver et au printemps et d'une façon moindre à l'automne. Les deux

autres espèces semblent davantage capables de résister au manque d'eau : elles présentent des accroissements en avril, mai et juin supérieurs à ceux des mois précédents.

— *E. gomphocephala* A. de C. présente la plus longue période de croissance (324 jours). La reprise de l'activité cambiale à l'automne ne diffère pas significativement d'une espèce à l'autre. L'arrêt de croissance, précoce chez *E. maideni* F. Muell., est tardif pour *E. maculata* Nooh. et plus encore pour *E. gomphocephala* A. de C.

Dans ces groupements à *Erica scoparia* et *Schoenus nigricans*, sur des sols assez riches en humus et légèrement hydromorphes, il apparaît que deux espèces (*E. maideni* F. Muell. et *E. maculata* Nooh.) s'installent très vite les premières années après la plantation; mais au bout de huit ans, ce sont *E. camaldulensis* Dehn. et *E. gomphocephala* A. de C. qui forment les accroissements en circonférence les plus importants.

CONCLUSIONS

Cette étude permet, à partir des résultats obtenus en ce qui concerne la croissance en hauteur et en épaisseur de différentes essences, de posséder quelques éléments permettant une première sélection entre les espèces pouvant être employées dans les reboisements des Mogods. Mais le choix ne pourra résulter que de la confrontation de plusieurs travaux car il ne peut se faire uniquement à partir des données relatives à la croissance. Il faut tenir compte d'impératifs économiques, des modalités d'utilisation des produits forestiers et de la qualité du bois. Dans ce dernier cas, en particulier, il s'avère nécessaire que le technologiste détermine dans quelle mesure les rétrécissements en circonférence nuisent à la valeur commerciale ou industrielle du bois.

En ce qui concerne les pins, nous avons pu voir que, d'ores et déjà, le pin *radiata* semblait assez mal convenir. Les conditions climatiques, trop différentes de celles de son habitat naturel, sont toujours défavorables à son bon développement aussi bien en hiver qu'au printemps. Bien qu'il pousse fort bien les premières années après la plantation, il présente très vite un important taux de mortalité et forme des peuplements très hétérogènes. Par contre, le pin pignon apparaît actuellement comme une espèce d'avenir. Il semble bien adapté aux conditions des Mogods, et s'il redoute une excessive hydromorphie du sol au stade juvénile, au bout de quelques années, il parvient à surmonter ces conditions défavorables. De plus,

son intérêt économique pour la Tunisie est loin d'être négligeable dans la mesure où ce pays doit, chaque année, importer une grande quantité de graines pour la consommation courante. Le pin maritime qui donne un bois beaucoup plus apprécié, est assez intéressant, essentiellement parce que les variations individuelles sont des plus réduites et qu'il paraît aussi bien adapté aux conditions hivernales que printanières. Reste le pin d'Alep, capable de s'allonger encore au début de l'été et qui présente d'importants rétrécissements en circonférence au cours de la période estivale. Dans les terrains bien drainés, il semble que le pin brutia doive lui être préféré car il apparaît plus résistant à la sécheresse.

Dans le cas des eucalyptus, les espèces ne présentant en été aucune diminution de circonférence sont rares : à Zerniza, seul peut-être rangé dans cette catégorie *E. gomphocephala* A. de C. bien que chez cette espèce certains individus voient leur tronc se rétrécir en été. Il serait intéressant de poursuivre la présente expérimentation plusieurs années successives afin de déterminer quelle peut être l'importance du rétrécissement estival au cours d'une année n sur l'accroissement en circonférence pendant l'année $n + 1$. D'autre part, il semble nécessaire de suivre sur les espèces à forte diminution de diamètre quel pourrait être le rôle de plantations à densité réduite ou d'éclaircies précoces effectuées au bout de sept à huit ans. L'intérêt présenté par les eucalyptus s'est considérablement restreint au cours de ces dernières années par l'apparition de parasites tels que *Phoracantha semipunctata* qui a ravagé un grand nombre de peuplements.

L'*E. camaldulensis* Dehn. redoute essentiellement les vents violents hivernaux qui détruisent les bourgeons terminaux et les jeunes pousses en formation. Aussi, en avril, lorsque l'élongation peut réellement démarrer, c'est à partir des bourgeons axillaires que se développent un ou deux rameaux terminaux. Cette action néfaste du vent va se traduire au niveau du tronc par de nombreuses courbures ou ramifications qui déprécient la qualité commerciale de cette espèce. *E. maideni* F. Muell. et *E. saligna* Sm. apparaissent comme étant les plus sensibles à la sécheresse alors qu'*E. gomphocephala* A. de C. et *E. maculata* Nooh. semblent les moins exigeants. Du point de vue de la productivité annuelle, l'eucalyptus reste cependant une essence relativement intéressante.

RESUME

L'étude de la croissance en hauteur et en épaisseur de plusieurs espèces de pins et d'eucalyptus récemment introduites en Tunisie, du Nord permet de posséder quelques éléments permettant une première sélection entre ces espèces. C'est ainsi que l'on montre que huit ans après leur plantation, *Pinus pinea*, et dans une mesure moindre, *Pinus pinaster* semblent bien convenir à cette région alors que *Pinus radiata* se trouve placé dans des conditions édaphiques et atmosphériques qui nuisent à son bon développement. Quant à *Pinus halepensis*, les résultats obtenus sont assez médiocres.

Les eucalyptus, dans leur ensemble, présentent des accroissements relativement modestes pour cette essence et ne répondent pas entièrement aux espoirs qui avaient précédé leur introduction dans cette région. Les espèces ne montrant aucun rétrécissement de leur circonférence, en été, sont rares.

SUMMARY

The study of the growth of length and diameter of several Pines and Eucalyptus recently introduced in the North of Tunisia allows to make a first choice between these species. In this way it is shown that 8 years after plantation *Pinus pinea* and to a lesser degree *Pinus pinaster* seem to be convenient for this region. On the contrary the development of *Pinus radiata* is harmed by edaphic and atmospheric conditions and the development of *Pinus halepensis* is very poor.

The Eucalyptus as a whole show a lower growth than could be expected of these species and do entirely fulfill the expectations which they were introduced in this region. Just a few species don't show a narrowing down of their circumference, in summer.

BIBLIOGRAPHIE

- BALDY. Ch., D'IMANCHE. P., MARION. J., POUPON. H. et SCHOENENBERGER A. (1969). Note préliminaire concernant la station expérimentale de bioclimatologie et de physiologie de la croissance installée à Zerniza (Mogods) dans le Nord de la Tunisie. Inst. Reboisement de Tunis. Variétés scientifiques I.
- BYRAM. G.M. et DOOLITTLE. W.T., (1950) A year of growth for a shortleaf pine. *Ecology*, 31 : 27-35.
- DEBAZAC. E.F. (1966) Développement de la ramification. Les modalités de la croissance en longueur chez les pins. *Bull. Soc. Bot. Fr. Mem.* : 3-14.
- DE CARVALHO. A. (1932) *Madeiras de Eucalipti (E. globulus Lobill)* Estudos, ensaios e observacoes. Secr. Est. Agricultura Dir. Ger. Ser. Florestais e Aquícolas, Lisboa.
- FAHN. A. (1959) Xylem structure and annual rythm of development in trees and shrubs. II. - *Eucalyptus camaldulensis* and *Acacia cyanophylla*. *Bull. Res. Council. Israël*, 7 D : 122-129.
- FRASER. D.A. (1952) Initiation of cambial activity in some forest trees in Ontario. *Ecology*, 33 : 259-273.
- FRIESNER. R.G. et WALDEN. G. (1946) A five-year dendrometer record in two rees of *Pinus strobus*. *Butler Univ. Bot. Stud.*, 8 : 1-23.
- GUINAUDEAU. J. (1966) L'accroissement journalier du pin maritime en diamètre, dans deux stations de la région londaise en 1966. *Bull. Soc. Bot. Fr. Mem.*
- HOLMES. J.W. et SHIM. S.Y. (1968) Diurnal changes in stem diameter of Canary Island Pine Trees (*Pinus canariensis* C. Smith) caused by soil water stress and varying microclimate. *J. Exp. Botany*, 19, (59) : 219-232.
- HOPKINS, E.R. (1968) Fluctuations in the girth of regrowth Eucalypt stems. *Aust. Forestry*, 32, (2) : 95-110.
- ILLY. C. et CASTAING. J.P., (1966) Rythmes saisonniers de croissance en diamètre et en hauteur chez le pin maritime. *Bull. Soc. Bot. Fr. Mem.* : 173-179.
- JACOBS. M.R. (1955) Growth habits of the eucalyptus. Ed; by Forestry and Timber Bureau. Dept. Interior. Camberra.
- KARSCHON. R. (1964) Periodicity growth in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and *Eucalyptus gomphocephala* A. Dc. *Nat. and Univ. Inst. Agric. For. div.*, Ilanath, Leaflet, 24.
- KIENHOLZ, R. (1934) Leader, needle, cambial and root growth of certain conifers and their relationships. *Bot. Gaz.*, 96 : 73-92.
- KORIBA. K. (1958) On the periodicity of tree-growth in the tropics, with reference to the mode of branching, the leaf fall, and the formation of the resing bud. *Gard. Bull. Straits Settlements*, 17 : 11-81.
- KOZLOWSKI. T.T. (1955) Tree growth action and interaction of soil and others factors. *J. For.*, 53 (7) : 506-512.
- KOZLOWSKI. T.T. (1958) Water relations and growth of trees. *J. For* 56 (7) : 498-502.

- KOZLOWSKI. T.T. (1963) Growth characteristics of forest trees. J. For., 61 (9) : 655-662.
- KOZLOWSKI. T.T. et WARD. R.C. (1957) Seasonal height growth of deciduous trees. Forest Sci., 3 : 61-66.
- KOZLOWSKI. T.T. et WARD. R.C. (1961) Shoots elongation characteristics of forest trees. Forest Sci., 7 : 357-368.
- KRAMER. P.J. (1958) Thermoperiodism in trees. Chapt. 30 in K.V. Thimman (ed). The physiology of trees. Ronald Press. N.Y.
- KRAMER. P.J. et KOZLOWSKI T.T. (1960) Physiology of trees. Mc Graw Hill Book. Co. Inc. N.Y.
- MITCHELL. A.F. (1965) The growth in early life of leading shoot of some conifers. Forestry, XXXVIII-1 : 121-136.
- VALENZIO. S. et SCARAMUZZI. G. (1967) Osservazioni preliminari sul ritmo di accrescimento in diametro di *Eucalyptus camaldulensis* e *viminalis* a Roma. Publ. del Centro di sperimentazione agricola e forestale, IX (3) : 189-202.
- VAN LAAR. A. (1967) The influence of environmental factors on the radial growth of *Pinus radiata*. South African For. J., 61 : 24-39.
- WALTER. J. et SOOS. J. (1963) Shoot growth patterns on some British Columbia conifers. For. Sci., 9 : 73-85.