

CROISSANCE
RADIALE ET LONGITUDINALE
DE QUELQUES RESINEUX EN FONCTION DE L'ALIMENTATION EN EAU

J. TOTH et M. TURREL

CENTRE DE RECHERCHES FORESTIERES
STATION DE SYLVICULTURE MEDITERRANEENNE
INRA Avenue Antoine Vivaldi 84000 AVIGNON (FRANCE)

Mots clés dendrochronologie, croissance, résineux.

INTRODUCTION

De nombreuses causes, aux effets négatifs, agissent sur la croissance des essences ligneuses, occasionnant ainsi une perte de production.

La plus fréquente de ces causes est due aux facteurs climatiques: précipitations, hygrométrie, température. (G.H. DUFF and NORAH J. NOLAN 1957, F. SERRE 1973)

D'autres éléments peuvent également jouer un rôle important sur la croissance, tels que les insectes défoliateurs comme la Processionnaire du pin. (J. BOUCHON et J. TOTH 1971).

L'extension accélérée de l'industrialisation sans prudence et l'augmentation excessive de la consommation aboutissent souvent à une pollution non négligeable et absolument néfaste à la végétation environnante. Ainsi par exemple, la fumée industrielle nocive, dans certaines vallées des Alpes (J. BOSSAVY 1970) a occasionné des dégâts considérables.

La pollution atmosphérique dans le massif forestier de ROUMARE (B. BOULLARD et G. LARCHER 1974) est un des cas où les conséquences du CO₂ et des composés fluorés sont graves.

Les poussières émises par des carrières de calcaire en Provence peuvent non seulement laisser une végétation souffreteuse et l'endommager morphologiquement, mais causer aussi une perte importante sur la croissance des arbres. (J.P. DEVAUX et M. LE BOURHIS 1974)

Enfin, survient une cause assez rare et peu étudiée jusqu'à présent l'abaissement de la nappe phréatique de la plaine. Elle peut, tout comme les facteurs précités, freiner le rythme annuel de la croissance, et ce, durant plusieurs années, causant ainsi une perte de production ligneuse. (E. ALTHERR Von 1972, F. HUBERT 1976)

Nous nous sommes attachés à l'étude de ce problème à partir d'essences résineuses et tout particulièrement du cèdre de l'Atlas.

I- SITUATION GEOGRAPHIQUE

La station étudiée se trouve aux abords de la RN 7 près du centre de l'INRA à MONTFAVET, à une dizaine de kilomètres au Sud d'AVIGNON, au lieu dit "LA SEIGNONNE". Le terrain appartient à la ville d'Avignon et est occupé d'une part par les installations hydrauliques pour satisfaire en eau potable la ville et ses environs, d'autre part par un peuplement plus ou moins dense d'essences résineuses :

- *Cedrus atlantica* Manetti
- *Pinus halepensis* Mill.
- *Pinus nigra* Arn. ssp. *nigricans* Host
- *Pinus nigra* Arn. ssp. *laricio* Poiret

Il s'agit d'un terrain plat en plaine à 25 m d'altitude, abandonné à la culture et boisé partiellement vers les années 1932-36 par le service de l'espace vert de la mairie d'Avignon, avec l'aide de l'administration forestière qui a fourni l'ensemble des plants des quatre espèces énumérées ci-dessus.

La plantation a été effectuée sur un terrain labouré dans lequel des potets étaient prêts à recevoir les plants.

Il s'agissait d'aménager esthétiquement ce terrain nouvellement attribué au Service des Eaux.

II- CONDITIONS CLIMATIQUES, EDAPHIQUES ET BOTANIQUES

1- Climat

Les données météorologiques ont été obtenues par l'Association Climatologique de Vaucluse et publiées dans leur bulletin mensuel d'information.

Nous communiquons ci-dessous les valeurs moyennes sur 20 ans et concernant la période 1955 à 1975

- précipitation 673,0 mm
- températures minimale 9,4°C
 maximale 18,7°C
 moyenne 14,1°C

La répartition mensuelle des pluies est relativement satisfaisante, avec une sécheresse estivale à peine marquée.

2- Sol

Une tranchée pédologique effectuée à l'aide d'un engin mécanique jusqu'à 3 m de profondeur a permis de faire une description précise du profil et de prélever des échantillons pour analyse dans les différents horizons. Cette analyse a été effectuée par la Station de Recherches sur les sols forestiers et la fertilisation du C.N.R.F. de Champenoux.

Il ressort de cette étude que nous sommes en présence d'un sol brun calcaire sur terrasse d'alluvions quaternaires de la Durance, avec argile du Miocène.

La teneur totale en calcaire est très élevée, ainsi que celle en calcaire actif. La teneur est moyenne à faible en potasse et en acide phosphorique, très riche en calcium et en magnésium.

La texture reste assez homogène (argilo-limoneuse) jusqu'à l'échantillon 8 inclus, c'est à dire jusqu'à une profondeur de 1,80 m environ. L'échantillon 9 forme transition et les échantillons 10 et 11, au dessous de 2 m, sont effectivement beaucoup plus sableux. Enfin, à partir de 2,35 m, nous trouvons des galets roulés en mélange avec le sable fin. (Voir fig. n°4)

3- Végétation

La végétation est assez uniforme dans l'ensemble de la station *Hedera helix* L. dans la cédraie dense et pure, et dans le peuplement mélangé pin d'Alep, cèdre de l'Atlas.

Pelouse méditerranéenne sèche avec *Brachypodium pinnatum* L. dans la partie où les pins laricio de corse et pin noir d'Autriche sont éparpillés.

III- ETUDE DE LA VARIATION DE LA NAPPE PHREATIQUE

1- Analyse des relevés

Plusieurs piézomètres ⁽¹⁾ installés dans ce terrain par le service hydraulique de la ville d'Avignon permettent de suivre en permanence les variations de la nappe phréatique. Les relevés concernant la période d'étude (1960-1974) nous ont été communiqués et présentés sous forme de graphique (fig. 1) on peut y lire nettement

- une baisse progressive de niveau, de 1960 à 1964 (environ 1 m en 4 ans),

- puis une chute plus brutale entre 1964 et 1965 (80 cm dans l'année) et de 1966 à 1967 (50 cm)

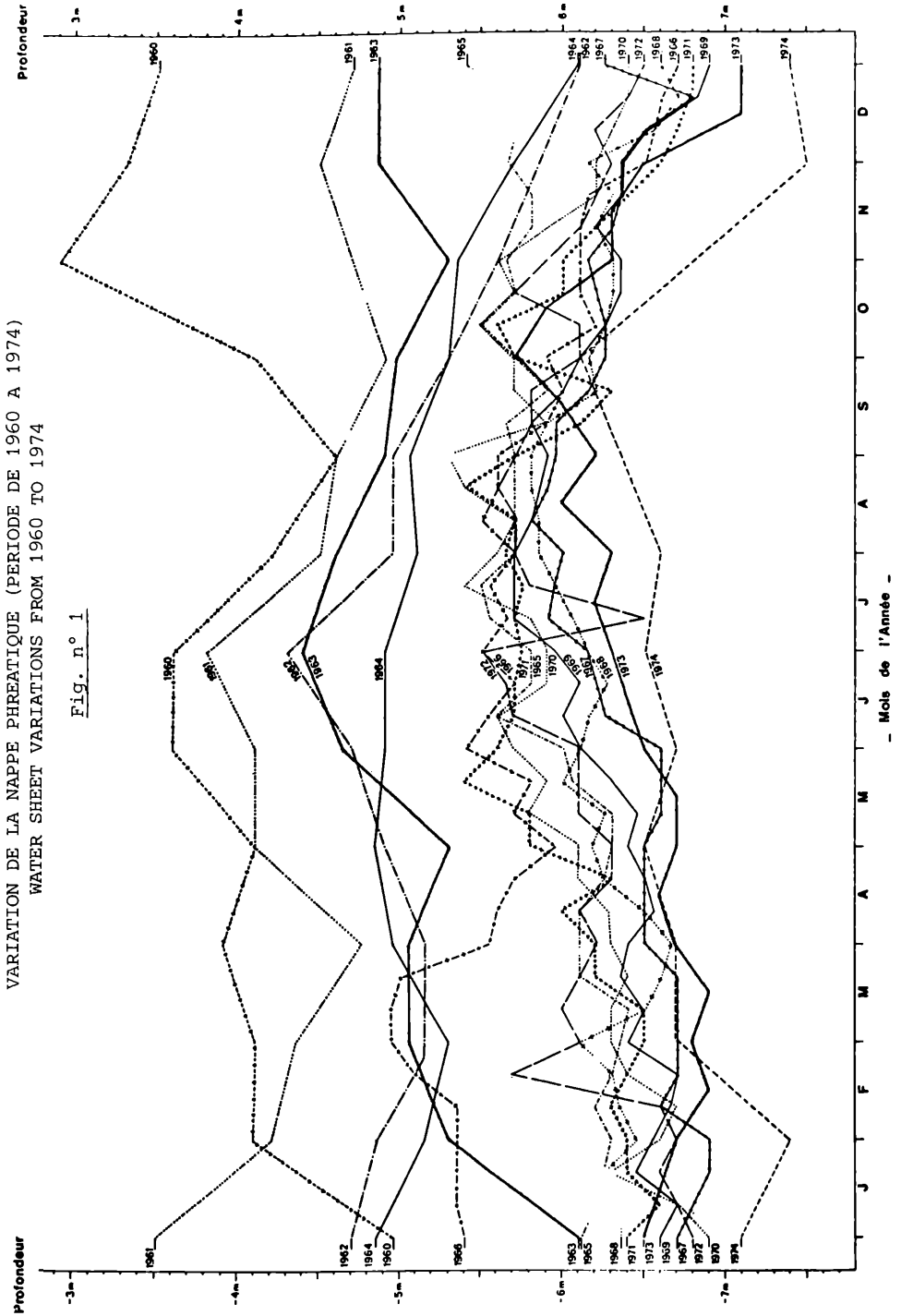
- enfin, une légère remontée à partir de 1967 et jusqu'en 1971, date à laquelle on enregistre à nouveau une baisse régulière pendant 3 ans.

2- Causes probables de l'abaissement de la nappe phréatique

Les recherches effectuées nous ont montré qu'il peut y avoir essentiellement deux raisons possibles à ce phénomène enregistré

- d'une part, les différents travaux d'aménagement de la Durance, entrepris par l'EDF à partir des années 1954-55, travaux qui avaient essentiellement pour but la régularisation du débit, et dont les ouvrages de retenue réalisés ont permis à la fois la production d'énergie électrique et la création d'un réseau important d'irrigation en Basse-Provence (l'ouvrage clé a été le barrage de Serre-Ponçon, sur la haute Durance, mis en eau en novembre 1959) ; parallèlement, différents ouvrages de moindre importance étaient inscrits dans un programme d'aménagement de la moyenne Durance

(1) tubes perforés enfoncés profondément dans le sol, et à l'intérieur desquels on peut mesurer le niveau de l'eau.



(aménagement de Curbans, Sisteron, Aubignosc, Oraison, Manosque, Sainte-Tulle Beaumont) et de la basse-Durance (Jouques, Saint-Estève, Salon, Saint-Chamas, Mallemort) auxquels il convient d'ajouter en outre ceux exécutés sur le Verdon

- d'autre part, un certain nombre de puits filtrants ont été forés durant cette même période, par le service hydraulique de la ville d'Avignon, à la Seignonne, secteur de notre étude, afin de satisfaire en eau potable la consommation de la ville et de ses environs.

Comme ils ont été réalisés à la même époque, il n'est pas possible d'attribuer l'abaissement de la nappe phréatique à un aménagement plutôt qu'à un autre. Et du reste, peut-être, ont-ils eu une influence complémentaire. Toujours est-il qu'en sept ans (1960-1967) le niveau moyen a baissé, à cet endroit précis, d'environ 2 mètres.

IV- LA CROISSANCE EN HAUTEUR DU CEDRE

1- Relation âge-hauteur dominante

Grâce à la relation dendrométrique âge-hauteur dominante, il nous est possible et facile de caractériser une station par sa classe de production. C'est ainsi que nous avons défini les classes de production pour l'ensemble des cédraies se trouvant dans le Sud de la France (J. Toth 1973) grâce aux inventaires successifs et aux résultats d'analyses des tiges.

La cédraie de "La Seignonne", avec une hauteur dominante de 15 m à l'âge de 42 ans, se trouve parmi les bonnes stations (sur la limite entre la 1ère et la 2ème classe de fertilité) malgré le ralentissement qui est survenu depuis 1965.

2- Etude des 15 derniers verticilles

Deux tiges dominantes abattues pour analyse de croissance ont montré le même profil d'accroissement en hauteur sur les 15 dernières années. Si l'on observe par exemple la tige n° 1 (voir fig. n° 2) on y distingue nettement 3 zones

- une période de croissance "normale" de 1960 à 64 au cours de laquelle la pousse annuelle moyenne est de 49,6 cm,

- une deuxième période de "ralentissement", de 1965 à 70 avec un allongement moyen annuel de 11,2 cm seulement, soit 22,5 % de la "normale" qui a précédé,

- enfin, une troisième période de "rattrapage" de 1971 à 74 avec des allongements annuels moyens de 42,3 cm soit 85,2 % de la période normale de référence.

Nous ajoutons que la période 1967-70 correspond à une pluviosité totale de 2 507 mm seulement, alors que la période de rattrapage 1971-74 coïncide avec une pluviosité totale de 3 252 mm.

Ce surplus de pluviosité n'est peut-être pas étranger à l'importance du rattrapage.

Exemple de ralentissement de croissance en hauteur

(Schéma d'étude des 15 dernières années)

(échelle 1/20:)

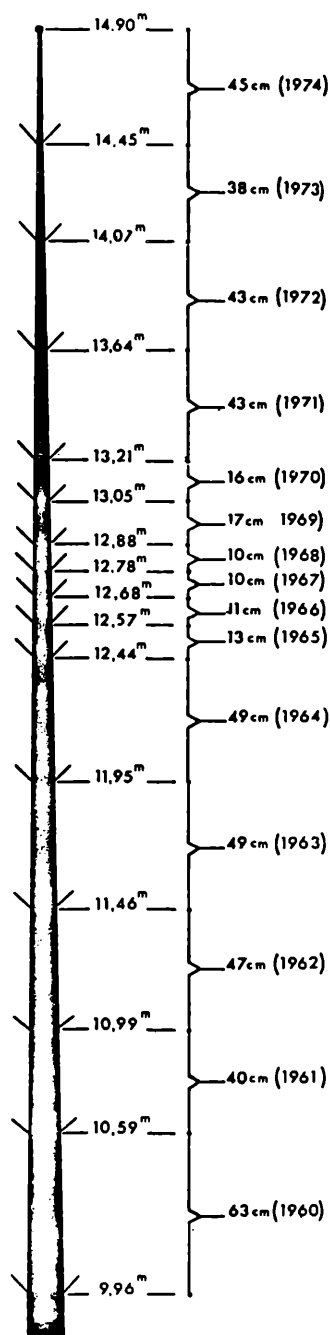


Fig. 2 Cédraie de "LA SEIGNONNE": Montfavet (84). Arbre n°1 42 ans

EXAMPLE OF GROWTH SLOWING DOWN ON THE HEIGHT
(DIAGRAM FROM THE LAST FIFTEEN YEARS)

(SCALE 1/20)

V- ACCROISSEMENT SUR LE RAYON

1- Etude d'une rondelle "échantillon" de cèdre (fig. n° 3)

Prélevée à 1,30 m sur l'arbre abattu n° 1, elle montre les mêmes périodes de ralentissement de croissance et de rattrapage que sur l'analyse de croissance en hauteur. Le freinage a été brutal à partir de 1965, et pour une durée de 5 ans. Le "redémarrage" s'amorce en 1970.

Les mensurations effectuées sur quatre rayons donnent les résultats suivants pour les 15 dernières années

Périodes années	Largeur totale des 5 cernes (en mm)
1960-65	22,6
1966-70	5,8
1971-74	17,7

Ainsi, pendant la période de "ralentissement", l'accroissement n'atteint que 26 % de la période de référence "normale" qui a précédé et pendant la période de rattrapage, la croissance remonte à 78 %.

2- Analyse des carottes prélevées sur les quatre espèces cèdre de l'Atlas, pin d'Alep, pin noir et pin laricio

L'étude a été faite à partir de trois carottes prélevées sur chaque espèce d'arbre à 1,30 m de hauteur, toujours en direction de l'Est. Les carottes ont été analysées par la station de recherches sur la Qualité des Bois au C.N.R.F.

Les données moyennes obtenues sont consignées dans le tableau n°1.

On peut faire plusieurs remarques à la lecture de ce tableau

a) les quatre espèces ont enregistré la baisse maximum de croissance sensiblement à la même époque (1965-66) et pour une durée de 5 à 6 ans;

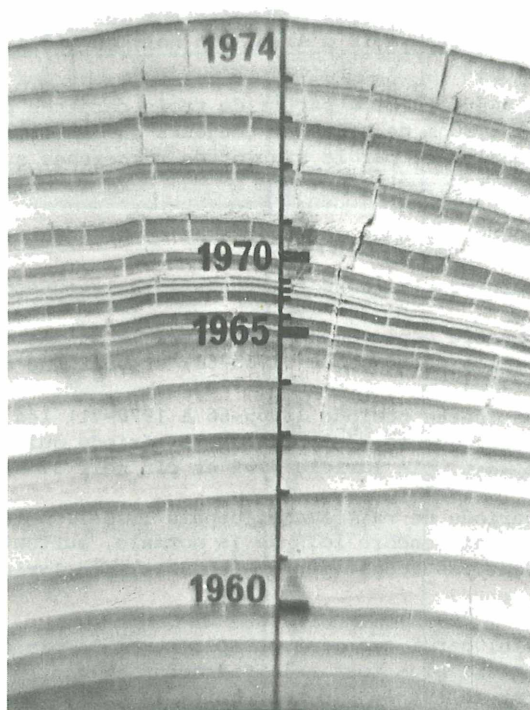
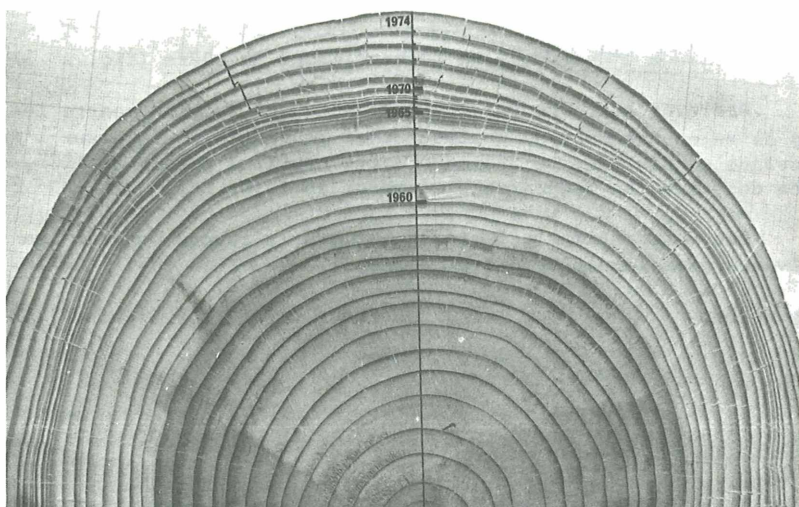
b) durant cette période (1965-66 à 1970-71) les accroissements annuels moyens ne sont que de 27 à 37 % de la période qui a précédé (pin d'Alep 27 %, cèdre 28 %, pin laricio 34 % et pin noir 37 %)

c) la période de rattrapage, depuis 1970-71 voit des accroissements annuels meilleurs, mais encore loin de la normale, surtout pour le pin d'Alep qui n'a pratiquement pas réagi (pin d'Alep 32 %, pin laricio 61 %, cèdre 62 % et pin noir 80 %)

d) enfin, parmi ces quatre espèces, si le pin d'Alep est l'essence qui a enregistré le plus fort ralentissement et montre le plus de difficultés à redémarrer, c'est le pin noir qui a le moins "accusé le coup" et redémarre le mieux, le cèdre et le pin laricio se situant presque sur le même plan entre ces deux espèces.

VI- ETUDE DU SYSTEME RADICULAIRE

La tranchée pédologique a permis non seulement de faire l'étude du sol, mais aussi celle du système racinaire du cèdre, puisqu'elle a été



CROISSANCE RADIALE DU CEDRE DE L'ATLAS
AVEC RALENTISSEMENT TRES NET ENTRE 1965 ET 1970

RADIAL GROWTH OF THE ATLAS CEDAR
SLOWING DOWN VERY DISTINCT BETWEEN 1965 - 1970

Fig. n° 3

	Années de mesures	Accroissement radial en m/m			
		Moyenne sur trois carottes			
		<u>Cèdre</u>	<u>Pin d'Alep</u>	<u>Pin laricio</u>	<u>Pin noir</u>
I	1960	9,8	10,3	10,3	4,8
	1961	10,2	13,2	11,3	6,3
	1962	8,2	10,1	7,8	6,3
	1963	6,8	6,3	10,6	7,5
	1964	6,7	4,5	12,2	9,7
	1965	3,9	4,8	6,9	7,6
	Moyennes	7,6	8,2	9,8	7,0
II	1966	3,1	2,7	2,6	5,2
	1967	2,3	1,6	2,3	2,8
	1968	1,2	2,0	2,8	2,3
	1969	1,7	2,4	4,6	2,0
	1970	2,4	2,3	4,3	2,4
	Moyennes	2,1	2,2	3,3	2,9
III	1971	4,0	2,3	6,3	2,9
	1972	5,4	3,7	7,4	4,6
	1973	5,4	2,8	5,3	4,2
	1974	4,6	2,6	6,4	6,3
	1975	4,0	1,8	4,6	6,7
	Moyennes	4,7	2,6	6,0	4,9

I - Période de référence "à croissance normale" • Time of slowing down growth

II - Période de "ralentissement" • Time of minimum growth

III - Période de "rattrapage" • Time of making up

ACCROISSEMENT RADIAL DE QUATRE ESPECES LIGNEUSES
(MESURES SUR TROIS CAROTTES DE CHAQUE ESPECE)

RADIAL GROWTH ON FOUR LIGNEOUS SPECIES
(MEASURES ON THREE SAMPLES OF EACH SPECY)

Tableau n° 1

exécutée entre les deux cèdres dominants abattus pour l'analyse de croissance. Le réseau de racines peut être schématiquement divisé en trois zones (voir fig. 4)

une première zone de racines de toutes dimensions, très abondantes, jusqu'à 1 m de profondeur dans les différents horizons argileux et compacts,

- une deuxième zone, de 1 m à 2,35 m avec des racines de plus en plus éparses au fur et à mesure qu'on descend vers les horizons sableux,

- enfin un passage brutal à la troisième zone, à partir de 2,35 m et au contact de l'horizon constitué de galets et de sable fin. Cette troisième zone est constituée uniquement de radicelles et chevelus, d'abord très denses, puis de plus en plus disséminés, mais toujours présents à 3 m, et il est vraisemblable que certaines radicelles descendent bien au-delà.

VII- LIAISON ABAISSEMENT DE LA NAPPE PHREATIQUE - RALENTISSEMENT DE CROISSANCE

En portant sur un graphique (figure n° 5) d'une part les niveaux moyens de la nappe phréatique (pendant la période de végétation) pour chacune des années de 1960 - 74 et, d'autre part, les accroissements correspondants pour les quatre essences étudiées (accroissements annuels moyens sur le rayon - tableau n° I), on peut faire les remarques suivantes

1- l'allure générale du faisceau de courbes des quatre essences suit assez bien la courbe de la nappe phréatique,

2- si les quatre essences n'ont pas réagi avec la même rapidité au début de l'abaissement du niveau de la nappe entre 1960 et 1964, elles ont par contre enregistré toutes les quatre une chute brutale à partir de 1964-1965, année où l'abaissement de la nappe a été le plus fort,

3- les plus faibles accroissements correspondent bien aux années où le niveau a été le plus bas (1967-1968),

4- à une légère remontée de la nappe à partir de 1968 et jusqu'en 1972 correspond bien une amélioration progressive des accroissements, alors que la réaction à un nouvel abaissement depuis 1972 est assez variable,

5- enfin, la courbe individuelle du cèdre de l'Atlas est celle qui suit le plus fidèlement la courbe de la nappe phréatique.

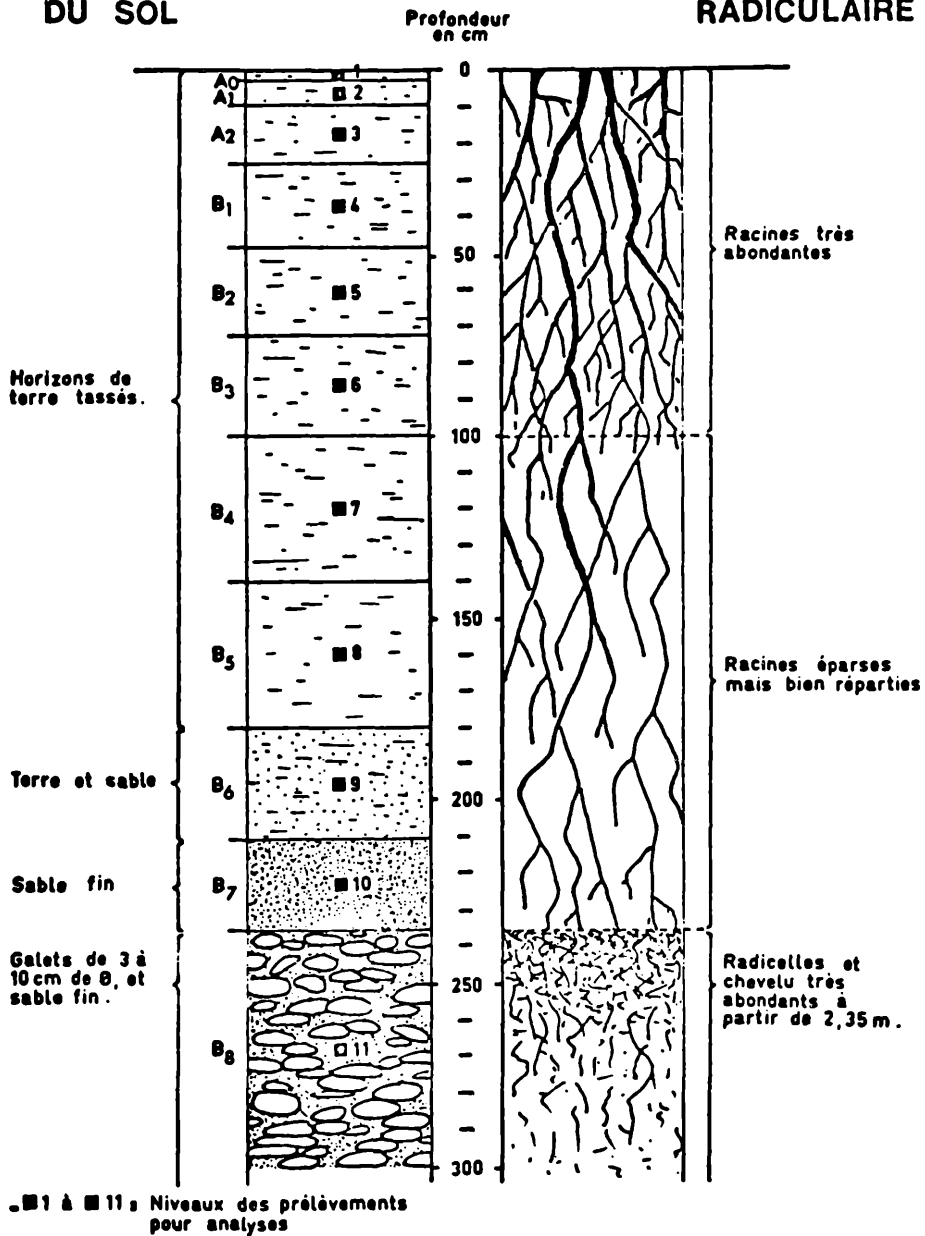
VIII- CONCLUSION

On sait l'importance de l'eau dans l'alimentation et la croissance des arbres, que ce soit sous forme de précipitations, dans le cas le plus fréquent des plantations, ou qu'il s'agisse de l'alimentation par la nappe phréatique dans le cas de plantations effectuées dans les vallées (peupliers notamment).

On a vu ici, en plaine, que le système racinaire du cèdre s'enfonce à plus de 3 m dans les galets et le sable fin, à la recherche de l'humidité, et on peut comprendre facilement que lorsque le niveau de la nappe est passé de - 4 m en 1960 à - 6 m en 1967 (avec une chute brutale en 1965) les arbres se sont trouvés, progressivement d'abord, puis brutalement ensuite, privés d'une alimentation en eau dont ils étaient assurés.

- SCHEMA DU PROFIL DU SOL

SCHEMA DU SYSTEME RADICULAIRE



**Fig:4 DEVELOPPEMENT DU SYSTEME RADICULAIRE
DANS LES DIFFERENTS HORIZONS DU SOL**

GROWTH OF ROOT SYSTEM IN DIFFERENT HORIZONS OF THE GROUND

PROFILE GROUND SCHEMA

ROOT SYSTEM SCHEMA

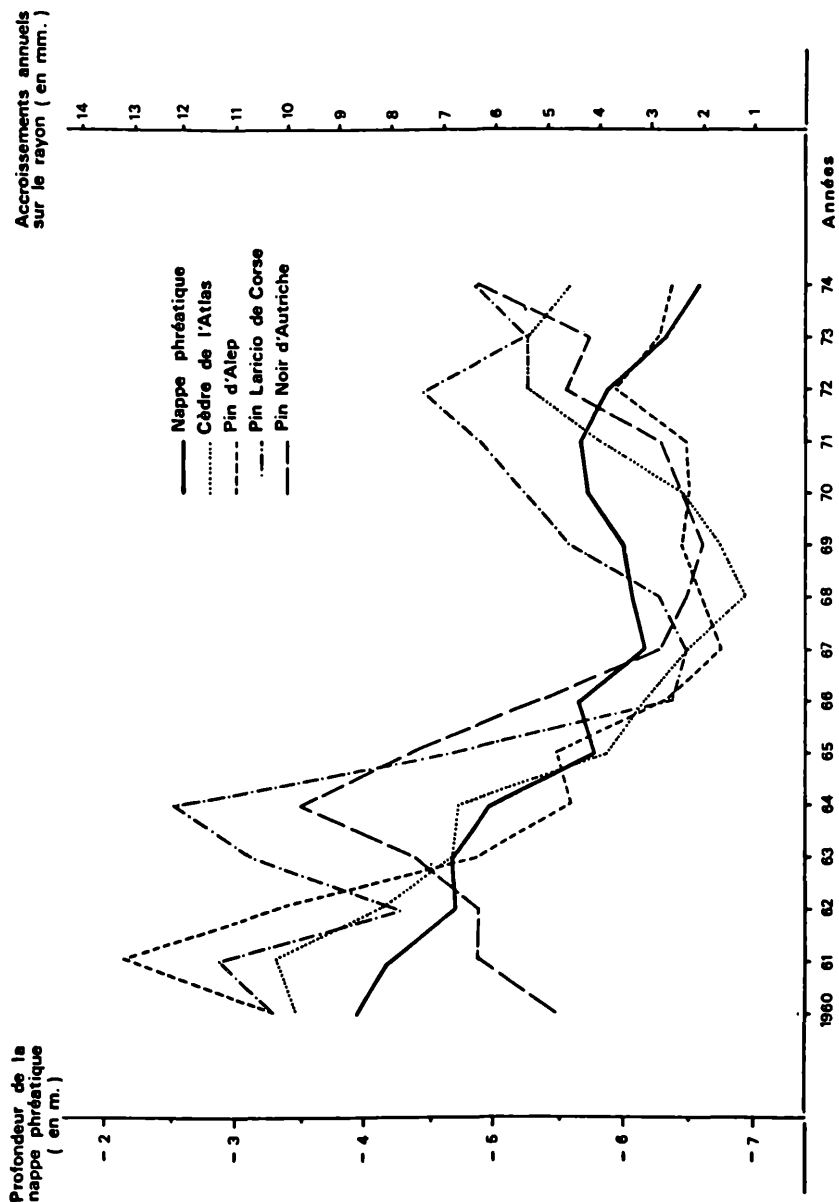


Fig. 5 RELATION EXISTANT ENTRE L'ABAISSEMENT DE LA NAPPE PHREATIQUE, ET LA CROISSANCE RADIALE DES QUATRE ESSENCES ETUDIEES.

RELATION BETWEEN WATER SHEET SLOWING DOWN AND RADIAL GROWTH
 OF FOUR STUDIED SPECIES

Les conséquences directes sur la croissance ont pu être mises en évidence et chiffrées pour ces quatre espèces résineuses ; il est vraisemblable également que leur passage en conditions d'alimentation soudainement défavorables ait pu avoir, à l'époque, d'autres incidences diverses, par exemple sur leur fructification et leur résistance aux insectes et maladies qui leur sont propres.

IX- RESUME

Si la croissance des végétaux et des arbres forestiers dépend des caractéristiques physiques et chimiques du sol, elle dépend aussi, et pour une grande part, de son humidité.

Cette humidité plus ou moins variable selon les saisons est généralement étroitement liée aux précipitations annuelles. Toutefois, dans certains cas, et notamment dans les plaines alluviales, à cette humidité due aux pluies peut s'ajouter, avec abondance, celle d'une nappe phréatique, si la remontée d'eau par capillarité s'effectue et assure une humidification constante de la zone qui la plafonne.

Si cette nappe phréatique, pour diverses raisons, vient à baisser brutalement, on constate une diminution de la croissance radiale et longitudinale des espèces ligneuses qui étaient en rapport direct avec elle, et si ce stress hydrique est trop accentué, une répercussion de diminution de croissance se poursuit pendant plusieurs années.

C'est ce fait que nous avons étudié sur quatre espèces ligneuses âgées de 42 ans (*Cedrus atlantica* Manetti, *Pinus halepensis* Mill., *Pinus nigra* Arn. ssp. *nigricans* Host., *Pinus nigra* Arn. ssp. *Laricio* Poiret.) dans la plaine avignonnaise, sur alluvions.

La nappe phréatique a commencé à baisser à partir de 1960, d'abord progressivement jusqu'en 1964, puis brusquement, de près d'un mètre, de 1964 à 65, pour se stabiliser relativement ensuite.

L'analyse des échantillons prélevés (rondelles et carottes) a montré un ralentissement de croissance plus ou moins marqué suivant les espèces, dès 1961, puis très net à partir de 1965 et pour une durée de 5-6 ans pendant ces quelques années, les accroissements annuels moyens sur le rayon ne sont que de 26 à 36 % de la période précédente. La période de "rattrapage", 1970-74 montre des accroissements annuels meilleurs ; ils ne sont cependant que de 68 à 80 % de la normale, sauf pour le *Pinus halepensis* qui n'a pratiquement pas réagi (32 % au lieu de 27 %).

Les cinq années de déficit hydrique ont profondément modifié la croissance ligneuse radiale et longitudinale, et on peut considérer que les quatre espèces étudiées ont enregistré sensiblement en même temps, de la même façon et pour une même période, l'abaissement brutal de la nappe phréatique. Quinze ans après, ils n'ont pas encore retrouvé leur rythme normal de croissance.

Ceci tend bien à prouver que les arbres qui ont bénéficié d'une alimentation soutenue en eau par la nappe phréatique réagissent négativement à une privation brutale, alors que par ailleurs, les précipitations sont restées relativement stables.

Durchmesser-und Höhenzuwachs der Nadelbäume nach der Bodenfeuchtigkeit.

Der Pflanzen-und Waldbäumezuwachs hängt von der Bodenphysik, der Bodenchemie, aber auch, zu einem grossen Anteil, von der Bodenfeuchtigkeit ab. Diese Feuchtigkeit verändert sich je nach der Jahreszeit und ist an die jährlichen Niederschläge eng gebunden. Dennoch, in bestimmten Fällen, besonders in angeschwemmten Ebenen, kommt noch die Grundwasserfeuchtigkeit da zu. Das Grundwasser befeuchtet ständig die obere Bodenschicht.

Wenn dieses Grundwasser aus verschiedenen Gründen plötzlich absinkt, so vermindert sich der Durchmesser-und Höhenzuwachs, während mehrerer Jahre, wenn dieser Trocken-Stress zu lang dauert.

Dafür haben wir das Wachstum vier Baumarten - *Cedrus atlantica* Manetti, *Pinus halepensis* Mill., *P. nigra* Arn. ssp. *nigricans* Host., *P. nigra* Arn. ssp. *Laricio* Poir. - in der angeschwemmten Avignonebene studiert. Die Bäume sind 42 Jahre alt.

Das Grundwasser begann im Jahre 1960 abzusinken, zuerst allmählich bis 1964 und dann plötzlich etwa ein Meter (1964-65), hernach stabilisierte es sich. Die Jahrringanalyse zeigt eine Abnahme des Zuwachses je nach den Baumarten seit 1961, diese Abnahme ist sehr deutlich zwischen 1965 und 1970. Während dieser Jahre betragen die jährlichen Durchmesserzuwächse nur 26 bis 36 % von denen der vorausgegangenen Jahren. Während der folgenden fünf Jahre (1970-74) sind die Jahrringe breiter - 68 bis 80 % des Durchschnittes, ausser jene von *Pinus halepensis*, die eng geblieben sind (32 % des Durchschnittes).

Dieser Trocken-Stress hat den Durchmesser- und Höhenzuwachs gründlich verändert. Die studierten Baumarten haben auf die plötzliche Absenkung des Grundwassers in der selben Weise und während der selben Periode reagiert. Fünfzehn Jahren später, haben die Bäume den normalen Wachstumsrythmus noch nicht wieder gefunden.

Dies scheint zu beweisen, dass Bäume, die auf normalen feuchten Standorten aufwachsen, auf einen plötzlichen Trocken-Stress stark und nachhaltig reagieren.

The radial and longitudinal growth of the plants and forest trees conditioned by the moisture ground.

The growth of plants and forest trees is conditioned by chemistry, physical and moisture of the ground.

This moisture changes according to the seasons ; it is attached at yearly rains. In alluvial country this moisture is added with the sheet (water table) which always humidifies the zone above.

But if this sheet runs low for various reasons, we see a shortening of the radial and longitudinal growth of the woody species which were in contact with it. When this hydrous-stress is too important the shortening of the growth has some repercussions during several years.

In Avignon, on alluvium area we studied this point in four woody species which were 42 years. (*Cedrus atlantica* Manetti, *Pinus halepensis* Mill., *P. nigra* Arn. ssp. *nigricans* Host., *P. nigra* Arn. ssp. *Laricio*

Poiret). The sheet has begun to run low since 1960, at first slowly in 1964, then suddenly it ran low on one meter from 1964 to 1965 and it stops.

The drawing samples analysis showed a growth slowing more or less important according to the species it was observed in 1961 and it became very clear in 1965 and during five - six years ; during these years the middle yearly growth on the radius is 26-36 % from the time before. Between 1970-74 a better growth was noticed ; but they were 68-80 % from the usual time ; except for the halepensis pine which did not react very much (32 % instead of 27 %).

These five stress hydrous years have changed the radial and longitudinal growth and we can value the four studied species which collected in the same time, for the same period and with the same kind, the rough lowering of the sheet.

After 15 years they have not found again then normal rythm growth.

So, when the trees are accustomed to a large moisture in the ground they react on a privation negatively even the necessary moisture is hold.

Avignon, mai 1980.

BIBLIOGRAPHIE

=====

- | | |
|--------------------------------|---|
| ALTHER, E. (Von) | 1972 Das Kurlsrucher Wasserwerk "Hardtwald" ans forstlicher Sicht-Teil III.
<u>Allgemeine Forest. Und Jagdzeitung Universität Göttingen und Freiburg</u> pp. 109-117 |
| BOSSAVY, J. | 1970 Les polluants atmosphériques leurs effets sur la végétation.
<u>R.F.F.</u> n° 5 pp. 533-544 |
| BOUCHON, J.
TOTH, J. | 1971 Etude préliminaire sur les pertes de production de pinèdes soumises aux attaques de la processionnaire du pin <i>Thaumetopoea pityocampa</i> Schiff.
<u>Ann. Sci. Forest.</u> vol. 28, n° 3 pp. 323-340 |
| BOULLARD, B.
LARCHER, G. | 1974 Les conséquences de la pollution atmosphérique sur le massif forestier de Roumare.
<u>R.F.F.</u> n° 5 pp. 347-353 |
| DEVAUX, J.P.
LE BOURHIS, M. | 1974 Effets phytotoxiques des poussières émises par une carrière de calcaire. Etude de la perte de production ligneuse d'une population de <i>Pinus halepensis</i> Mill.
<u>Revue de biologie et d'écologie méditerranéenne</u> tome 1, n° 2 pp. 41-52 |

- DUFF, G.H. 1957 Specific increments and their relation to the quantity and activity of growth in *Pinus resinosa* Ait. Growth and morphogenesis in the Canadian Forest Species pp. 527-572
- HUBER, F. 1976 Problème d'interdatation chez le pin sylvestre et influence du climat sur la structure de ses accroissements annuels.
Ann. Sci. Forest. 33 (2) pp. 61-86
- MARTIN, P. (de) 1974 Analyse des cernes. Dendrochronologie et dendroclimatologie.
MASSON Paris p. 78
- PARDE, J. 1961 Dendrométrie.
E.N.E.F. Nancy p. 350
- SERRE, F. 1973 Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'Alep.
Thèse Université d'Aix-Marseille III pp. 244
- TOTH, J. 1973 Première approche de la production potentielle du cèdre de l'Atlas dans le Sud de la France
R.F.F. n° 5 pp. 381-389
- DOCUMENTS / La Durance. Electricité de France - Service National.
L'Electricité de France aménage la Basse-Durance.
Société du canal de Provence et d'Aménagement de la région provençale - 1974