

LE PIN MARITIME DANS LES LANDES DE GASCOGNE

ÉTUDE DES RELATIONS D'ALLOMÉTRIE,
CONCERNANT LE VOLUME DES PEUPELEMENTS,
EN LIAISON AVEC CERTAINES CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION

B. LEMOINE

avec la collaboration technique d'A. SARTOLOU

Station de Recherches forestières de Bordeaux, 33 - Cestas
Institut national de la Recherche agronomique.

SOMMAIRE

Cette étude de croissance relative fait partie d'un programme visant à construire des Tables de Production stationnelles concernant le Pin maritime dans le sud-ouest de la France.

I. — DEFINITIONS ET GENERALITES

Considérons les individus d'un genre, ou même mieux, d'une espèce donnée d'êtres vivants. Si X est la dimension du corps, ou d'un organe de référence, et Y la dimension d'un autre organe ou d'une partie du corps, ou même encore un indice biochimique, par exemple, la relation de la forme :

$$Y = aX^b$$

dite relation d'*allométrie* (du grec *allos* = autre et *metron* = mesure), est, dans la plupart des cas, l'expression mathématique décrivant le mieux la loi de « *disproportionnalité* » existant entre Y et X.

En Zoologie, la relation d'*allométrie* a trouvé un champ d'application particulièrement étendu dans le domaine d'étude de la *croissance relative*. Dans ce cas, le sens étymologique du terme *allométrie* (cf. J. S. HUXLEY et G. TESSIER, 1936) ne nous paraît pas recouvrir la notion de croissance : avec G. TESSIER (1948), nous parlerons donc d'*allométrie de croissance*. C'est dans ce sens également que M. PRODAN emploie la notion d'*allométrie* dans son « *Holzmesstehre* » (1965).

Revenons à G. TESSIER (1948) : il existe, entre les valeurs de Y et de X des *individus adultes* d'une même espèce, une relation dite d'*allométrie de taille*. Dans le domaine des sciences forestières, la forme allométrique est souvent employée pour la construction des tarifs de cubage concernant les arbres ou les peuplements, particulièrement dans les pays anglo-saxons (voir par exemple H. A. MEYER, 1957) et tropicaux (voir F. BERNARD, 1956, et J. P. LANLY, 1966), ainsi qu'en Hollande (voir A. STOFFELS, 1953). Remarquons qu'en science forestière, dans la plupart des cas où la relation d'allométrie de taille est employée, les arbres ou les peuplements ne sont pas adultes, et que pour construire un tarif de cubage général on utilise des données émanant d'arbres ou de peuplements d'âges variés. Il serait donc plus justifié de parler dans ce cas d'*allométrie de croissance et de taille*.

Décrire la relation existant entre deux grandeurs Y et X est le lot quasi journalier du dendrométricien. Il ne choisit pas toujours la forme allométrique, mais souvent aussi des formes linéaires, polynomiales, semi-logarithmiques, tout aussi valables bien souvent sur le plan de la précision, mais moins susceptibles cependant de revêtir une signification biologique.

Le cas le plus remarquable à notre connaissance où relation d'*allométrie de croissance* et relation d'*allométrie de taille* sont confondues, est celui de la « loi de EICHHORN élargie ». Cette loi est la suivante (E. ASSMANN, 1955) : « La production totale P d'un peuplement est fonction de sa hauteur H. Sous sa forme allométrique, il vient :

$$P = aH^b$$

relation utilisable aussi bien pour la comparaison de peuplements de même âge mais de « fertilités » différentes, que pour une étude de croissance relative concernant des peuplements de même fertilité : dans les deux cas, les coefficients *a* et *b* sont identiques. Mais cette loi n'est pas toujours stable vis-à-vis des conditions de milieu. J. PARDE, dans son *Traité de Dendrométrie* (1961), fait le point sur la question, et c'est une des raisons pour lesquelles chaque pays construit pour une essence donnée sa propre table de production. Nous avons également signalé ce fait dans le cas particulier du *Pin sylvestre* (B. LEMOINE, 1963).

Soulignons que J. DELVAUX (1965) fait une application particulièrement fructueuse de la forme allométrique à l'expression de la loi P = fonction de H.

Le dendrométricien construisant une table de production « cerne » la croissance des peuplements forestiers par la double démarche suivante :

α) par la connaissance de la loi de croissance :

$$(\text{hauteur de peuplement}) = f(\text{âge})$$

β) par la connaissance de la loi de croissance relative :

$$(\text{volume du peuplement}) = f(\text{hauteur})$$

C'est sur ce point β que porte la *présente étude*.

Nous étudierons les lois d'*allométrie* existant entre le volume bois fort sur écorce \sqrt{g} et la hauteur totale H_g de la tige de l'arbre de surface terrière moyenne, ou arbre moyen du peuplement. Il est à noter que, dans nos placettes dont les arbres sont cubés à l'aide d'un tarif de la forme $v = a + bc^2$, \sqrt{g} n'est autre que la moyenne arithmétique des volumes des arbres du peuplement, et que N étant le nombre de tiges, le

produit $N \times \sqrt{Vg}$ est le volume sur pied du peuplement de hauteur moyenne Hg (qui, elle, n'est pas la moyenne arithmétique des hauteurs des arbres du peuplement). Rappelons que l'arbre moyen ainsi défini n'est qu'une entité biologique dont les caractères \sqrt{Vg} et Hg sont calculés à partir de mesures effectuées sur un échantillon représentatif de l'ensemble du peuplement.

Nous parlerons de *relation d'allométrie de croissance* (étude de la croissance du volume moyen par rapport à la croissance de la hauteur moyenne pour des niveaux de croissance, ou de fertilité, ou encore de *site index*, déterminés) et de *relation d'allométrie de croissance et de taille* (étude de la relation générale existant entre le volume moyen et la hauteur moyenne des peuplements, sans distinguer ni les stades de développement ni les niveaux de croissance).

II. — LE PIN MARITIME DANS LES LANDES DE GASCOGNE

2.1. — *Variabilité des conditions climatiques et pédoclimatiques dans les Landes de Gascogne*

2.11. *Le climat.*

Nous avons retenu les facteurs du climat dont la variabilité nous semble digne d'intérêt par son amplitude. Ce sont :

a) la pluviosité annuelle (cf. figure 1) : elle varie de 1.200 mm dans le sud-ouest de la région à 700 mm au nord et à l'est de l'aire landaise du Pin maritime ;

b) les pluviosités (cf. « Landes de Gascogne », 1947, 1948) : printanière (mois de mars, avril, mai, juin) et automnale (mois de septembre, octobre, novembre, décembre), variant de 450 à 250 mm pour la première et de 550 à 250 mm pour la deuxième (cf. figure 2) ; là encore, le sud-ouest de la région est la zone la plus favorisée ;

c) et une résultante de ce qui précède, *le régime pluviométrique*

$$\left(\text{rapport } \frac{\text{pluviosité mensuelle maxima de printemps}}{\text{pluviosité mensuelle maxima d'automne}} \times 100\right)$$

varie de l'ouest à l'est de 60 % à 110 % (cf. figure 1) ;

d) l'ensoleillement (cf. figure 3) varie dans une amplitude de 2.400 heures à 1.900 heures par an ; le sud-ouest de la région est l'une des zones les plus faibles à cet égard.

2.12. *Le pédoclimat.*

Le terme de pédoclimat est pris ici dans le sens des conditions climatiques spéciales existant dans le sol (cf. G. AUBERT et J. BOULAIN, 1967), en insistant particulièrement sur l'économie en eau du sol définie par la réserve qu'il est susceptible d'accumuler, par les possibilités d'évacuation de l'eau par ruissellement, infiltration et percolation, l'ensemble constituant le pédoclimat potentiel, et par le jeu de l'évapotranspiration, l'ensemble constituant alors le pédoclimat réel (cf. M. JAMAGNE, 1967).

Le problème était d'avoir une évaluation aussi bonne que possible du pédoclimat de chacune de nos placettes de production.



FIG. 1. — Pluviosité annuelle et régime pluviométrique (Données climatiques extraites de « Les Landes de Gascogne », 1947, 1948)

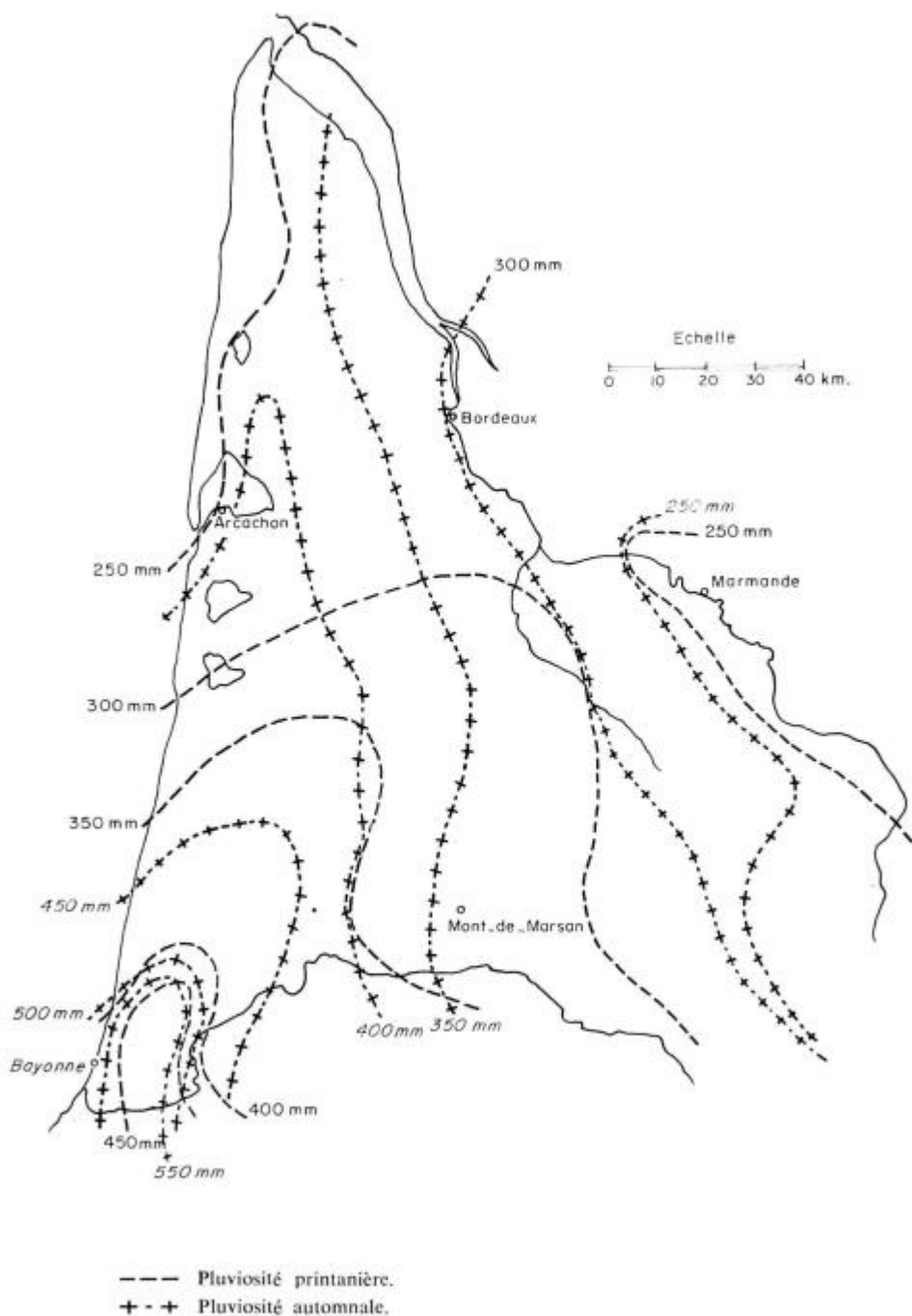


FIG. 2. — *Pluviosités saisonnières* (Données climatiques extraites de « Les Landes de Gascogne », 1947, 1948)

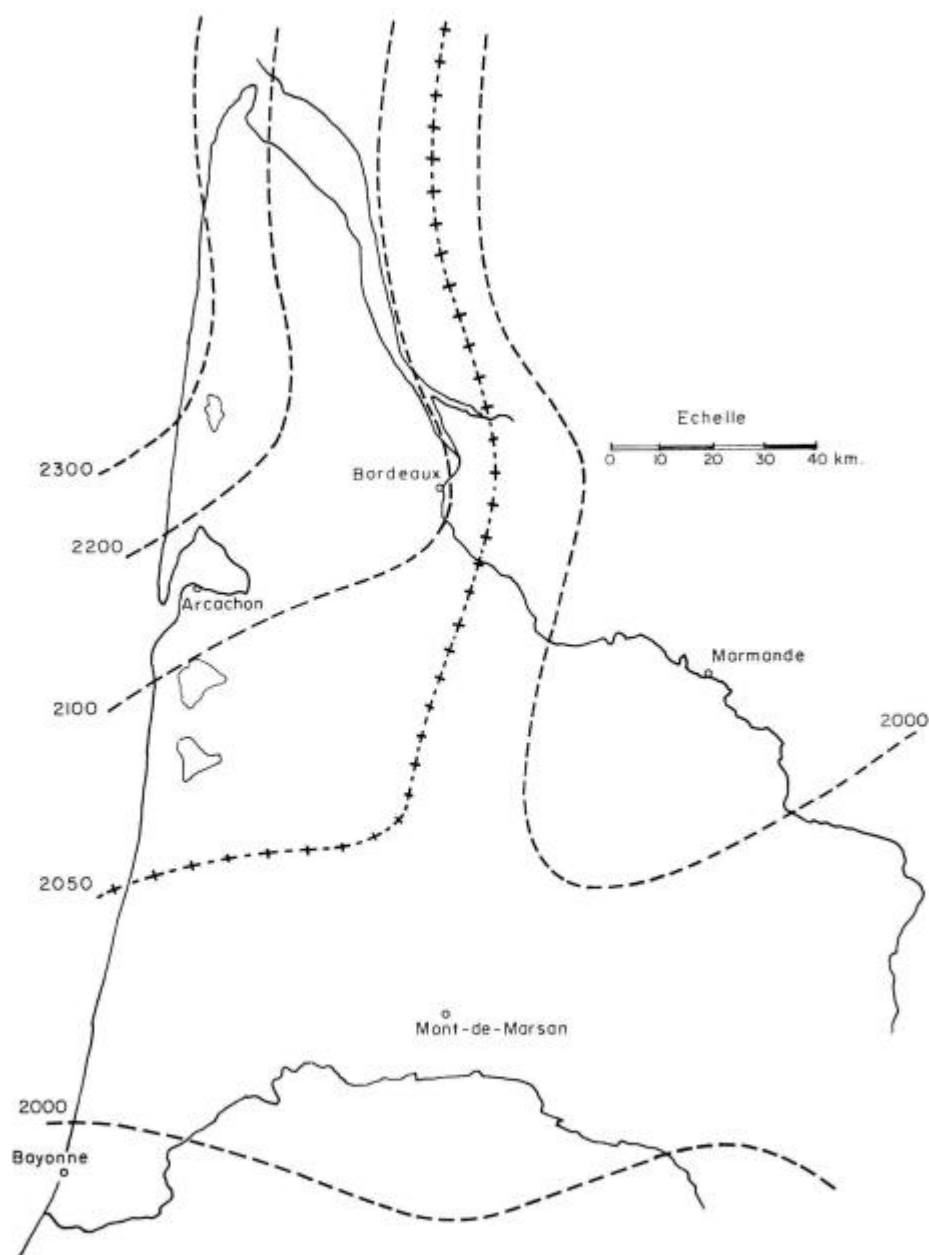


FIG. 3. — *Insolation annuelle moyenne* (en heures) (Données 1956, 1965 fournies par le service météorologique métropolitain région Sud-Ouest)

Or, on remarque en première analyse qu'il existe une liaison entre la composition de la strate végétale inférieure non arbustive et non arborescente et le niveau atteint par la nappe au début du printemps (cf. « Les Landes de Gascogne », 1947, 1948, et J. GUINAUDEAU, 1964) ; à propos de cette liaison, nous pouvons introduire la notion de *pédoclimat réel*.

Outre les mesures concernant la nappe au début du printemps et le relevé de la composition floristique effectué dans la plupart de nos placettes de production, nous possédons pour la moitié d'entre elles des analyses de sol nous permettant de calculer l'humidité équivalente à la capacité de rétention. En ce qui concerne cette mesure, il convient d'introduire la notion de *pédoclimat potentiel*, dans un sens homogène au contexte particulier de ce travail, une définition plus stricte du terme et une analyse plus serrée du concept incombant aux spécialistes de science du sol.

Avant d'exposer le travail mathématique effectué sur ces trois types de données, il convient de revenir sur le concept de nappe. J. GELPE (1967) montre qu'il convient de distinguer dans le contexte landais deux nappes : *une nappe perchée temporaire*, la « table d'eau » située au-dessus de l'horizon B des podzols et dont le rôle est direct et le plus important sur l'alimentation en eau du Pin maritime, et *la nappe phréatique vraie*, souvent en charge sous l'horizon B. L'indépendance de ces deux nappes est très manifeste pendant les phases post-hivernales, mais peu apparente en phase hivernale. Si le sondage à la tarière que nous effectuons au début du printemps recouvre en conséquence une réalité pédoclimatique, il n'en est pas de même pour celui effectué en période post-hivernale : on peut soit se tromper sur l'évaluation de la profondeur de la nappe phréatique, car si elle est en charge elle remonte dans le trou de sondage, soit encore mesurer la nappe perchée temporaire, soit enfin mesurer un « mélange » des deux nappes dans le trou de sondage. Notons que nous avons abandonné ces mesures post-hivernales et que le seul dispositif valable pour aborder ce problème est un dispositif à deux tubes piézométriques du type de celui réalisé par J. GELPE dans le cadre de l'expérimentation qui lui a permis de confirmer l'existence de deux nappes distinctes. Il résulte de tout ceci qu'avec le sondage à la tarière on ne peut prétendre mesurer le régime des nappes et disposer par conséquent d'une mesure indirecte du régime pédoclimatique, qui, point important à souligner, est sous la dépendance du régime pluviométrique qui en constitue par conséquent une évaluation indirecte.

Nous avons étudié les corrélations entre les trois variables suivantes prises deux à deux :

— la profondeur P de la nappe relevée au début du printemps dans nos placettes de production. Nous avons employé pour la détermination de P une sonde longue de 24 dm seulement ; pour les placettes dans lesquelles nous n'avons pu atteindre la nappe, nous avons affecté à P la valeur arbitraire 25 dm, le regroupement en cette classe extrême concernant dans le cas de l'ensemble dunes-landes le tiers de nos placettes, et dans le cas des Landes seules le quart de nos placettes, ce qui permet en réalité de diversifier les stations de landes en quatre types, ce qui est à notre avis suffisant, dans le contexte régional qui nous occupe ici, pour déceler des effets éventuels du drainage printanier sur les modalités de croissance des peuplements.

— Un indice de classement V dit « de végétation » : chaque terme de la série :

Hélianthème	(V = 1,0)
Callune ou (et) Bruyère cendrée	(V = 2,0)
↓	
Fougère aigle	(V = 3,0)
↓	
Ajonc nain	(V = 4,0)
↓	
Molinie	(V = 5,0)

correspondant en moyenne (cf. « Les Landes de Gascogne », 1947, 1948, et J. GUINAUDEAU, 1964) à un certain type de drainage. Dans le cas où plusieurs termes de la série ci-dessus se trouvaient exister dans nos placettes de production (ce qui est du reste un cas très fréquent), nous avons adopté un indice tenant compte de l'importance relative de ces termes (nous n'utilisons, pour le calcul de notre indice de classement, que la notion de fréquence relative des espèces susvisées).

— L'humidité équivalente He % dans l'horizon A (A₀ exclu) donnée par la formule calculée par J. GELPE pour les sols de la région (communication personnelle) :

$$\text{He \%} = 1,10 \text{ MO} + 0,51 \text{ A} + 0,14 \text{ Lf} + 10,85$$

où MO, A, Lf sont les pourcentages respectifs de matière organique totale, d'argile et de limon fin.

Le tableau 4 montre que les corrélations entre ces trois variables prises deux à deux sont très significatives. Si nous considérons l'ensemble des trois variables et des trois corrélations, nous sommes en présence d'un objet mathématique très structuré qui recouvre à la fois les notions de pédoclimat réel et de pédoclimat potentiel. Pour représenter cet objet, nous savons que l'on peut utiliser la notation matricielle. Par le calcul, à partir de la matrice des variances et covariances (cf. TOMASSONE, 1965), on obtient trois fonctions (indépendantes entre elles) des trois variables initiales (liées entre elles deux à deux), fonctions dites composantes principales de la forme :

$$Y_i = a [\log (\text{He} - 10,0)] + b [\text{V}] + [c \log \text{P}] + d$$

De ces trois fonctions, on ne retient que celle dont la variation couvre une part appréciable de la variation due à l'ensemble des trois variables initiales, soit :

$$Y = 2,490 [\log (\text{He} - 10,0)] + 0,452 [\log \text{V}] - 1,520 [\log \text{P}] - 1,384$$

(P en décimètres).

Cette fonction constitue une évaluation du pédoclimat (pédoclimat réel et pédoclimat potentiel), qui n'a pu être calculée, pour des raisons évidentes d'économie, que sur un peu moins de la moitié de nos placettes.

La mesure P, qui recouvre la notion de pédoclimat réel, est la seule qui ait été effectuée dans toutes nos placettes ; elle est donc intéressante de ce fait.

La figure 4 montre la répartition des fréquences des valeurs de la variable P (qui est la moyenne de trois, deux ou une mesures) pour l'ensemble de nos placettes. On peut objectivement classer en *première approximation* nos placettes en deux groupes :

- groupe des placettes « humides » ($P \leq 11$ dm) ;
- groupe des placettes « sèches » ($P \geq 12$ dm).

TABLEAU I

Drainage et Pédoclimat. Caractéristiques des liaisons entre les variables (Profondeur de la nappe au début du printemps), V (note phytosociologique = indice d'humidité) et He (humidité équivalente en % dans l'horizon A)

Corrélation entre les variables		Coefficient de corrélation	Probabilité du test t (variable z)	Régression		Equations de régression	
				de	sur		
1	[log P] et [log (He — 10,0)]	— 0,6363	prob. < 0,001	1	2	log P	= 1,5852 — 1,163 log (He — 10,0)
2				1	log (He — 10,0)	= 0,8760 — 0,3482 log P	
1	[log P] et V	— 0,7725	prob. < 0,001	1	3	log P	= 1,7234 — 0,2366 V
3				1	V	= 5,661 — 2,522 log P	
2	[log (He — 10,0)] et V	+ 0,5638	prob. < 0,001	2	3	log (He — 10,0)	= 0,2365 + 0,0945 V
3				2	V	= 1,429 + 3,364 log (He — 10,0)	

Cette « coupe » à $P = 11,5$ dm est bien sûr arbitraire, et évidemment basée sur le fait que la distribution des fréquences des valeurs de P (cf. figure 4) semble bimodale (modes à $P = 4$ et à $P = 14$).

Dans la présente étude, les deux mesures P et Y seront utilisées à des niveaux de précision différents.

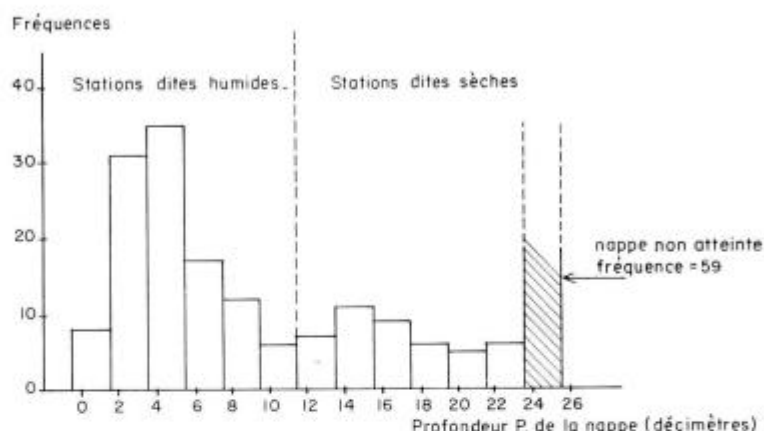


FIG. 4. — Drainage. Répartition des fréquences des profondeurs P de la nappe du début du printemps pour les placettes de mesure de la production

2.2. — La table de production de N. DECOURT et B. LEMOINE (1969)

Nous avons pu constater qu'à hauteur moyenne $H\bar{g}$ (hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne) égale, et à densité de tiges égale, le volume de l'arbre de surface terrière moyenne (ou volume moyen) $V\bar{g}$ est plus fort dans un peuplement de dunes que dans un peuplement de landes ; cette différence est en moyenne de l'ordre de 10 %. C'est ce qui nous a conduit à construire :

- une table de production pour les dunes, d'une part ;
- une table de production pour les landes, d'autre part.

2.3. — Position du problème

En fait, ce que nous venons de dire met l'accent sur une variation géographique d'un caractère morphologique. L'existence de cette variation a été utilisée pour améliorer la précision avec laquelle on connaît ou on peut prévoir la production d'un peuplement de Pin maritime.

De quel ordre peut être la cause de ces variations morphologiques ? On peut penser à deux types de causes possibles :

a) Des causes d'ordre humain, à savoir qu'une grande partie de la zone littorale de forêts de dunes, gérée par l'Etat, fait l'objet d'une doctrine sylvicole consignée dans les aménagements, donc très suivie. Il peut en résulter pour la forêt une meilleure utilisation (volume moyen plus fort) du potentiel de la station (chiffré par la hauteur dominante ou la hauteur moyenne).

b) Des causes d'ordre biologique : s'agit-il d'une action du milieu ? Est-elle, par le jeu de la pression de sélection, inscrite dans le patrimoine héréditaire ?

Ainsi donc, tel est l'objet de notre présent travail : oubliant provisoirement la distinction peuplements de dunes, peuplements de landes, chercher les causes possibles de variation du caractère morphologique en question, c'est-à-dire étudier les corrélations entre ces variations et certaines caractéristiques du milieu.

Dans le cas où les variations d'ordre géographique précédemment décrites (distinction dunes-landes) feraient partie d'un cadre plus large de variations liées à certaines caractéristiques du climat ou du pédoclimat, nous verrions s'il serait utile de tenir compte de ces variations contrôlées pour perfectionner encore une fois les « Tables de production pour le Pin maritime dans les landes de Gascogne ». La mise en évidence, dans le cas particulier qui nous occupe ici, d'une dépendance de ce type, peut présenter en outre un intérêt général : à savoir que pour une essence donnée située dans une région donnée, il pourrait y avoir intérêt à construire un jeu de tables de production locales, au lieu de se limiter à une seule table moyenne pour l'ensemble de la région.

III. — ETUDE DES VARIATIONS DE RELATIONS D'ALLOMÉTRIE DE CROISSANCE ET DE TAILLE DE L'ARBRE MOYEN POUR LES PEUPELEMENTS DE PIN MARITIME DANS LES LANDES DE GASCOGNE

Dans cette étude, il sera exclusivement question de la relation d'allométrie existant entre la croissance (ou la croissance et la taille) du volume \overline{Vg} et la croissance (ou la croissance et la taille) de la hauteur \overline{Hg} de l'arbre moyen (arbre de surface terrière moyenne). Il faut remarquer que l'arbre moyen ainsi défini n'est pas rigoureusement une entité biologique, car l'homme, en passant en éclaircie, modifie instantanément les valeurs de \overline{Vg} et \overline{Hg} , il est vrai dans le même sens. L'idéal pour une étude de ce genre eût été de ne considérer exclusivement que des peuplements jamais éclaircis, qui n'existent malheureusement pas. Contentons-nous de ce que nous possédons.

La relation d'allométrie : $\overline{Vg} = a \times \overline{Hg}^b$ sera considérée sous sa forme logarithmique (logarithmes décimaux) : $\log \overline{Vg} \text{ dm}^3 = \log a + b \log \overline{Hg} \text{ dm}$, où (cf. G. TESSIER, 1948) $\log a$ est dit « ordonnée à l'origine » et b « constante actuelle d'équilibre ». Néanmoins, nous préférons appeler b coefficient d'allométrie, ce qui est du reste justifié par le fait que b caractérise l'allométrie (*sensu stricto*) : si b est supérieur à 1, il y a allométrie majorante ; si b est égal à 1, il y a isométrie, et si b est inférieur à 1, il y a allométrie minorante.

Enfin, elle sera établie à partir de mesures instantanées. Nous ne disposons pas, en effet, en assez grand nombre de mesures répétées sur les mêmes peuplements.

3.1. — Relation d'allométrie et densité de peuplement

Elle est chiffrée ici par le facteur d'espacement $s\%$ de HART-BECKING (cf. J. M. BECKING, 1953, et J. PARDE, 1961) : e étant l'espacement moyen entre les tiges, H la hauteur du peuplement et N le nombre de tiges à l'hectare, ce facteur est :

$$s\% = \frac{e}{H} \times 100 \quad \text{ou} \quad s\% = \sqrt{\frac{10.000}{N \times 0,886}} \times \frac{100}{H}$$

dans l'hypothèse où les arbres sont répartis en « quinconce », c'est-à-dire placés aux nœuds d'une grille dont la maille élémentaire est le triangle équilatéral. La hauteur que considère BECKING est la hauteur dominante, car le but poursuivi est de chiffrer l'intensité d'une éclaircie. Dans le cas présent, et par souci d'homogénéité, la densité de nos peuplements est appréciée en considérant la hauteur moyenne $H\bar{g}$.

Chaque point de la figure 5 (abscisse : $\log H\bar{g}$; ordonnée : $\log V\bar{g}$) représente une de nos placettes de production. Le nuage de points ainsi obtenu donne une idée de la relation générale d'allométrie de croissance et de taille (les niveaux de croissance en $H\bar{g}$, ou si l'on veut les classes de fertilité de la table de production, sont mélangés sur la figure. Nous voyons que les placettes « claires » ont pour une même hauteur un volume $V\bar{g}$ plus fort que les placettes « denses ». La figure 5 montre que les trois droites représentatives des relations d'allométrie calculées pour les trois classes de densités sont pratiquement parallèles et équidistantes. Il est donc tout à fait justifié de donner à la relation d'allométrie transformée la forme suivante :

$$\log V\bar{g} = \log a + b \log H\bar{g} + c s \%$$

3.2. — Relation d'allométrie et « site index »

Le problème est le suivant : la relation d'allométrie de croissance varie-t-elle suivant le niveau de croissance ? Ou si l'on préfère, suivant le *site index* (chiffré par la hauteur dominante en mètres à quarante ans) ?

Le tableau 2 donne les caractéristiques des relations d'allométrie relatives à huit classes, d'amplitude aussi réduite que possible, de *site index*. Ces relations d'allométrie ont été calculées par la méthode des régressions doubles, décrite notamment dans l'ouvrage de F. FREESE (1964). Les droites représentatives moyennes de ces huit relations sont tracées sur la figure 6.

Les variations de relations d'allométrie constatées ne peuvent être imputables aux valeurs du *site index*. En effet :

a) La valeur de b n'est pas liée à la variable *site index* (le coefficient de corrélation est égal à 0,071, donc très faible, et ne diffère pas significativement de 0).

b) Calculant la valeur $\log V\bar{g}$ pour des valeurs moyennes de $\log H\bar{g} = 2,20$ et de $s\% = 32$, il vient (*site index* croissants) $\log V\bar{g} = 2,52, 2,54, 2,55, 2,52, 2,56, 2,54$ et $2,50$. Là encore, on ne relève aucune tendance pour le *niveau* des relations d'allométrie à varier suivant le *site index* (le coefficient de corrélation est égal à 0,167, donc très faible, et ne diffère pas significativement de 0).

Nous pensons donc pouvoir conclure que la relation générale d'allométrie de croissance et de taille est une bonne représentation de la relation d'allométrie de croissance. Le calcul nous fournit la relation suivante :

$$(A) \quad \log V\bar{g} = 3,419 \log H\bar{g} + 0,01458 s\% - 5,44860$$

que nous avons utilisée dans la suite du travail. Nous parlerons dès lors tout simplement de *relation d'allométrie*. La valeur du coefficient b d'allométrie (3,419) est supérieur à 1. Il peut cependant nous être objecté qu'il ne s'agit pas d'une véritable allo-

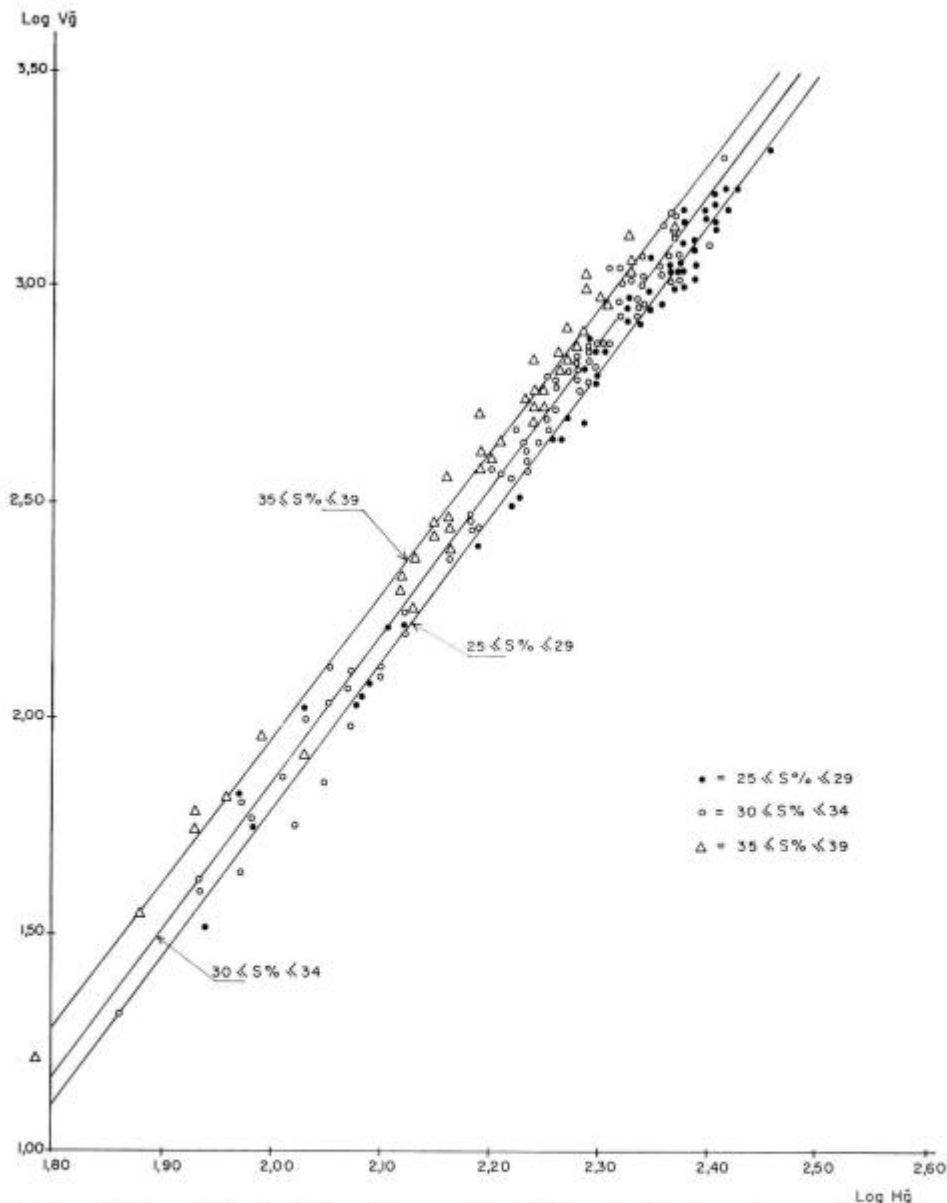


FIG. 5. — Relation d'allométrie (de croissance et de taille) et densité de peuplement : les relations d'allométrie sont les suivantes :

- 1° pour les densités fortes ($25 \leq s \% \leq 29$) : $\log \bar{V}_g = 3,406 \log \bar{H}_g - 5,023$,
- 2° » » » moyennes ($30 \leq s \% \leq 34$) : $\log \bar{V}_g = 3,427 \log \bar{H}_g - 5,004$,
- 3° » » » faibles ($35 \leq s \% \leq 39$) : $\log \bar{V}_g = 3,362 \log \bar{H}_g - 4,779$.

métrique majorante, car \bar{V}_g et \bar{H}_g n'ont pas la même équation de dimension. Nous avons en effet :

- équation de dimension de $\bar{H}_g = [L]^1$,
- équation de dimension de $\bar{V}_g = [L]^3$.

TABLEAU 2

Relation d'allométrie de croissance et site index. Caractéristiques des relations d'allométrie de croissance $\log V_{\bar{g}} = \log a + b \log H_{\bar{g}} + c s \%$ obtenues pour différentes classes de site index

Classes de site index	Nombre d'observations	Degré de signification (1) concernant les variables introduites successivement		Valeurs des (R ²) Ajustement à		Equations de régression (Relations d'allométrie)
		log H _g	s %	log H _g	log H _g et s %	
15,16	20	***	**	0,9486	0,9786	$\log V_{\bar{g}} = 3,241 \log H_{\bar{g}} + 0,01905 s \%$ — 5,21980
17,18	25	***	**	0,9670	0,9792	$\log V_{\bar{g}} = 3,582 \log H_{\bar{g}} + 0,01427 s \%$ — 5,79852
19	21	***	**	0,9608	0,9866	$\log V_{\bar{g}} = 3,616 \log H_{\bar{g}} + 0,01952 s \%$ — 6,04450
20	25	***	* (*)	0,9690	0,9781	$\log V_{\bar{g}} = 3,528 \log H_{\bar{g}} + 0,01104 s \%$ — 5,56949
21	22	***	**	0,9700	0,9881	$\log V_{\bar{g}} = 3,510 \log H_{\bar{g}} + 0,01213 s \%$ — 5,58631
22	22	***	(*)	0,9517	0,9615	$\log V_{\bar{g}} = 3,363 \log H_{\bar{g}} + 0,01174 s \%$ — 5,21830
23	18	***	* (*)	0,9330	0,9652	$\log V_{\bar{g}} = 3,457 \log H_{\bar{g}} + 0,01922 s \%$ — 5,67720
24,25	21	***	*	0,9862	0,9891	$\log V_{\bar{g}} = 3,476 \log H_{\bar{g}} + 0,01159 s \%$ — 5,51660

(1) Probabilité du test t: (*) = 0,10; * = 0,05; ** (*) = 0,02; ** = 0,01; *** = 0,01.

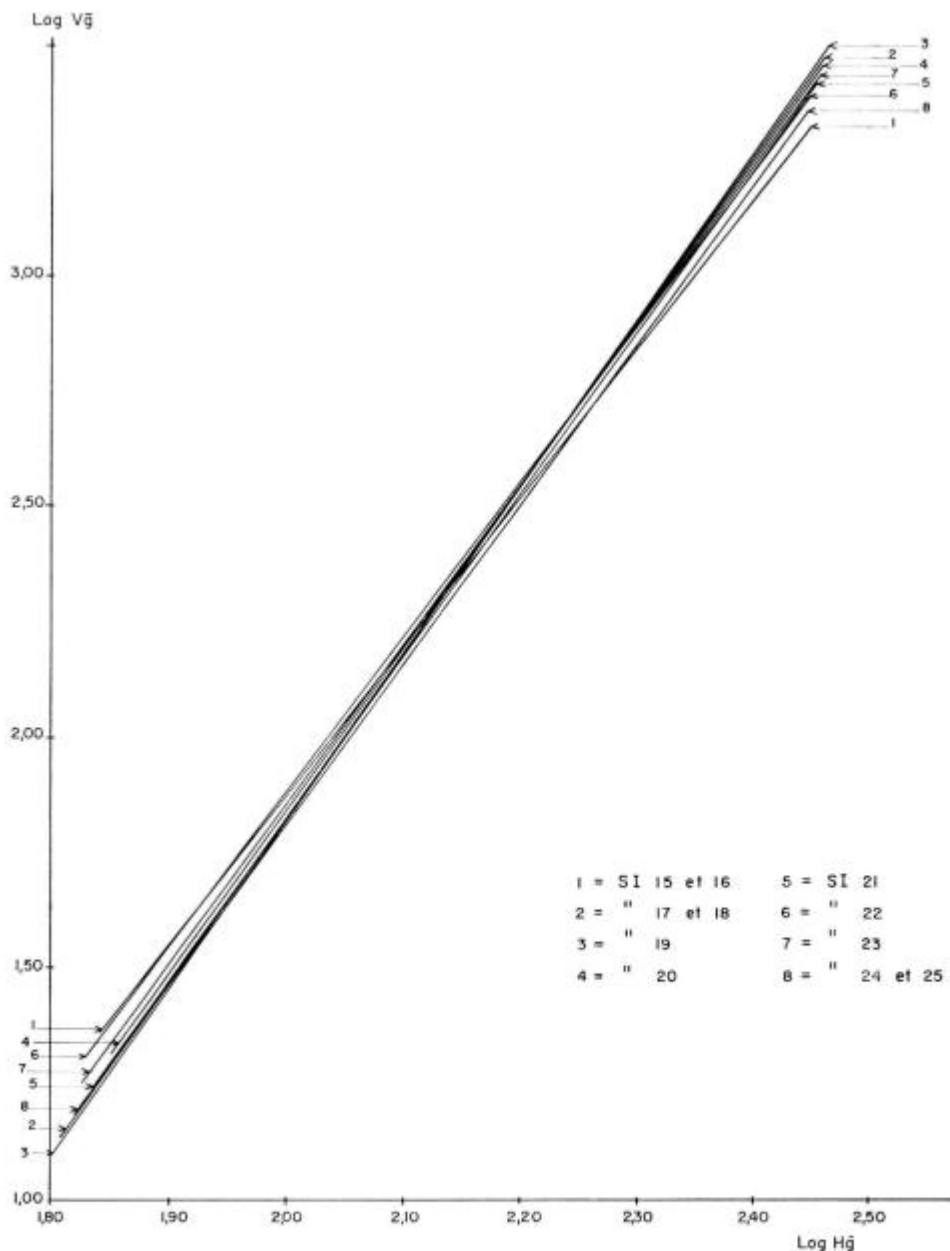


FIG. 6. — Relation d'allométrie de croissance et Site Index. Relations d'allométrie de croissance pour 8 classes de Site Index et pour $S \% = 32$ (pour tracer chacune de ces droites on a égalé à 32 la valeur de $S \%$ dans chacune des équations du tableau 2)

Or, la valeur 3,419 trouvée pour le coefficient b d'allométrie est nettement supérieur à 3. Nous concluons donc qu'il y a bien *allométrie majorante* et non *isométrie*, par exemple entre la circonférence représentative du volume \bar{V}_g et la hauteur H_g .

3.3. — Etude des variations de relations d'allométrie : méthode de travail

Voulant simplifier le travail statistique, nous avons introduit la notion suivante : l'étude des variations de relations d'allométrie se ramènera à l'étude de l'écart E à la relation moyenne (A) défini comme :

$$E = \log \bar{Vg} \text{ (mesuré)} - \log Vg \text{ (théorique)}$$

la valeur \bar{Vg} étant calculée à partir de la relation (A), les valeurs $\log Hg$ et $s\%$ prenant dans cette relation les valeurs mesurées des placettes, valeurs qui ont servi au calcul de la relation (A). Ainsi, pour une hauteur Hg et un coefficient d'espacement $s\%$ donnés, une valeur de E très nettement positive signifiera une valeur de \bar{Vg} forte, une valeur de E très nettement négative signifiera une valeur de \bar{Vg} faible.

Cette première approximation dans la manière d'aborder le problème est destinée à *déceler* des liaisons entre les variations de relations d'allométrie et des caractéristiques du climat ou du pédoclimat.

Si nous trouvons que la relation d'allométrie varie suivant certaines caractéristiques stationnelles, nous examinerons si le coefficient b d'allométrie est stable ou bien fonction du milieu.

3.4. — Les variations de relations d'allométrie sont-elles liées aux variations de certaines caractéristiques stationnelles ?

X étant la valeur de la caractéristique considérée, nous étudierons la corrélation entre E et X .

Les variables X dont nous disposons sont :

X_1 = pluviosité annuelle,

X_2 = pluviosité de printemps,

X_3 = pluviosité d'automne,

X_4 = régime pluviométrique,

X_5 = insolation annuelle,

X_6 = insolation des mois de mars à juillet inclus,

X_7 = insolation des mois d'août à octobre inclus,

X_8 = régime d'insolation = rapport $\frac{X_6 / 5 \text{ mois}}{X_7 / 3 \text{ mois}} \times 100$,

X_9 = la profondeur de la nappe de printemps, pouvant prendre les valeurs entières de 1 dm à 25 dm.

3.41. Examen des diverses corrélations.

Considérons le tableau 3 qui présente les résultats des calculs de corrélations simples entre E et chacune des variables X . On y observe tous les degrés de signification, et les coefficients de corrélations les plus forts sont ceux qui concernent les liaisons entre E et certaines variables climatiques.

Il est donc logique de commencer par analyser la corrélation

$E \longleftrightarrow \text{climat}$

plutôt que la corrélation $E \longleftrightarrow \text{pédoclimat}$. La hiérarchie des facteurs écologiques nous le commande aussi.

TABLEAU 3

Relation d'allométrie et climat. Corrélation entre l'écart (E) à la relation moyenne d'allométrie (A) et les caractéristiques du climat et du pédoclimat
Régressions simples

Variabiles	Valeur des (R) et degrés de signification (1)
X ₁ (pluviosité annuelle)	+ 0,128 (°)
X ₂ (« de printemps)	+ 0,046 NS
X ₃ (« d'automne)	+ 0,338 ***
X ₄ (régime pluviométrique)	- 0,401 ***
X ₅ (insolation annuelle)	+ 0,225 **
X ₆ (« mars à juillet)	+ 0,231 **
X ₇ (« août à octobre)	+ 0,078 NS
X ₈ (régime d'insolation)	+ 0,345 ***
X ₉ (pédoclimat = nappe P)	- 0,037 NS

(1) Probabilité du test t: NS = non significatif; (°) = 0,10; * = 0,05; ° (°) = 0,02; ** = 0,01; *** = 0,001.

3.411. Corrélation avec le climat.

Reportons-nous au tableau 4 décrivant les résultats des calculs de corrélations doubles entre E et certains couples de variables X. Compte tenu du fait que E était lié à X5 (insolation annuelle), nous avons voulu voir si la tendance qu'avait la variable X1 (pluviosité annuelle) à expliquer la variable E (corrélation simple du tableau 3) n'était pas l'indice d'une forte liaison réelle. Effectivement, introduisant dans le calcul de corrélation double X1 après X5, on voit que E et X1 sont assez fortement liés. On peut donc conclure que *les variations E de relation d'allométrie sont liées positivement aux variations régionales de caractéristiques annuelles de pluviosité et d'insolation.*

En référant toujours au tableau 4, on voit que :

a) E est lié à la pluviosité d'automne X3 (*R. positif*) et à la pluviosité de printemps X2 (*R. négatif*) ;

b) E est lié à l'insolation de « printemps » X6 (*R. positif*) et à l'insolation « d'automne » X7 (*R. négatif*).

Ces corrélations doubles sont équivalentes :

a) La première à la corrélation simple de E avec la variable synthétique X4 (régime pluviométrique) ; en effet, si dans un nouveau calcul de corrélation double on introduit en premier la variable X4, aucune des deux variables X2 ou X3 introduite à sa suite n'est significative.

b) La deuxième à la corrélation simple de E avec la variable synthétique X8 (régime d'insolation) ; en effet, si dans un nouveau calcul de corrélation double on introduit en premier la variable X8, aucune des deux variables X6 ou X7 introduite à sa suite n'est significative.

TABLEAU 4

Relation d'allométrie et climat; corrélation entre l'écart (E) à la relation moyenne d'allométrie (A) et les caractéristiques du climat. Régressions doubles

Variables introduites (dans l'ordre)	Valeurs des (R) et degrés de signification (1)		Valeurs du (R ²) et degrés de signification
	Concernant l'ajustement à la première variable introduite	Concernant l'ajustement à la deuxième variable après ajustement à la première variable	Concernant l'ajustement global à une ou deux variables
1° <i>Caractéristiques climati- ques annuelles :</i>			
— X ₅ puis X ₁ ...	+ 0,225 **	+ 0,207 **	0,091 (X ₅ et X ₁) ***
2° <i>Régime climatique :</i>			
a) <i>Pluies</i>			
— X ₃ puis X ₂ ...	+ 0,338 ***	— 0,180 *(*)	0,143 (X ₃ et X ₂) ***
— X ₄ puis X ₃ ...	— 0,401 ***	+ 0,097 NS	0,161 (X ₄ seul) ***
— X ₄ puis X ₂ ...	— 0,401 ***	+ 0,107 NS	0,161 (X ₄ seul) ***
b) <i>Insolations</i>			
— X ₆ puis X ₇ ...	+ 0,231 **	— 0,290 ***	0,133 (X ₆ et X ₇) ***
— X ₈ puis X ₆ ...	+ 0,345 ***	+ 0,085 NS	0,119 (X ₈ seul) ***
— X ₈ puis X ₇ ...	+ 0,345 ***	— 0,023 NS	0,119 (X ₈ seul) ***
c) <i>Pluies et insola- tions</i>			
— X ₄ puis X ₈ ...	— 0,401 ***	+ 0,088 NS	0,161 (X ₄ seul) ***
3° <i>Climat et Pédoclimat :</i>			
— X ₄ puis X ₉ ...	— 0,401 ***	— 0,002 NS	0,161 (X ₄ seul) ***

(1) Probabilité du test t: (*) = 0,10; * = 0,05; *(*) = 0,02; ** = 0,01; *** = 0,001.

Dans une dernière étape (cf. toujours tableau 4), nous avons voulu voir si, dans un dernier calcul de régression double, X8 (régime d'insolation) était après X4 une deuxième variable réellement explicatrice de E. On voit que non, et la raison en est que X4 et X8 sont des variables très liées entre elles (R = — 0,728).

En définitive, nous sommes en présence de deux types de relations entre E et des facteurs climatiques :

- d'une part, une relation $E = f$ (insolation annuelle X5, pluviosité annuelle X1),
- d'autre part, des relations $E = f$ (régime climatique) équivalentes entre elles [régression simple $E = f$ (X4); régression simple $E = f$ (X8); régression double $E = f$ (X2, X3); régression double $E = f$ (X6, X7)].

La question que nous nous posons est la suivante : lequel de ces deux types de relations a une signification biologique ? Chacun des deux peut-il avoir une signification biologique ? Notons que nous préférons arrêter là l'interprétation biométrique (nous pourrions calculer des corrélations multiples).

Le deuxième type de relations est en fait plus analytique que le premier. Observons que si E est lié positivement avec X1, il est lié positivement avec X3, négativement avec X2, les valeurs de X2 et X3 étant contenues ou, si l'on veut, étant chacune une partie de la valeur de X1. Il en est de même des valeurs de X6 et X7 comparées à la valeur de X5. De plus, on obtient une bien meilleure explication statistique de la variable E par la variable X4 ($R^2 = 0,161$) que pour l'ensemble des deux variables X1 et X5 ($R^2 = 0,091$).

Nous pensons donc que seules les relations du deuxième type sont susceptibles de refléter une réalité biologique, l'existence de la relation du premier type tenant du fait que d'une part, pluviosité d'automne (dont les variations régionales sont prédominantes pour déterminer les variations du régime pluviométrique) et pluviosité annuelle sont liées (comparer les données de la figure 1 et de la figure 2), et que d'autre part, insolation de printemps (dont les variations régionales sont prédominantes pour déterminer les variations du régime d'insolation) et insolation annuelle sont liées ($R = 0,942$).

E étant lié négativement au régime pluviométrique X4 et positivement au régime d'insolation X8 (régressions simples), on peut dire, ce qui définit mieux la nature du climat dans les relations que peut avoir la plante avec lui, que E est lié au régime d'aridité. Cette relation plante-climat est décrite par la régression $E = f(X4 \text{ régime pluviométrique})$. C'est l'existence de cette relation que nous essayerons d'interpréter sur le plan biologique.

3.412. Corrélations avec le pédoclimat.

De l'examen des tableaux 3 et 4 (corrélations avant et après ajustement au climat), il ne ressort aucun indice d'action du pédoclimat sur la relation d'allométrie. Cependant, la variable X9 = P n'influence peut-être pas de la même manière le pédoclimat, que l'on se situe dans la lande ou dans la dune : l'alimentation en eau en lande sèche à partir de la nappe est parfois, semble-t-il, problématique du fait de la présence à faible profondeur d'un horizon B dur (« Alios »), alors que dans la dune les racines paraissent pouvoir exploiter un plus grand volume de sol.

Pour étudier ce problème de l'interaction du « facteur » dune ou lande sur la liaison éventuelle entre E et X9, nous avons calculé, pour chacun de ces deux types de station, les corrélations simples et multiples entre E d'une part, X4 et X9 d'autre part.

Il vient :

— pour les landes seules (145 placettes) :

$$R(E \leftrightarrow X4) = -0,364^{***} \quad (t = 4,3),$$

$$R(E \leftrightarrow X9) = -0,217^{**} \quad (t = 2,6),$$

$$R(E \leftrightarrow X9) \text{ après ajustement à } X4 = -0,118 \text{ NS},$$

$$R(E \leftrightarrow X4) \text{ après ajustement à } X9 = -0,320^{***};$$

— pour les dunes seules (33 placettes) :

$$R(E \leftrightarrow X4) = +0,279 \text{ NS},$$

$$R(E \leftrightarrow X9) = +0,098 \text{ NS}.$$

Pour ce qui est des résultats concernant les dunes, il y a peu de commentaires à faire, l'absence d'action du pédoclimat paraissant évidente, et l'absence de liaison avec

le régime climatique est due au fait que dans cette zone littorale il ne varie que de 55 à 70 (au lieu de 55 à 110 pour l'ensemble des placettes).

En ce qui concerne les landes, le fait que X4 et X9 soient liés ($R = 0,308^{***}$) rend l'interprétation difficile : faut-il attribuer la variation contrôlée de E à la seule variable X4 ou aux deux variables X9 et X4 ? Pour lever cette ambiguïté, nous avons calculé les corrélations entre E et $X9 = P$ pour plusieurs zones climatiques à régimes pluviométriques X4 déterminés. Les classes de régimes pluviométriques considérées sont les suivantes : 55 à 65, 70 à 80, 85 à 95, 100 à 115. Seules les trois dernières classes ont une variation de X9 voisine de celle de l'échantillon global ; le calcul ne concerne donc que les trois zones ainsi délimitées ; il vient :

- pour X4 = 70 à 80 (69 placettes), $R(E \leftrightarrow X9) = -0,077$ NS ;
- pour X4 = 85 à 95 (28 placettes), $R(E \leftrightarrow X9) = -0,276$ NS ;
- pour X4 = 100 à 115 (28 placettes), $R(E \leftrightarrow X9) = -0,008$ NS.

On peut calculer le coefficient de corrélation moyen (pondéré par les effectifs) en utilisant la transformation Z ; il vient :

$$R(E \leftrightarrow X9) = -0,106 \text{ NS}$$

On ne décèle donc pas d'action du pédoclimat sur la relation d'allométrie. L'ensemble de la variation contrôlée de E doit donc être attribué à la seule variable X4.

Y a-t-il interaction de la variable $X9 = P$ sur la relation entre E et X4 ? Calculées pour les deux classes de la variable X9 (cf. figure 4), les équations représentatives des liaisons entre E et X4 sont :

- pour les landes humides (86 placettes) :
$$E = -0,001242 X4 + 0,094856$$
- pour les landes sèches (59 placettes) :
$$E = -0,000916 X4 + 0,057102$$

Une analyse de covariance effectuée après un test d'homogénéité des variances montre que les deux équations ne diffèrent pas significativement l'une de l'autre. Il convient de retenir pour l'ensemble des placettes de landes la relation :

$$E = -0,001220 X4 + 0,08930$$

Prenons maintenant pour évaluation du pédoclimat la variable Y définie au paragraphe 2.12. Procédons comme plus haut (étude des corrélations $E \leftrightarrow Y$ pour plusieurs zones à régimes pluviométriques déterminés) ; il vient (placettes de landes uniquement) :

- pour X4 = 70 à 80 (22 placettes), $R(E \leftrightarrow Y) = +0,113$ NS,
 - pour X4 = 85 à 95 (19 placettes), $R(E \leftrightarrow Y) = +0,093$ NS,
 - pour X4 = 100 à 115 (18 placettes), $R(E \leftrightarrow Y) = -0,186$ NS,
- et $\bar{R}(E \leftrightarrow Y) = +0,015$ NS.

Là encore, on ne décèle pas d'action du pédoclimat sur la relation d'allométrie.

Disposant, pour une année, non seulement de mesures à la tarière de la profondeur P de la nappe au début du printemps, mais encore, toujours par la même méthode de sondage, de la profondeur P' de la « nappe » à l'automne, nous avons

calculé les corrélations entre E d'une part et les variables P' et (P' — P) ou régime supposé de la « nappe » ; en ce qui concerne la première variable, il vient (95 placettes de landes) :

$R(E \leftrightarrow P')$ après ajustement à $X_4 = 0,000$ NS ;

en ce qui concerne la deuxième variable, le calcul n'a pu être fait que pour les placettes à nappe hivernale haute (valeurs de P comprises entre 0 et 7 dm) et moyenne (valeurs de P comprises entre 9 et 16 dm), et non pour les placettes à nappe hivernale basse (valeurs de P supérieures à 17 dm), puisqu'une tarière de 2,40 m seulement ne permet pas de mesurer toutes les profondeurs de nappe ; il vient, pour le coefficient de corrélation moyen des deux échantillons testés (comprenant globalement 74 placettes de landes et 6 de dunes), la valeur :

$\bar{R}[E \leftrightarrow (P' - P)]$ après ajustement à $X_4 = + 0,078$ NS.

Or, il a été démontré plus haut, et il sera expliqué plus loin sur le plan biologique, que la relation d'allométrie est liée au régime pluviométrique. Le fait qu'il n'y ait pas de liaison entre cette relation d'allométrie et le régime de la « nappe » tel que nous l'avons mesuré, ne signifie évidemment pas que cette relation d'allométrie ne dépend pas du régime pédoclimatique, ce qui est évidemment impossible puisque ce dernier dépend du régime pluviométrique, mais bien plutôt que notre mesure (P' — P) n'est pas représentative du régime pédoclimatique. Tout ceci confirme la thèse de J. GELPE sur l'existence de deux nappes superposées plus ou moins indépendantes, et sur la nécessité, pour évaluer le régime pédoclimatique par la voie indirecte de la mesure du régime des nappes, d'être capable de déceler dans un sol la présence, la fréquence et l'amplitude des variations d'une nappe superficielle temporaire.

Nous rappellerons également qu'une forêt est soumise au climat non seulement par l'intermédiaire du pédoclimat, mais également (cf. AUSSENAC, 1968) par contact direct de ses parties aériennes avec lui.

Pour conclure sur le plan théorique de tout ce qui précède, nous dirons donc que la relation d'allométrie ne semble pas dépendre du pédoclimat, tout au moins dans ses caractéristiques non dynamiques.

3.42. Relations d'allométrie et régime pluviométrique.

La liaison entre E et X_4 est représentée par les équations suivantes :

— pour les landes seules :

$$E = - 0,001220 X_4 + 0,08930$$

— pour l'ensemble landes-dunes :

$$E = - 0,001388 X_4 + 0,10733$$

En ce qui concerne l'équation $E = f(X_4)$ valable pour les landes seules, nous avons vérifié qu'elle était bien, tout comme l'équation globale valable pour l'ensemble de nos placettes, une forme synthétique de la relation $E = f(X_3 = \text{pluviosité d'automne} ; X_2 = \text{pluviosité de printemps})$.

Les coefficients de corrélation des deux équations $E = f(X_4)$ sont respectivement de $- 0,373$ et de $- 0,401$. L'intensité du phénomène de liaison (dérivée de l'équa-

tion) est pratiquement la même dans les deux cas et son amplitude est plus grande dans le deuxième cas, où interviennent les régimes pluviométriques les plus faibles de la zone littorale.

L'estimation de E pour les dunes par l'ajustement $E = f(X_4)$ relatif aux landes n'est biaisé que d'une valeur $-0,037$ égale au tiers de l'amplitude globale du phénomène de liaison avec le climat ; cette procédure d'estimation permet de rendre compte de la moitié de l'écart existant préalablement (cf. N. DECOURT et B. LEMOINE, 1969) entre les dunes et les landes.

Nous concluons donc que *la variation de relation d'allométrie due à la distinction dunes-landes fait partie d'un contexte plus large de variations liées aux variations climatiques.*

En ce qui concerne le résidu de l'écart, non expliqué par les variables climatiques, entre les dunes et les landes, il ne semble pas que le sylviculteur en soit responsable, car ce « biais résiduel » existe aussi bien dans la dune privée que dans la dune domaniale ; nous pensons que l'hypothèse la plus compatible avec les résultats de ce travail est que, ou bien il existe une interaction de la variable « dune » sur la liaison avec les variables climatiques, ou bien le régime pluviométrique n'est qu'une évaluation incomplète du régime hydrique de la « station dunes », où l'humidité atmosphérique de cette zone littorale semble jouer un grand rôle (nous retombons sur le problème des mesures que nous avons souligné plus haut dans l'étude consacrée au pédoclimat). Nous essayerons de répondre à la question lorsque nous disposerons de plus d'informations sur le sujet. Il n'est pas interdit, du reste, de penser que d'une manière générale nous ne puissions trouver de groupements de placettes de Landes, effectués suivant des critères bien définis, s'écartant de la relation moyenne $E = f(X_4)$ autant que s'en écarte le groupement plus évident des placettes de dunes.

Nous rendrons compte de la liaison entre la relation d'allométrie et le climat par l'équation $E = f(X_4)$ valable pour l'ensemble de nos placettes de dunes et de landes. Sa droite représentative ainsi que ses intervalles de confiance sont reportés sur la figure 7.

Nous allons essayer maintenant de trouver une justification biologique de l'existence de cette liaison. Reportons-nous pour ce faire aux pages 197 à 202 de l'ouvrage de T. T. KOZŁOWSKI intitulé « Water metabolism in plants » (1964). On sait que :

— La croissance des arbres est en moyenne plus contrôlée par les disponibilités en eau que par tous les autres facteurs de l'environnement.

— Croissance en hauteur et croissance en diamètre ne « répondent » pas de la même manière aux variations dans le temps des disponibilités en eau du milieu. La première a un temps de réponse beaucoup plus long que la seconde, car elle utilise les réserves de la plante en hydrates de carbone.

— Croissance en hauteur et croissance en diamètre n'ont pas le même rythme annuel, la première débutant et se terminant beaucoup plus tôt dans l'année que la seconde.

— La croissance en hauteur d'une année est influencée par les conditions de l'année précédente dans les régions où l'eau ne fait pas défaut à la plante au printemps, mais peut être, à l'inverse, influencée par la pluviosité de l'année présente dans les régions à fort déficit en eau au printemps.

Revenons au Pin maritime dans notre région. Les mesures de rythme de croissance effectuées sur des tests de descendance de la Station d'amélioration génétique du Pin maritime de Bordeaux montrent que cette essence dans les landes de Gascogne ne faillit pas à la loi générale : au 31 juillet, la hauteur a effectué 90 % de son accroissement annuel, le diamètre seulement 72 % ; d'autre part, les sols des landes de Gascogne ont une capacité de rétention faible. Il n'est donc pas inconcevable que l'accroissement

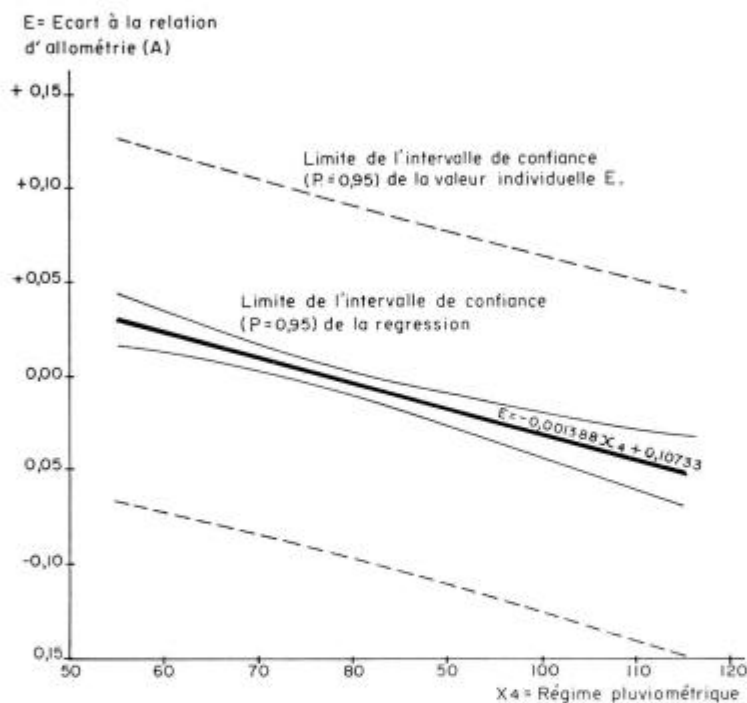


FIG. 7. — Relation d'allométrie et régime pluviométrique : liaison entre l'écart (E) à la relation (A) et le régime pluviométrique

en hauteur d'une année soit conditionné, tout au moins partiellement, par la pluviosité de printemps de la même année. Ces constatations concordent avec le fait d'ordre dendrométrique mis en évidence dans le présent travail, à savoir que la relation d'allométrie représentative de la liaison entre le volume de la tige moyenne du peuplement et sa hauteur dépend de la distribution relative des pluies dans l'année pendant la période de végétation. Ceci éclaire également le fait que le pédoclimat, considéré dans ses caractéristiques non dynamiques, n'influence pas la relation d'allométrie.

La dernière question que nous nous poserons est celle-ci : le coefficient b d'allométrie est-il stable vis-à-vis du régime climatique ? Le tableau 5 montre les caractéristiques des relations d'allométrie calculées pour quatre classes de régime pluviométrique X_4 : le coefficient b semble varier en sens inverse de X_4 . La figure 8, où sont tracées les

TABLEAU 5

Relations d'allométrie et régime pluviométrique. Caractéristiques des relations d'allométrie
 $\log V_{\bar{g}} = \log a + b \log H_{\bar{g}} + c s \%$ obtenues pour différentes classes du régime pluviométrique

Classes du régime pluviométrique X_4	Nombre d'observations	Degré de signification (1) concernant les variables introduites successivement		Valeurs des (R ²) Ajustement à		Equations de régression (Relations d'allométrie)
		log $H_{\bar{g}}$	s %	log $H_{\bar{g}}$	log $H_{\bar{g}}$ et s %	
55 à 65	35	***	***	0,9730	0,9846	$\log V_{\bar{g}} = 3,451 \log H_{\bar{g}} + 0,013204$ s % — 5,43243
70 à 80	86	***	***	0,9711	0,9855	$\log V_{\bar{g}} = 3,421 \log H_{\bar{g}} + 0,012081$ s % — 5,36862
85 à 95	28	***	***	0,9816	0,9903	$\log V_{\bar{g}} = 3,415 \log H_{\bar{g}} + 0,012660$ s % — 5,40745
100 à 105	29	***	***	0,9874	0,9934	$\log V_{\bar{g}} = 3,333 \log H_{\bar{g}} + 0,012571$ s % — 5,23382

(1) Probabilité du test t : (*) = 0,10 ; * = 0,05 ; * (*) = 0,02 ; ** = 0,01 ; *** = 0,001.

droites représentatives de ces quatre relations montre que si il y a variation, elle est faible ; l'existence d'un faisceau de droites non parallèles n'est pas bien évidente. Nous différons néanmoins la réponse à apporter à cette question, attendant de disposer de plus de données.

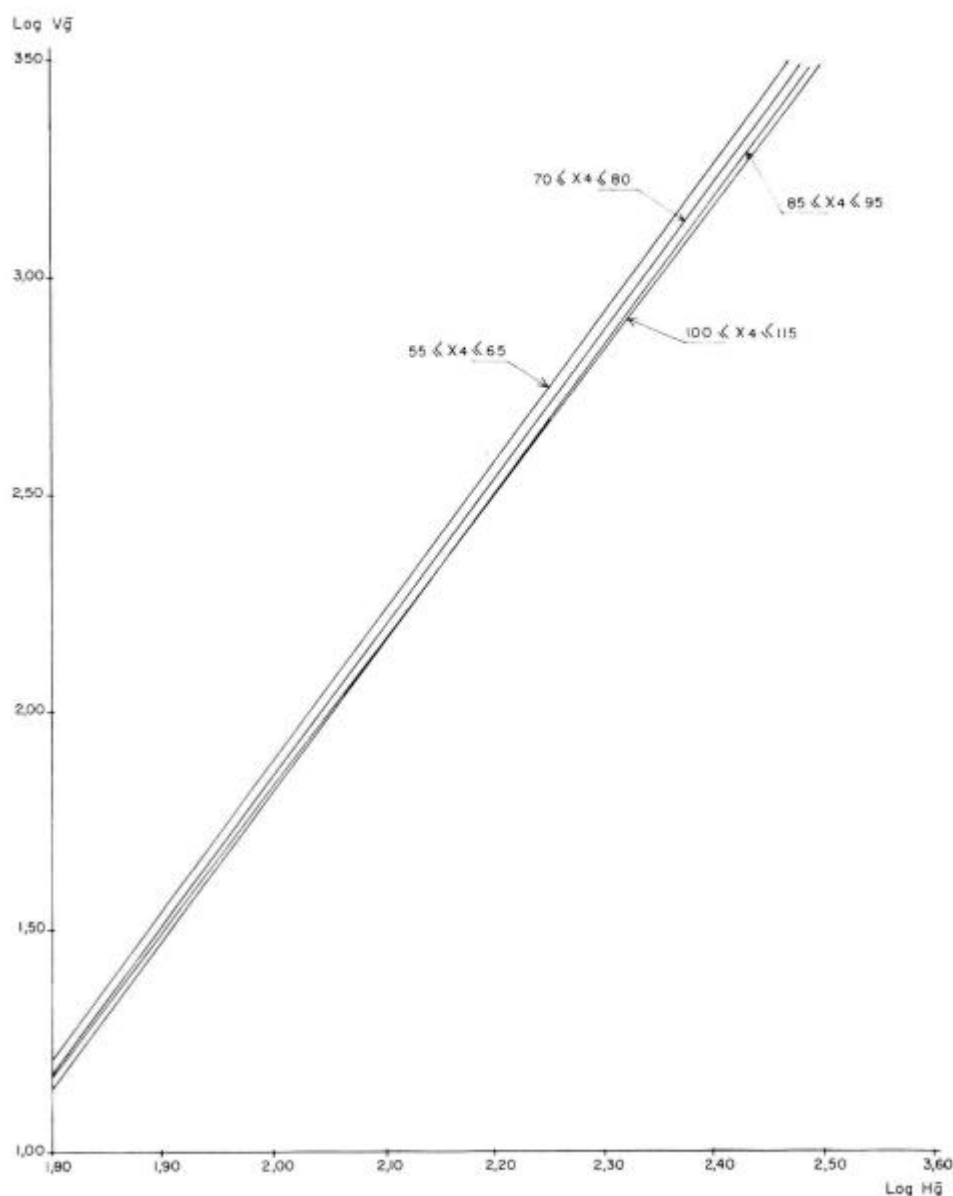


FIG. 8. — Relation d'allométrie et régime pluviométrique : relations d'allométrie pour 4 classes du régime pluviométrique (X_4) et pour $S \% = 32$ (pour tracer chacune de ces droites on a égalé à 32 la valeur de $S \%$ dans chacune des équations du tableau 5)

Notre conclusion sur le plan théorique est que la relation d'allométrie dépend du climat. Cette dépendance pressentie par SCHÖBER (1955) à l'échelle de l'Europe occidentale pour d'autres essences, se retrouve pour le Pin maritime à l'intérieur d'une région équivalente en superficie à trois départements français, les landes de Gascogne, dont les sols sont homogènes mais les régimes climatiques très variables. Mais cette dépendance vis-à-vis du climat est-elle directe ou indirecte? En d'autres termes, ces variations de relation d'allométrie sont-elles inscrites dans le patrimoine génétique par le jeu d'une pression de sélection (variations génécologiques). Les tests de descendance de la Station d'amélioration génétique du Pin maritime de Bordeaux permettront vraisemblablement de résoudre le problème d'ici quelques années. Nous croyons que l'on doit se poser également la question concernant les autres facteurs de l'environnement, nous pensons en particulier aux « facteurs sols » : pour répondre à la question, il n'est pas douteux que les expériences de fertilisation mises en place par nos collègues pédologues constitueront d'ici quelques années un matériel de choix.

Ces futures études de croissance relative, si elles sont d'un intérêt indéniable sur le plan biologique, ainsi que le souligne A. NANSON (1964), seront nécessaires sur le plan pratique : le dendrométricien aura dans l'avenir à construire de nouvelles tables de production concernant des « provenances sélectionnées » mises en place pour la production intensive de bois, dans un « milieu lui-même amélioré » (fertilisation, drainage).

3.43. *Conséquences pratiques.*

La variation d'ordre géographique (distinction dunes-landes) de la relation d'allométrie fait donc partie d'un cadre plus large de variations liées aux variations régionales du climat. Au même titre que nous avons construit (N. DECOURT et B. LEMOINE, 1969) deux tables de production distinctes, une pour les dunes et une pour les landes, il est donc possible de construire un jeu de tables régionales, chacune de ces tables étant applicable à une zone climatique déterminée. Est-ce souhaitable et utile? D'après les résultats de la présente étude, la valeur du volume V_g serait, à hauteur H_g égale, dans la zone la plus atlantique ($X_4 =$ régime pluviométrique = 55 %), supérieure de 20 % à ce qu'elle est dans la zone la plus continentale ($X_4 = 115$ %). La question est pour nous de préciser cette différence, car comme on le voit sur la figure 8, les intervalles de confiance de la régression $E = f(X_4)$ sont « lâches ». Etant donné que les valeurs H_g et V_g sont appréciées chacune avec des erreurs dont on ne sait dans quelle mesure elles sont liées entre elles, il se peut que, du seul fait de redoubler ces mesures quatre ans après les premières sur ces mêmes peuplements, il se produise une compensation totale ou partielle des erreurs dans l'appréciation de la taille relative de V_g par rapport à H_g . Cependant, il est fort probable que par cette seule méthode nous ne puissions réduire à un niveau très bas cette erreur d'appréciation. En effet, il est possible que la relation d'allométrie étudiée soit sous la dépendance de nombreux facteurs, dont le plus important, et de beaucoup, est vraisemblablement la manière avec laquelle le sylviculteur a conduit le peuplement ; il est, bien entendu, impossible de contrôler ce facteur, dont la variabilité permet vraisemblablement d'expliquer pourquoi les intervalles de confiance de la régression $E = f(X_4)$ sont si larges.

IV. — CONCLUSIONS

Sur le plan théorique, en ne considérant parmi les critères de la station que ses caractéristiques climatiques et pédoclimatiques, nous pouvons conclure que la relation d'allométrie de croissance et de taille représentative de la liaison entre le volume et la hauteur de la tige moyenne du peuplement est fonction seulement de la répartition relative des pluies pendant la saison de végétation, et vraisemblablement aussi, par voie de conséquence, du régime pédoclimatique. Cette dépendance statistique peut être interprétée biologiquement comme étant une conséquence du fait que le rythme annuel de croissance en hauteur se déroule plus précocement que le rythme annuel de croissance en diamètre.

Les variations géographiques de cette relation d'allométrie étant importantes, il convient donc, sur le plan pratique, de construire des tables de production régionales, chacune de ces tables étant applicable à une zone climatique déterminée.

Reçu pour publication en octobre 1969.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier :

- MM. G. ILLY, Maître de Recherches, et J.-Ph. CASTAING, Ingénieur, dont les études sur les rythmes de croissance m'ont permis de comparer les cycles d'accroissements en hauteur et en diamètre du Pin maritime.
- M. J. GELPE, Ingénieur pédologue, qui m'a fait bénéficier de sa grande connaissance du milieu landais.
- M. BAUDRY, de l'Office national de Météorologie, qui m'a fourni les cartes d'insolation m'ayant permis de caractériser les Stations.

Tous ceux qui ont collaboré avec nous, techniciens et secrétaires, et tout particulièrement M. COMIN-QUILEZ, qui a eu la charge des longs et fastidieux calculs et des dessins.

SUMMARY

PINUS PINASTER IN THE « LANDES DE GASCOGNE ».

STUDY OF THE ALLOMETRIC RELATIONS, CONCERNING THE VOLUME OF THE STANDS, IN CONNECTION WITH SOME CHARACTERISTICS OF THE STATION

This study has been undertaken with the object of knowing whether the Allometric Relation, representative of the relation between the volume \bar{V}_g and the height \bar{H}_g of the mean stem of the stand, depends upon climatic and pedoclimatic characteristics of the Station.

In order to be able to compute by the statistic way (linear regressions) the Allometric relation $\bar{V}_g = a \bar{H}_g^b$ we have considered it in its logarithmic form :

$$\log \bar{V}_g = \log a + b \log \bar{H}_g$$

The *Pinus pinaster* studied stands revealing themselves to have very variable densities (calculated in number of stems in comparison with the mean height by the use of the Hart-Becking's spacing factor s %), we have taken into consideration for this study a transformed relation which was computed by the multiple regressions method :

$$\log \sqrt{Vg} = \log a + b \log Hg + c s \% \quad (A);$$

that is just in order to eliminate the density effect upon the relative dimension of \sqrt{Vg} in comparison with Hg .

Then, arranging our data into eight classes of SITE INDEX, we have computed the eight corresponding relations (A) which can be considered « Allometric of growth » relations. The variations of the relation (A) not being imputable to the variations of SITE INDEX, our conclude is that *it exists a single and same « Allometric of growth and dimension » relation.*

Then, we have examined by the statistical way whether the variations of the Allometric relation (A) were depending of any climatic and pedoclimatic variables. These variables are nine. We perceived that the variations of the Allometric relation were in a statistical dependance, at one and the same time very significant and likely to receive an biologic interpretation, only with the relative distribution of the rainfalls during the vegetation period. This statistical dependance can be interpreted as being a result of the fact that the annual rythm of height growth is being earlier effected than the annual rythm of diameter growth (at 31 July the height has done 90 % of its annual increment, the diameter only 70 %).

It is established that, in the most atlantic area, where the autumn rainfalls are double of the spring rainfalls, the mean stem of the stand has, at equal height, a volume which is greater of 20 % than the volume of the most continental area, where the autumn rainfalls are equal to the spring rainfalls.

Therefore, it suits to compute regional Yield Tables, and every of these Tables will be applicable to a definite climatic area.

ZUSAMMENFASSUNG

DIE SEESTRANDKIEFER IN DEN « LANDES DE GASCOGNE » :

UNTERSUCHUNG VON ALLOMETRISCHEN FUNKTIONEN,

DIE BESTANDESMASSE IN ABHÄNGIGKEIT VERSCHIEDENER STANDORT-FAKTOREN

In der vorliegenden Arbeit soll gezeigt werden, ob die repräsentative Allometriefunktion welche die Beziehung zwischen dem Volumen und der Höhe des Kreisflächenmittelstammes zum Ausdruck bringt, von verschiedenen klimatischen und pedoklimatischen Faktoren des Standortes abhängig ist.

Um die Allometriefunktion $\sqrt{Vg} = a Hg^b$ leichter statistisch brechnen zu können, wurde sie in ihre logarithmische Form umgeschrieben :

$$(\log \sqrt{Vg} = \log a + b \log Hg)$$

Die untersuchten Bestände der Seestrandkiefer haben sehr verschiedene Stammzahlen, welche bei den Berechnungen berücksichtigt werden müssen. Der Einfluss der Bestandesdichte auf das Volumen des Bestandesmittelstammes wurde ausgeschaltet durch die Einbeziehung einer zusätzlichen Variablen (prozentischer Standraumfaktor von HART-BECKING) in die multiple Regressionsgleichung :

$$\log \sqrt{Vg} = \log a + b \log Hg + c s \% \dots\dots\dots (A)$$

Die Bestände wurden in acht Klassen gleicher Bonität (Site Index) zusammengefasst und für jede Klasse die obige Gleichung (A) berechnet, welche man als allometrische Wachstumsfunktion bezeichnen kann. Da die Variationen der Gleichung (A) nicht auf Bonitätsunterschiede zurückzuführen sind, wurde auf das Bestehen *einer einzigen und gleichen Allometriefunktion des Wachstums und der Masse* geschlossen.

Im weiteren wurde untersucht, ob die Variationen der Allometriefunktion (A) von verschiedenen klimatischen und pedoklimatischen Faktoren beeinflusst werden. Unter den neun geprüften Faktoren hatte nur ein Einziger (Relative Verteilung der Niederschläge in der Vegetationsperiode) einen statistisch hochsignifikanten Einfluss, welcher auch biologisch durch die Phasenverschiebung zwischen dem Ablauf des Höhen und Dickenwachstums interpretiert werden kann. Es zeigt sich nämlich, dass am 31.7 bereits 90 % des jährlichen Höhenwachstums erreicht werden, während zu dem gleichen Termin erst 70 % des jährlichen Dickenwachstums erfolgen.

Im sehr stark atlantisch beeinflussten Gebiet — die Herbstniederschläge betragen hier das Doppelte der Frühjahrsniederschläge — haben die Kreisflächenmittelstämme bei gleicher Höhe eine um 20 % grössere Masse als in einem etwas kontinentaleren Gebiet, wo sich Herbst und Frühjahrsniederschläge die Waage halten.

Es scheint daher angebracht, für jedes Klimagebiet eine eigene Ertragstafel aufzustellen.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSMAN E., 1955. « Die Bedeutung des erweiterten Eichhorn'schen Gesetzes für die Konstruktion von Fichten - Ertragstafeln ». *Forstwiss. Centralblatt.*, 321-330.
- AUBERT G., BOULAIN J., 1967. *La Pédologie*. 128. « Que sais-je ? », P.U.F.
- AUSSENAC G., 1968. Interceptions des précipitations par le couvert forestier. *Ann. Sci. forest.*, **25**, (3), 135-156.
- BECKING J. M., 1953. Einige Gesichtspunkte für die Durchführung von vergleichenden Durchforschungsversuchen in gleichältrigen Beständen. *Rap. 11^e Cong. I.U.F.R.O.*, Rome, 580-582.
- BERNARD F., 1956. Etablissement d'un tarif de cubage : étude statistique ; quelques résultats pour le Gabon. *Notice stencillée du C.T.F.T., Nogent-sur-Marne*, 36.
- DECOURT N., LEMOINE B., 1969. Tables de Production provisoires pour le Pin maritime dans le Sud-Ouest de la France. *Ann. Sci. forest.*, **26** (1), 3-44.
- DELVAUX J., 1965. Mélèze du Japon en Belgique. Production de 18 parcelles permanentes — 28. *Trav. Stn. Rech. Eaux et Forêts Groenendal, Série B*, (31).
- FRESE F., 1964. Linear regression methods for Forest Research. 138. *U.S. Forest Serv. Res. Paper*, **17**.
- GELPE J., 1967. Relation entre les nappes, l'état hydrique des sols et le développement du Pin maritime. *C.R. 86^e Congr. A.F.A.S.*, Bordeaux.
- GUINAUDEAU J., 1964. La Forêt landaise. 39. *Publ. Stn. Rech. forest. Bordeaux*.
- HUXLEY J. S., TESSIER G., 1936. Zur Terminologie des relativen Grössenwachstums. *Biol. Zbl.*, **56**, 381-383.
- JAMAGNE M., 1967. Bases et techniques d'une cartographie des sols. *Ann. Agron.*, **18**, 142.
- LANLY J.-P., 1966. Un inventaire forestier en République Centrafricaine. *Bois Forêts Trop.*, (105), 33-56.
- LEMOINE B., 1963. « Sylviculture, Production et Rentabilité du Pin sylvestre dans les placettes d'expériences de la forêt de Roumare ». *Ann. Ec. nation. Eaux et Forêts*, **20**, (2), 233-288.
- MEYER H. A., 1957. Forest Mensuration. 357. *Penns Valley Publishers*.
- Ministère de l'Agriculture 1947 et 1948. Les Landes de Gascogne. *C.R. sommaire des Etudes et Travaux effectués en application de l'Ordonnance du 28 avril 1945*. Imp. Doulaudore, Toulouse.
- NANSON A., 1964. Données complémentaires au sujet de l'expérience internationale sur l'origine des graines d'Epicéa en Belgique. 38. *Trav. Stn. Rech. Eaux et Forêts Groenendal, Série B*, (28).
- PARDE J., 1961 a. Dendrométrie. 350. *Imp. Louis Jean. Gap*.
- PARDE J., 1961 b. Comment préciser l'intensité d'une éclaircie. *Rev. forest. Fr. Août-sept.*, 551-557.
- PRODAN M., 1965. *Hölmesslehre*. 644. J.O. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main.
- SCHÖBER R., 1955. Die Ertragsleistung der Nadelhölzer in Grossbritannien und in Deutschland. *Forstwiss. Centralblatt.*, (1) et (2), 1-64.
- STOFFELS A., 1953. De Inhoudsbepaling van Grovedennen. Opstanden met behulp van standaardkrommen. *Nederlandsch. Boschbouw Tijdschrift*, février 1953, 29-42.
- TESSIER G., 1948. La relation d'Alométrie : sa signification statistique et biologique. *Biométries*, **4**, (1), 14-53.
- TOMASSONE R., 1965. L'analyse des composantes principales. *Note scientifique n° 1 Stn. Biom. C.N.R.F.*, Nancy.