

## PREMIERS RÉSULTATS D'UNE EXPÉRIENCE CLINALE D'ESPACEMENT AVEC *POPULUS TRICHOCARPA*

N. DECOURT et M. LEMOINE

avec la collaboration technique de H. DUVAL et A. TISSERAND

*Station de Sylviculture et de Production  
Station d'Amélioration des Arbres forestiers  
Centre national de Recherche forestières, I.N.R.A.,  
Champenoux 54280 Seichamps*

### RÉSUMÉ

On a utilisé un dispositif décrit par NELDER faisant varier progressivement l'espacement de 1,00 m à 5,96 m en 9 niveaux (fig. 1).

Ce dispositif permet d'étudier les effets positifs ou négatifs de l'espacement pendant les premières années sur la croissance en hauteur et sur la croissance en circonférence (fig. 2, 3, 4).

### 1. — DISPOSITIF UTILISÉ

Le dispositif a pour but l'étude des effets de l'espacement à la plantation sur la croissance du clone « Fritzi Pauley » (*Populus trichocarpa*).

On utilise un dispositif clinal, décrit par NELDER J. A. (1962) et par CHACKO V.-J. (1965) et déjà employé en France par ILLY G. et LEMOINE B. (1970) pour le Pin maritime.

Les avantages et les inconvénients comparés des dispositifs classiques (en blocs ou en carré latin, avec espacements constants dans chaque parcelle unitaire) et des dispositifs clinaux ont fait l'objet d'une note à laquelle on pourra se reporter pour plus de détail (DECOURT, 1970).

Les plants sont disposés, comme le montre la figure 1 sur des cercles de rayons  $r_i$ , croissant de façon régulière :

$$r_i = k r_{i-1} = k^2 r_{i-2} \dots \dots \dots k = 1,25$$

Il y a 24 plants régulièrement espacés sur chaque cercle (*angle au centre* : 15°).

Tout plant d'un même cercle  $i$  se trouve donc dans des conditions de compétition identiques séparé de ses 6 voisins immédiats par les distances  $a_i$ ,  $c_i$ ,  $b_i$ . Si ces distances sont suffisamment voisines, l'hexagone formé par les 6 voisins est assez régulier. On a ici :

$$\frac{a_i}{b_i} = \frac{c_i}{a_i} \neq 0,9$$

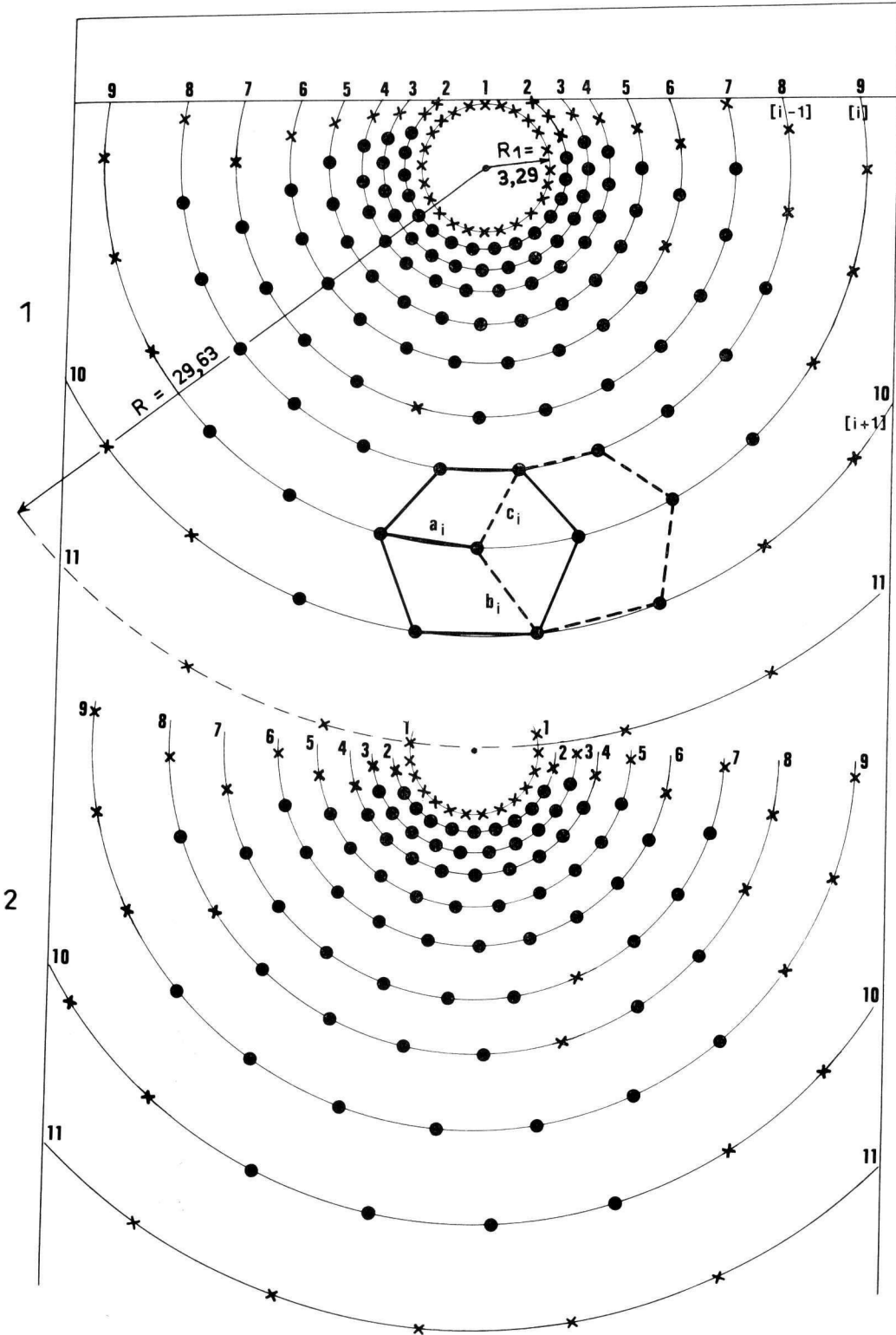


FIG. 1. — Plan du dispositif expérimental  
 Scheme of the experimental design.

L'espacement moyen  $a_1$  possède la même loi d'accroissement que les rayons  $r_1$ .

On assure donc une décroissance exponentielle du nombre de tiges théoriques à l'hectare correspondant aux conditions de croissance des espacements successifs :

n° du cercle	Zone 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Zone 11
Espacement moyen : a (m)	0,80	1,00	1,25	1,56	1,95	2,44	3,05	3,82	4,77	5,96	7,45

Le premier cercle, ainsi que le dernier, sont considérés comme des zones de protection et ne donne pas lieu à mesure.

Il n'y a, faute de place, que deux répétitions au dispositif de base. Ce nombre de répétition est, évidemment, trop faible pour éviter le danger d'erreur d'interprétation lié au fait, qu'aux faibles espacements, tous les plants sont confinés sur un espace réduit, alors que le champ d'expérience (plus ou moins homogène) est mieux exploré par les plants à fort espacement.

Le dispositif se trouve à Amance, près de Nancy, à l'altitude de 240 m sur une parcelle à pente Sud faible. Il s'agit d'une ancienne prairie sur argile de décalcification, labourée, mais non fertilisée avant plantation.

Par suite de l'excès d'humidité, à l'extrémité de la deuxième répétition, les lignes 10 et 11 n'ont pu être labourées. C'est pourquoi dans les résultats, nous ne tiendrons compte que des espacements 2 à 8. Les résultats des espacements 9 et 10 de la première répétition ne sont d'ailleurs pas différents significativement des résultats de l'espacement 8 pour les 6 premières années d'observations.

Avant la plantation, les plants obtenus en pépinière ont été triés de façon que chaque arc de cercle reçoive le même échantillon de plants : les moyennes de hauteur et de circonférence à 0,5 m ne différaient pas significativement d'un cercle à l'autre. Les plants (tige d'un an, racines de 3 ans) ont été installés du 8 au 10 avril 1968 et mesurés en hauteur totale et en circonférence à 1,30 m chaque année après l'arrêt de la végétation.

## 2. — RÉSULTATS

Plusieurs plants morts pendant les deux premières années ont été remplacés, afin de conserver un dispositif complet, 4 seulement figurent dans la partie expérimentale; nous n'avons pas tenu compte de leurs mesures dans les calculs.

Les observations annuelles ont été exploitées en blocs complets et les moyennes sont inscrites dans la figure 2 pour la hauteur et la circonférence. Les espacements reliés par un trait ne sont pas significativement différents au seuil de 5 % (test de Duncan).

Après un an de plantation, il n'existe de différence entre les espacements ni pour la hauteur, ni pour la circonférence.

Nous réserverons les termes de concurrence et de coopération à des interactions entre voisins différents, par exemple plus ou moins aptes à exploiter le milieu. Dans le cas de la réaction globale des plants à des conditions contrôlées d'espacement, nous parlerons plutôt d'un *effet positif* de la densité si la croissance de tous les plants est stimulée lorsque la densité est plus grande et d'un *effet négatif* dans le cas d'une réduction de la croissance.

Ce sont ces effets positifs ou négatifs sur la croissance en hauteur ou en circonférence dont nous rendons compte ci-dessous.

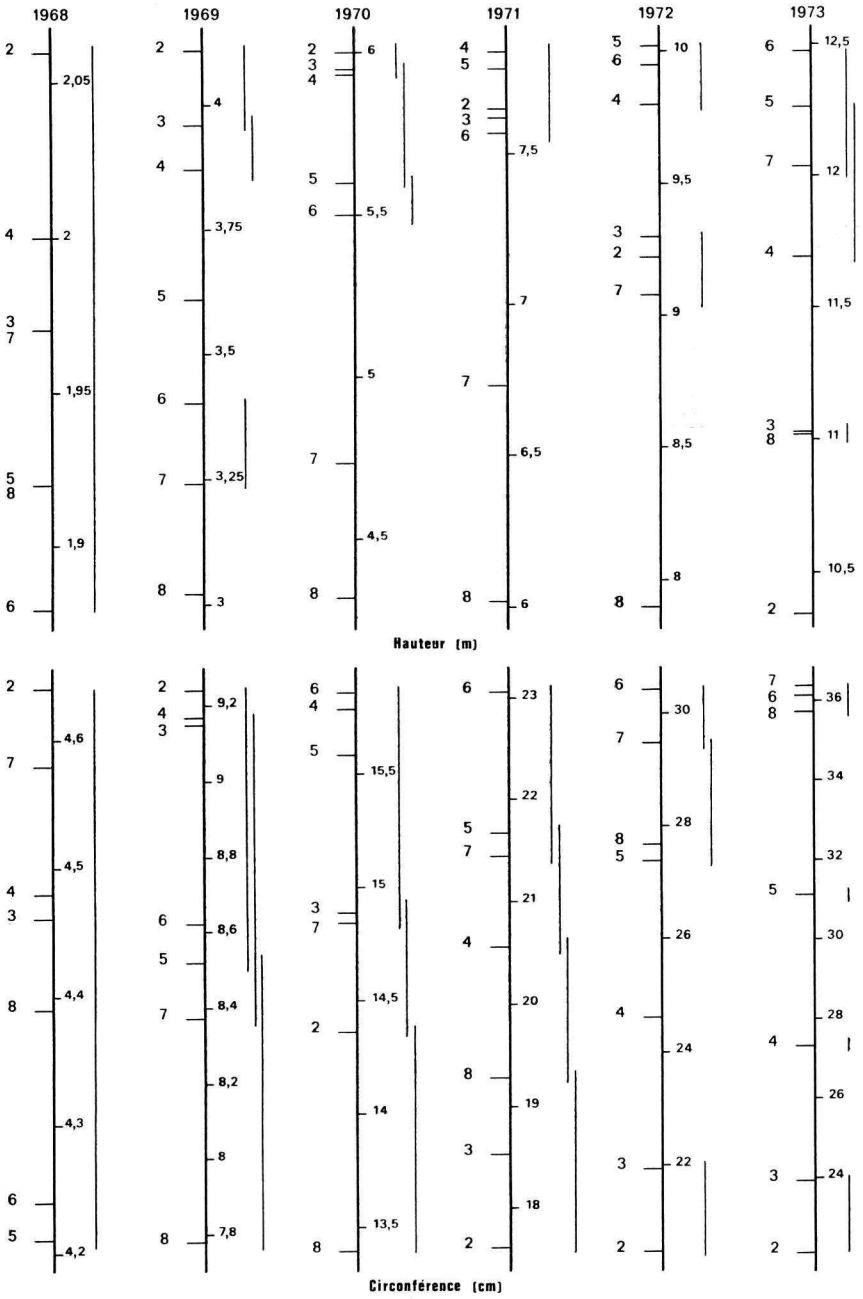


FIG. 2. — Classement en hauteur et en circonférence de 1968 à 1973  
 Classification in height and circumference from 1968 to 1973

### 2.1. — Hauteur

On remarque, à 2 ans, un classement décroissant pour la hauteur des densités les plus élevées vers les densités les plus faibles; il y a déjà plus d'un mètre d'écart en hauteur entre les espacements 2 (1,25 m) et 8 (3,82 m). Puis, les deux années suivantes, on note un regroupement des espacements 2 à 6 qui ont des hauteurs voisines, tandis que les plants des espacements 7 et 8 sont nettement plus petits. A 5 ans, ce sont les espacements 4 à 6 qui sont les meilleurs; les plants des densités les plus fortes sont significativement plus petits; la densité la plus faible voit augmenter son écart par rapport aux autres. A 6 ans, ce sont les plants de l'espacement 2 qui sont les moins grands, l'effet négatif de la densité y est déjà intense, alors que les espacements 7 et 8 tendent à rattraper leur retard; il y a progressivement, depuis 1969, un renversement de la hauteur en faveur des densités les plus faibles.

Afin de diminuer l'effet des variations annuelles des conditions climatiques, on a estimé la longueur de la pousse de chaque année par rapport à la moyenne des 7 espacements (figure 3). On retrouve les résultats énoncés pour la hauteur, mais on observe pour la croissance en hauteur que l'inversion du classement des espacements est complète en 1973 par rapport à 1969. On constate que, par rapport à la moyenne annuelle des espacements, la longueur moyenne des pousses des densités les plus fortes (2 et 3) décroît continuellement, alors que celle des densités les plus faibles (7 et 8) augmente. Les densités intermédiaires montrent un maximum qui se déplace vers la droite quand l'espacement augmente.

Ces résultats permettent de mettre en évidence deux types de comportement des plants suivant la densité de plantation dans la station boisée : *une phase à effet positif de la densité précède une phase à effet négatif*. En effet, on peut considérer que pendant ces 6 premières années, les plants de l'espacement 8 (3,82 m) disposent encore assez d'espace pour ne pas se gêner. D'ailleurs, à cet espacement, les branches des plants voisines ne se rejoignent pas encore à 6 ans. Tout se passe comme si les plants des autres espacements qui ont eu une croissance en hauteur supérieure à la sienne s'étaient aidés mutuellement à installer plus rapidement leur système racinaire : c'est la phase positive; elle est très nette pour les espacements :

2 à 6 en 1969 et 1970,

5 à 7 en 1971,

6 et 7 en 1972.

Par contre, dès 5 ans, pour les espacements 2 et 3 et à 6 ans pour les espacements 4 à 6, les phénomènes d'effet négatif sont mis nettement en évidence. La longueur de la pousse annuelle n'est plus que de 1,12 m pour l'espacement 2 (1,00 m), alors qu'elle est de 3,12 pour l'espacement 8 (3,81 m).

### 2.2. — Circonférence

Si on se reporte à la figure 2 pour examiner les résultats des mesures de circonférence, on observe une évolution différente de celle analysée pour la hauteur. Les différences entre les espacements apparaissent plus lentement, et la circonférence de l'espacement 2 est dès

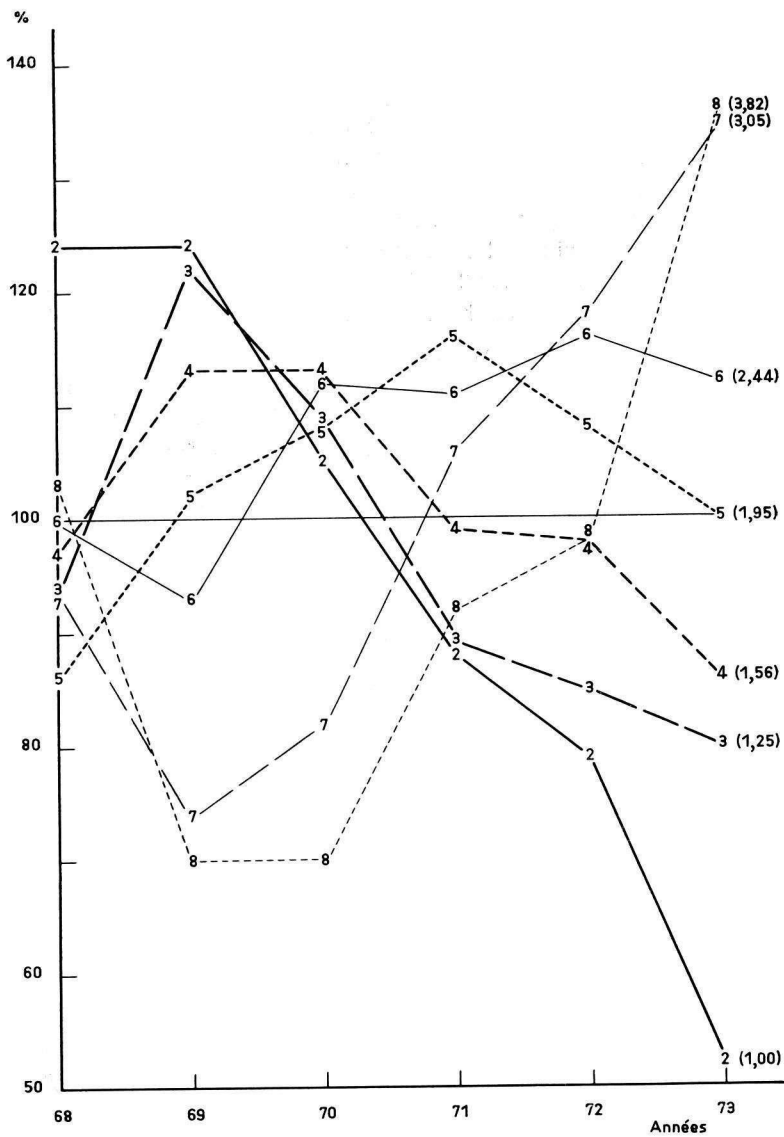


FIG. 3. — Croissance annuelle en hauteur par rapport à la valeur moyenne des 7 espacements  
 Yearly growth in height compared to the average of the seven spaces

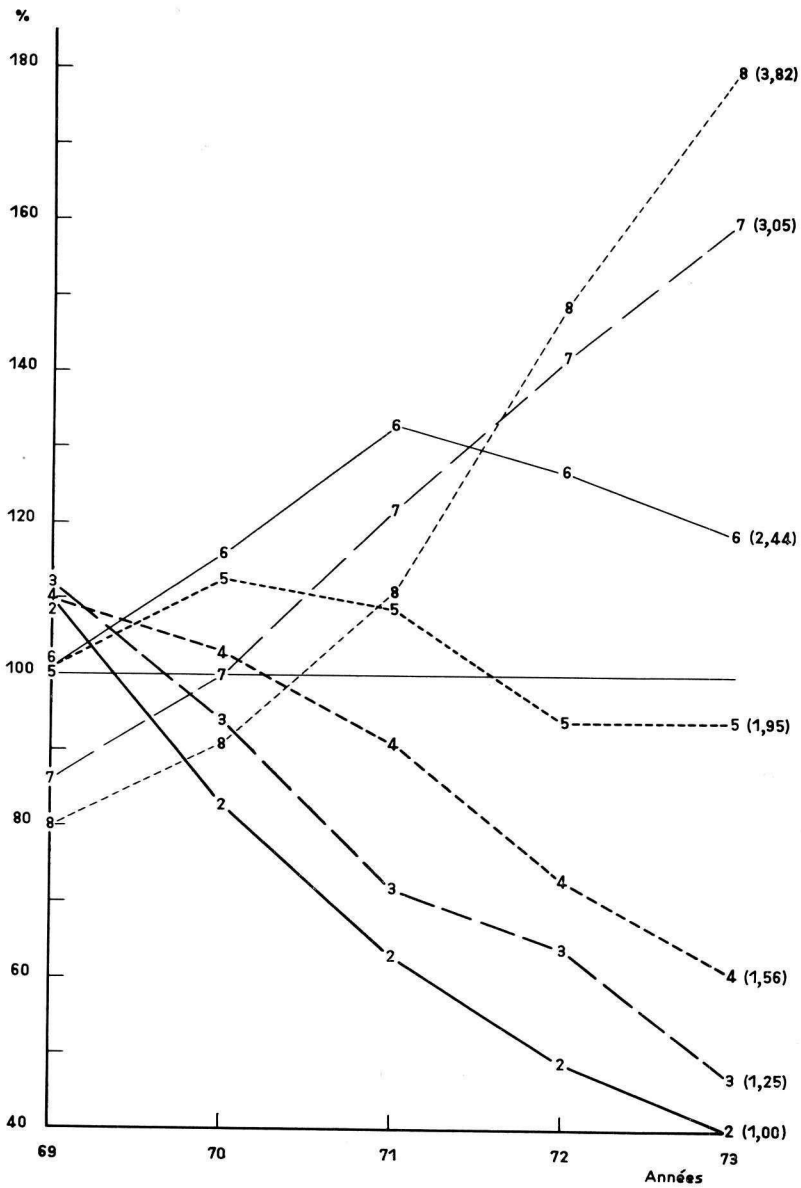


FIG. 4. — Croissance annuelle en circonférence par rapport à la valeur moyenne des 7 espacements  
 Yearly growth in circumference compared to the average of the seven spaces

3 ans, significativement inférieure à celle des espacements 4, 5 et 6, alors que cette différence n'est apparue qu'à 5 ans pour la hauteur. Alors que l'espacement 4 (1,95 m) a une circonférence équivalente à celle de l'espacement 6 (3,05) à 3 ans, elle lui est déjà significativement plus faible à 4 ans. A l'inverse, l'espacement 8, qui a la circonférence la plus faible à 3 ans, progresse dans le classement d'année en année et a la même circonférence que les espacement 6 et 7 à 6 ans, alors qu'il a une hauteur significativement moins élevée qu'eux.

Ces différences entre la croissance en hauteur et en circonférence sont explicitées en comparant les figures 3 et 4 (la figure 4 représente la variation de la croissance annuelle en circonférence par rapport à la valeur moyenne des 7 espacements). *Il n'y a pratiquement pas de phase positive dans la croissance en circonférence*, alors que *l'effet négatif* entre en jeu dès 3 ans pour la densité la plus forte. Les courbes pour les faibles espacements sont presque entièrement sous la droite correspondant à la moyenne. Alors que pour la croissance en hauteur, elles sont nettement au-dessus les 1<sup>res</sup> années et l'espacement le plus grand (8) dépasse le niveau 100 seulement à 6 ans, il franchit ce seuil dès 4 ans pour la croissance en circonférence et, à 5 ans, c'est lui qui a la plus forte augmentation en circonférence. On peut donc penser qu'à la 6<sup>e</sup> année, il y a déjà *effet négatif* pour les plants installés à 3,05 m (espacement 7). On observe en fait, que *cet effet* apparaît à peu près un an plus tôt pour la circonférence que pour la hauteur pour les différents espacements.

### 3. — CONCLUSION

Cette expérimentation n'en est encore qu'à sa 6<sup>e</sup> année et il est trop tôt pour tirer des enseignements sur la production en volume et la valeur des produits correspondant à chaque espacement. Mais, il nous fournit déjà un certain nombre de réponses.

Le dispositif de NELDER est certes plus difficile à mettre en place qu'un dispositif en carré ou en rectangle, mais il a l'avantage de placer les plants dans les meilleures conditions pour juger de leurs réactions à diverses densités.

L'effet négatif de la forte densité pour la croissance se manifeste très tôt sur la circonférence; il est précédé d'un effet positif pour la hauteur sur le type de sol de l'expérience, fortement argileux.

L'effet positif peut s'expliquer en partie par le fait que les plants voisins ayant les mêmes caractéristiques génétiques, il n'y a pas d'antagonisme entre eux et on observe que quand un plant est plus petit que ses voisins, il a tendance à faire une pousse annuelle plus longue qu'eux, sauf si l'écart entre eux devient trop important. Cet effet positif sur la hauteur est sans doute de même nature que l'« effet d'abri », mis en évidence par DELVAUX sur *Populus candicans*, un autre peuplier baumier. Par contre, l'effet négatif se manifeste non seulement par une réduction de croissance, mais aussi par un arrêt plus précoce de la croissance. Nous avons pu l'observer pour la croissance en hauteur en pépinière et le confirmer sur cette expérience en mesurant la circonférence une fois par semaine du 18 Août au 29 septembre 1971. La circonférence des espacements 2 et 3 n'a augmenté que de 1,5 et 2 mm et a cessé de croître le 1<sup>er</sup> septembre, tandis que celle de l'espacement 6 a crû de 11 mm et a continué à augmenter jusqu'au 22 septembre. L'effet négatif provient non seulement d'une limitation de croissance du système racinaire, mais aussi d'une réduction de l'importance de la

cime, la première branche verte se situe entre 6 et 7 m de haut à l'espacement de 1 m et à 1,5 m à l'espacement de 3,82 m.

On peut considérer que pour le clône « Fritzi Pauley », il n'y a pas encore d'effet négatif à l'espacement de 2,50 m pour la hauteur et de 3 m pour la circonférence à l'âge de 6 ans. Si ces indications sont insuffisantes pour le populteur dont l'objectif est la fabrication de bois de déroulage, elles sont précieuses pour l'améliorateur qui recherche dans quelles conditions on peut juger précocement des caractéristiques de croissance des peupliers.

Une autre expérience, installée en 1973 par BARTOLI, selon un autre dispositif clinal imaginée par MARCHAL, comporte des espacements de  $5 \times 5$  à  $8 \times 8$  m, il complète notre expérience et permettra de donner des informations aux populteurs pour la culture du « Fritzi Pauley ».

*Reçu pour publication en juin 1974.*

## SUMMARY

### FIRST RESULTS OF A CLINAL SPACING EXPERIMENT WITH *Populus trichocarpa*

The design used was described by NELDER. The spacing is changing gradually from 1,00 m to 5,96 m with 9 levels (fig. 1).

With this design it is possible to study the effects, positives or negatives, of the spacing, during the first years, on the height and circumference growth (fig. 2, 3, 4).

## ZUSAMMENFASSUNG

### ERSTE ERGEBNISSE EINES VERSUCHES MIT KONTINUIERLICHEN PFLANZABSTÄNDEN BEI *Populus trichocarpa*

Die von NELDER beschriebene Versuchsanordnung erlaubt die positiven und negativen Einflüsse verschiedener Pflanzabstände auf das Höhen- und Durchmesserwachstum zu untersuchen (Abb. 2, 3 und 4). Es wurden hierbei Pflanzabstände, welche in 9 Stufen fortlaufend von 1,00 m bis 5,96 m zunehmen verwendet (Abb. 1).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CHACKO V.-J., 1965. — Designs for Forestry spacing and thinning experiments. Advisory Group of Forest Statisticians of the IUFRO, Conférence in Stockholm, sept. 65, paper nb. 5.
- DECOURT N., 1970. — Utilisation des dispositifs clinaux pour l'étude de la compétition dans les peuplements forestiers. V<sup>e</sup> Colloque d'Écologie, mars 70, E.N.S., Paris, 17.
- DELVAUX J., 1967. — Contribution à l'étude de l'éducation des peuplements. Station de Recherches des Eaux et Forêts, Groendaal, Travaux, Série B, n° 33, 59.
- ILLY G., LEMOINE B., 1970. — Densité de peuplement, concurrence et coopération chez le Pin maritime. I. — Premiers résultats d'une expérience à espacement variable. *Ann. Sci. Forest.*, 27 (2), 127-155.
- NELDER J.-A., 1962. — New Kind of systematic Designs for spacing experiments. *Biometrics*, 18, 3, 283-307.