

Photo Delwaille.

*Station de l'Aviation (Niger) — Février 1977 —
Dispositif Nelder avec Neem (Azadirachta indica), Plantation réalisée en 1973.*

PLANTATIONS FORESTIÈRES EN AFRIQUE TROPICALE SÈCHE⁽¹⁾

Techniques et Espèces à utiliser

par J.-C. DELWAULLE
*Ingénieur du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
Chargé de Mission au Centre Technique Forestier Tropical*

(1) Le début de cette étude a été publié dans les nos 181, 182 et 183.

SUMMARY

FORESTRY PLANTATIONS IN DRY TROPICAL AFRICA. TECHNIQUES AND SPECIES TO BE USED

From the second part of the study, which the author has devoted to forestry plantations in dry tropical Africa, we have published here the chapters concerning spacing, staking out and the use of fertilizers.

Owing to the heterogeneity of the soils, the routine compartment devices are not used in dry zones. Other trial protocols have been highly developed such as the Nelder, Marynen and Marchal devices. It can be concluded that recommended spacings vary according to average annual rainfall curves.

Fertilizer tests confirm that boron deficiency is a frequent cause of defective growth in Eucalypts in dry tropical Africa.

RESUMEN

LAS PLANTACIONES FORESTALES EN AFRICA TROPICAL SECA TECNICAS Y ESPECIES A UTILIZAR

De la segunda parte del estudio que el autor ha consagrado a las plantaciones forestales en Africa tropical seca, publicamos aquí los capítulos que se refieren a la distancia, al piqueteado y a la utilización de fertilizantes.

Debido a la heterogeneidad de los suelos, no son experimentados en zona seca los dispositivos convencionales de estudio por parcelas. Han sido perfeccionados otros dispositivos, como, por ejemplo, los de Nelder, de Marynen y de Marchal. Puede llegarse a la conclusión de que las distancias de separación preconizadas varían según las isohietas.

Los ensayos relativos a los fertilizantes confirman que la carencia en boro constituye una causa frecuente de crecimiento defectuoso del eucalipto en Africa tropical seca.

IV. — ÉCARTEMENT

4.1. — INTRODUCTION

Les plantations en zone sahélo-soudanaise étaient, jusqu'à ces dernières années, réalisées classiquement à 3 m × 3 m, ce qui correspond à une densité de 1.110 plants/ha; elles étaient même parfois beaucoup plus serrées, 2 m × 2 m, soit 2.500 pieds/ha et même 1,5 m × 1,5 m, soit 4.444 pieds/ha.

Lorsque l'Eucalyptus fut introduit, on s'aperçut rapidement que la concurrence jouait nettement à des distances aussi rapprochées et les écartements utilisés par la suite furent de 3,5 m × 3,5 m (816 plants/ha) et de 4 m × 4 m (625 plants/ha).

4.2. — IMPORTANCE DE LA CONCURRENT

L'influence de la concurrence entre espèces, en l'absence de concurrence herbacée est généralement ressentie d'une manière intuitive mais, hormis le cas des essais écartement, il est rare de la mettre en évidence à l'occasion d'un essai d'une autre nature.

C'est pourtant ce qui s'est passé en 1970, lors du dépouillement d'un essai comparatif de provenances.

Il s'agissait d'un essai comparatif d'espèces et de provenances utilisant la technique « monoarbre » où les plants sont répartis totalement au hasard sur le terrain; le nombre de répétitions était de 53 et l'écartement de 3,5 m × 3,5 m. Cet essai fut implanté à la Station de l'Aviation (Niger) le 16 juillet 1970 et deux entretiens furent réalisés (au cours et immédiatement à la fin de la saison des pluies).

La mortalité constatée en décembre 1970 (5 mois de plantation) ne pouvait donc être imputée qu'à l'inadaptation aux conditions locales (sol, climat) de certaines espèces ou provenances et cinq d'en-

tre elles furent ainsi éliminées de l'analyse de l'essai.

Avant cependant de poursuivre l'analyse sur les espèces restantes, nous nous sommes posé la question de savoir si les plants, disposés initialement au hasard, demeuraient toujours dans cette situation et en particulier si les places vides, imputables aux arbres manquants, affectaient d'une manière équivalente toutes les espèces ou provenances.

Les comptages donnèrent les résultats suivants :

		EC 8298	EC 8411/21	EC 8038	EC 8411/21	ET 8196	ETA 8177	EC 8029	EC 8398	E PFI	ET 8305	EA 9055	
Plants vivants	Avec mort à côté, ...	38	39	39	39	37	32	39	38	43	34	38	A = 416
	Sans mort à côté, ...	15	12	13	13	15	15	14	13	4	14	12	B = 141
Total		53	51	52	53	52	47	53	51	47	48	50	557

et l'analyse (test χ^2) montra que la position des plants n'était pas due au seul hasard et ceci était essentiellement imputable à E PF1 (*Eucalyptus* hybride dénommé PF1, origine Congo) et qu'il fallait éliminer cette provenance pour poursuivre l'analyse.

En examinant plus précisément E PF1, on s'aperçoit, d'une part, qu'il a eu un assez mauvais pourcentage de reprise (47/53 soit 88,6 %) et qu'il s'agit donc probablement d'une espèce inadaptée (ce qui ne doit pas surprendre vu sa provenance et ce qui fut confirmé par la suite), d'autre part et surtout, que la quasi totalité des plants survivants se situait près de manquants autrement dit là où la concurrence était la plus faible.

4.3. — TECHNIQUES D'ÉTUDE POSSIBLES

4.3.1. — Dispositifs classiques d'étude par parcelles.

La première technique d'étude possible est celle des blocs complets mais elle présente de gros inconvénients.

— Si l'on veut que les parcelles unitaires aient le même nombre d'arbres, y compris un rang de

Ce fait n'a pas manqué de nous surprendre car nous ne pensions pas, à l'époque, que la concurrence entre plants pouvait être aussi vive, à l'écartement $3,5 \times 3,5$ m, à peine trois mois après la fin de la saison des pluies, même sous un climat aussi difficile que celui de Niamey.

Il était donc utile d'étudier ce problème de l'écartement et cela fut réalisé à partir de 1971. Plusieurs essais furent ainsi mis en place sous différentes latitudes : Ndounga (Niger 1971), Dindéresso (Haute Volta 1971), Aviation (Niger 1973), Gonsé (Haute Volta 1974), Kaya et Dédougou (Haute Volta 1975), Lossa (Niger 1975), Bandia, Fatick, Darou et Bayottes (Sénégal 1976).

bordure, la parcelle comprendra un minimum de 7×7 arbres dont 5×5 comptés, et les surfaces de ces parcelles s'étagèrent pour une comparaison d'écartement de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ à $7 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ de 49 m^2 à 2.401 m^2 . Il en découle des difficultés d'implantation et d'hétérogénéité des sols entre les parcelles et même à l'intérieur des grandes parcelles.

— Si l'on prévoit par contre des parcelles de

Gonsé (Haute-Volta) — août 1974 — Dispositif Nelder pour l'étude de l'écartement.

Photo Detwaille.



même surface unitaire, c'est par contre le nombre de plants par parcelle qui sera très variable et la valeur des mesures sera d'autant moins bonne que les écartements seront plus importants du fait du faible échantillonnage.

Outre les inconvénients liés à l'hétérogénéité des sols, au nombre de plants variable par parcelle unitaire, ces techniques d'étude présentent d'autres inconvénients : grand nombre de plants de bordure qui ne sont bien sûr pas comptés. Lorsqu'il y a une certaine mortalité, les espacements réels ne correspondent plus avec ceux qui étaient prévus et la valeur mesurée perd sa signification ; le faible

nombre d'espacements testés empêche de localiser avec précision l'optimum souhaitable.

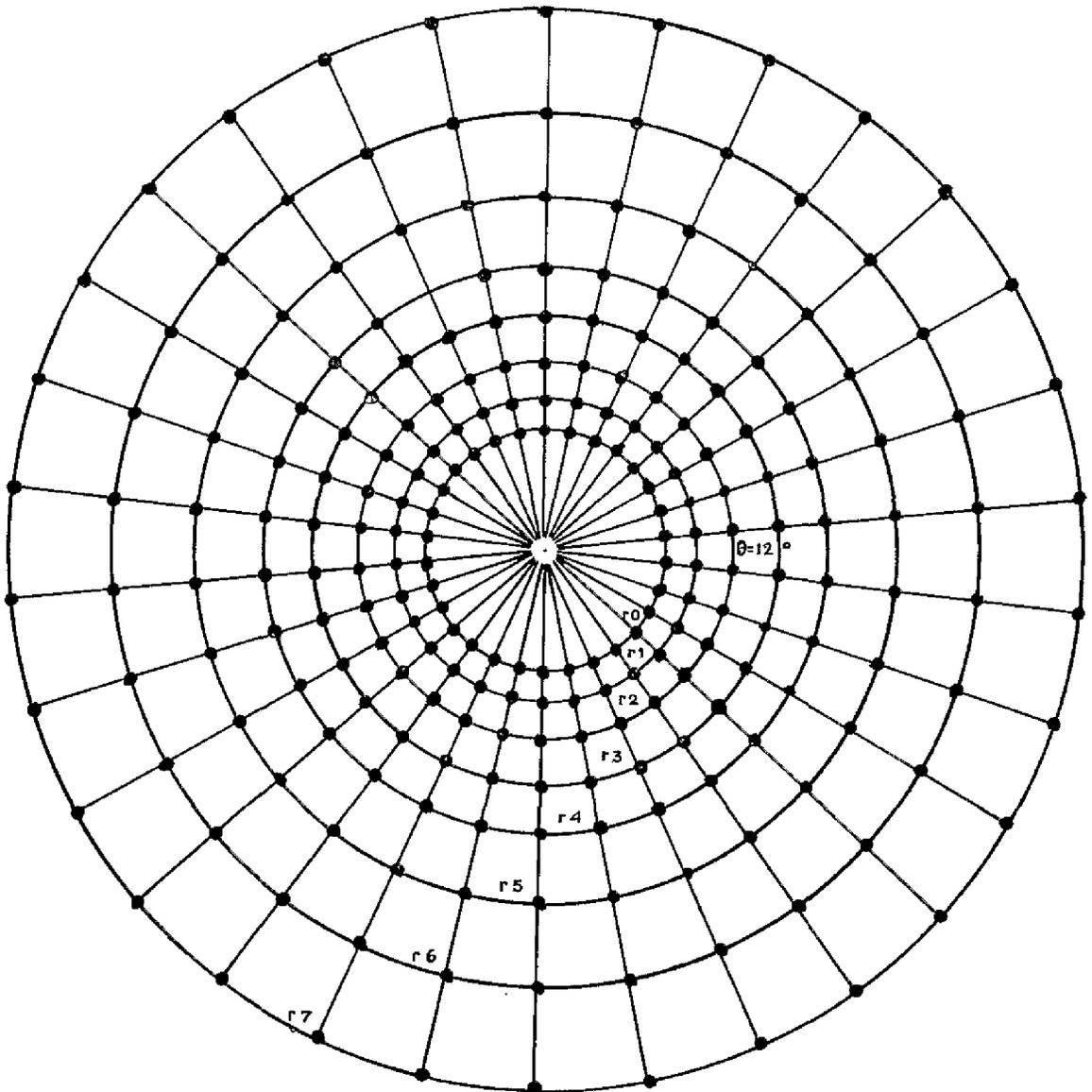
Les inconvénients de ces techniques d'étude, d'ailleurs non expérimentées en zone sèche tropicale, font que d'autres types de dispositifs ont vu le jour.

4.3.2. — Le dispositif de Nelder.

Dans ce dispositif les arbres sont disposés sur des cercles concentriques dont les rayons forment une progression géométrique $r_n = \alpha r_{n-1}$.

Sur ces cercles, les plants sont mis en place à

Schéma d'un dispositif de Nelder : Caractéristiques : $\alpha = 1,238$; $\theta = 12^\circ$; $r_0 = 2,658$ m. Nombre d'écartements étudiés : 6 correspondant aux rayons r_1 à r_n . Espacements moyens étudiés : 2,50 m-3,08 m-3,80 m-4,68 m-5,77 m-7,11 m.



chaque intersection avec des rayons équidistants d'un angle θ (dispositif en carré) ou à une intersection sur deux (dispositif en triangle).

Pour qu'un plant soit à peu près à équidistance de ses voisins on impose, dans le cas du dispositif en carré, la relation :

$$\theta = \sqrt{\alpha} - \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$$

Pour implanter un dispositif de Nelder on est donc amené à déterminer les valeurs de α , θ et r_0 qui sont les caractéristiques du dispositif après s'être donné :

- n : nombre d'espacements à tester,
- S_1 : surface correspondant au plus petit espacement,
- S_n : surface correspondant au plus grand espacement.

4.3.3. — Dispositif de Marynen.

Le dispositif de Nelder présente certains avantages (même nombre de plants par type d'écarte-

ment, visualisation nette sur le terrain de l'influence de l'écartement sur la croissance, etc...) mais il présente des inconvénients :

- les écartements faibles sont sur des sols qui risquent d'être plus homogènes que les écartements forts,
- la notion de parcelle avec plantation-écartement fixe disparaît,
- on ne peut tester que des écartements identiques entre lignes et sur la ligne et non des écartements du type 2×3 , $2,5 \times 3$, etc...

Le dispositif de type Marynen lève une partie de ces désavantages.

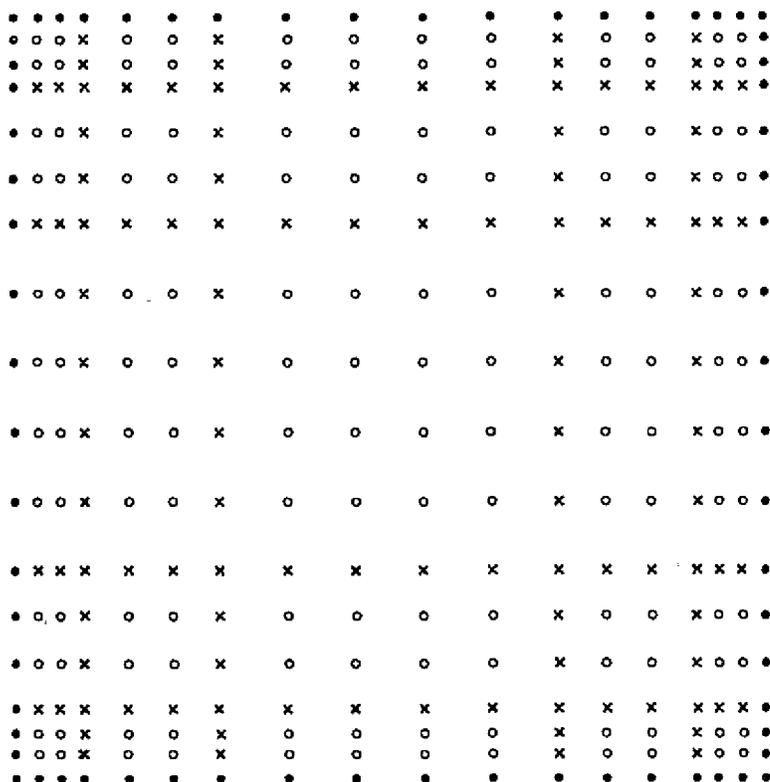
Plutôt que de décrire ce dispositif nous préférons l'illustrer par un schéma, celui-ci étant relatif à l'étude des écartements de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ à $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ par parcelles de 4 arbres (324 plants mis en place, 256 plants comptés).

Les espaces vitaux symétriques sont les suivants :

$$4 \times 4 = 16 \text{ plants à } 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$8 \times 4 = 32 \text{ plants à } 1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

Schéma d'un dispositif de type marynen



- = plants de bordure.
- x = espaces vitaux asymétriques.
- o = espaces vitaux symétriques.

$4 \times 8 = 32$ plants à $1 \text{ m} \times 3 \text{ m}$
 $4 \times 4 = 16$ plants à $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$
 $4 \times 8 = 32$ plants à $2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$
 $1 \times 16 = 16$ plants à $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$

et les espaces vitaux asymétriques :

$1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ 16 plants
 $1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ 4 plants
 $1 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ 16 plants
 $1,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 16 plants
 $1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ 8 plants
 $1,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ 16 plants
 $2 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ 16 plants
 $2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ 4 plants
 $2,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ 16 plants.

Il est évident que seul le système est à retenir et non le nombre d'écartements, le nombre de plants par type d'écartement et les écartements eux-mêmes, ceux-ci pouvant même être différents entre lignes et colonnes.

En doublant, par exemple, le nombre de plants par écartement de base sur les abscisse et ordonnée on obtiendrait, en ce qui concerne les parcelles relatives aux espaces vitaux symétriques (nombre total de plants 1.296 plants) :

4 parcelles de 16 plants à $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$
 8 parcelles de 16 plants à $1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$
 4 parcelles de 32 plants à $1 \text{ m} \times 3 \text{ m}$
 4 parcelles de 16 plants à $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$
 4 parcelles de 32 plants à $2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$
 1 parcelle de 64 plants à $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$

et, en modifiant les écartements, on pourrait tester très finement les écartements entre 2×2 et 3×3 :

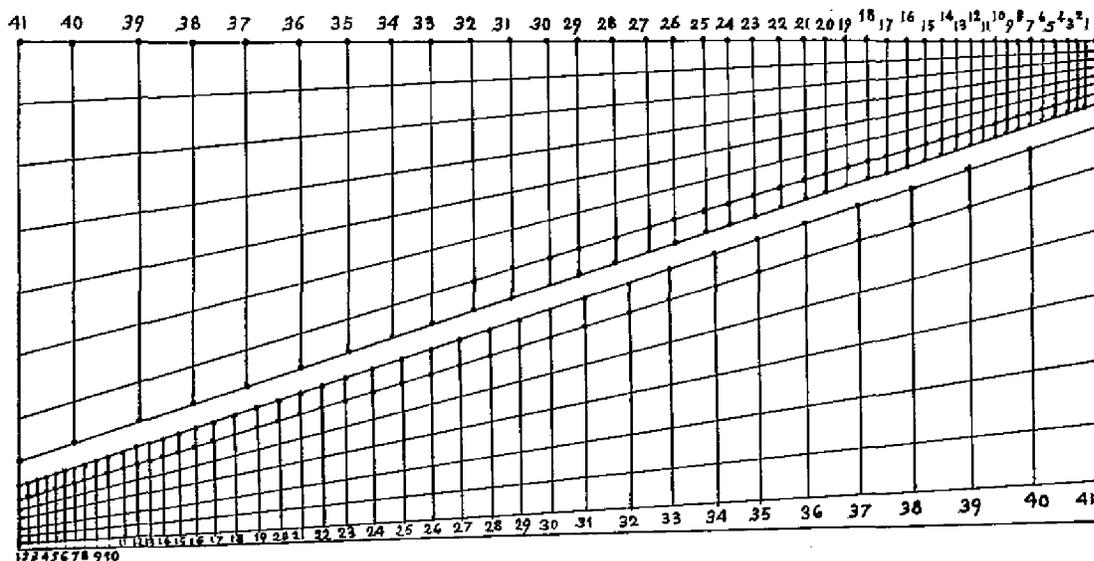
2×2 ; $2 \times 2,50$; 2×3 ; $2,50 \times 2,50$; $2,50 \times 3$;
 3×3 .

De même, afin d'atténuer le caractère systématique du dispositif il est possible de randomiser lignes et colonnes.

4.3.4. — Le dispositif de Marchal.

Ce dispositif n'a pas été expérimenté jusqu'à présent en sylviculture tropicale sèche aussi nous bornerons-nous à donner un schéma de ce dispositif, plus parlant qu'une longue description. Il a été expérimenté notamment en hévéaculture où il semble avoir donné satisfaction. L'avantage essentiel qu'il semble présenter est de tester un grand nombre d'écartements ce qui doit permettre de mieux situer l'écartement optimum.

Le dispositif de Marchal.

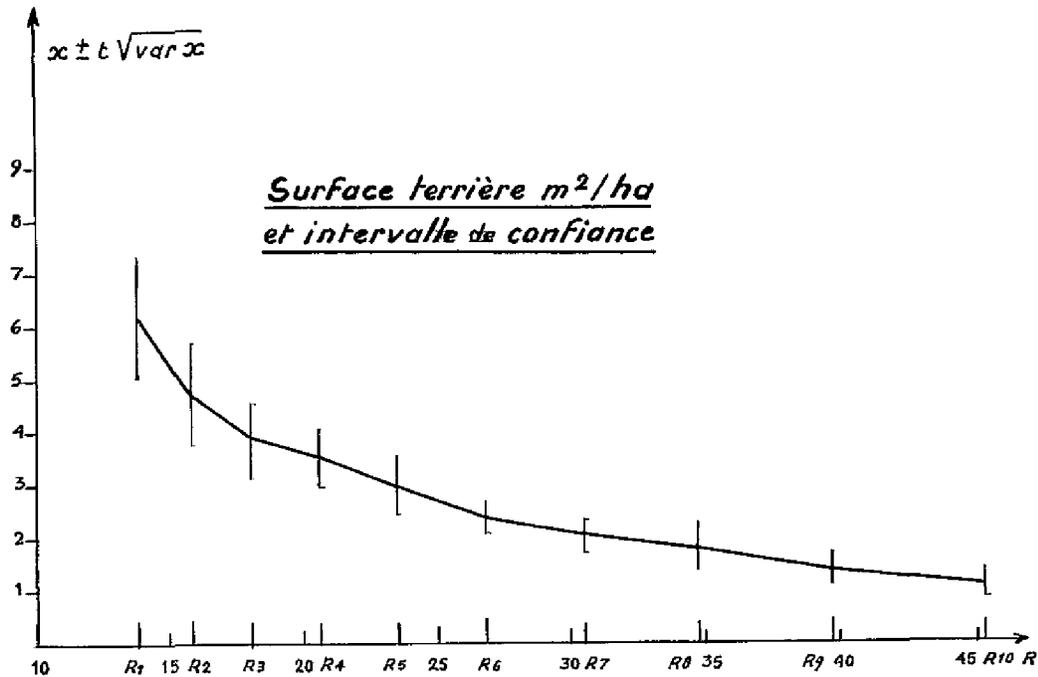


4.4. — RÉSULTATS DE QUELQUES ESSAIS ÉCARTEMENT

4.4.1. — L'essai Dinderesso 1971.

C'est en 1971 qu'un premier essai d'écartement fut mis en place en Haute Volta à Dindéresso dans des conditions climatiques assez favorables.

Le dispositif choisi fut le dispositif de Nelder (plantation en cercles concentriques) en triangle dont les caractéristiques étaient : $n = 10$, $\alpha = 1,140 194$, $\theta = 4^\circ 30'$ et $r_0 = 12,20 \text{ m}$. Les résultats étaient les suivants, un an et demi après



la plantation (décembre 1973), avec les abréviations ci-dessous :

- rn : rayon du cercle n de Nelder en mètres,
- Sn : surface moyenne occupée par un plant situé sur le cercle n ,
- En : écartement moyen entre plants pour le cercle n (\sqrt{Sn}),
- N : nombre de plants comptés par cercle,
- ST : surface terrière cm²/m² ou m²/ha,
- Sm : surface moyenne de l'arbre par cercle, expression de la concurrence.

Espèce test : *Eucalyptus camaldulensis* 8398.

	rn	Sn	En	N	ST	Sm
r_1	13,91	4,000	2,000	20	6,139	24,557
r_2	15,86	5,200	2,280	17	4,681	24,294
r_3	18,08	6,760	2,600	16	3,879	26,220
r_4	20,62	8,788	2,964	16	3,520	30,935
r_5	23,51	11,424	3,380	18	2,949	33,692
r_6	26,81	14,852	3,854	17	2,323	34,503
r_7	30,57	19,307	4,394	18	2,038	39,355
r_8	34,85	25,099	5,010	19	1,780	44,931
r_9	39,74	32,629	5,712	18	1,337	43,639
r_{10}	45,31	42,418	6,513	16	1,091	46,279

Les surfaces terrières et leurs intervalles de confiance sont reproduits sur le graphique ci-dessus. On note une décroissance de la courbe lorsque les

rayons augmentent : A cet âge, sous le climat de Dinderesso, le meilleur écartement est le plus faible.

Les surfaces moyennes des sections peuvent être considérées comme des expressions de la concurrence, elles ont été reportées sur le graphique ci-après.

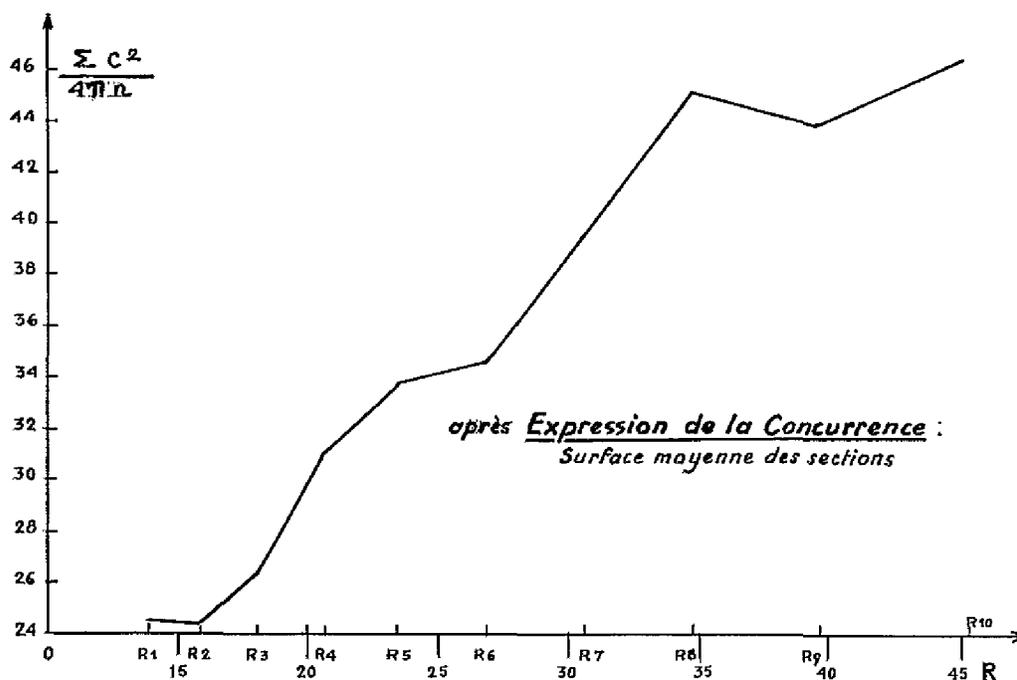
On constate que cette section moyenne croît très sensiblement jusqu'au cercle 8 et on peut considérer que la concurrence joue jusqu'à une surface moyenne par plant de 25 m² (C8) ce qui correspond à un écartement de 5 m × 5 m ; au-delà les valeurs sont sensiblement identiques surtout si on considère la variabilité importante qui leur est affectée.

4.4.2. — L'essai Aviation 1973.

A la station de l'Aviation (Niger) furent implantés en 1973 cinq cercles complets de Nelder en carré avec le Neem (*Azadirachta indica*) comme espèce test.

Trois de ces cercles avaient pour but d'étudier des écartements compris entre 1 m et 3,68 m mais ils durent très rapidement être abandonnés du fait de la forte mortalité qui y fut constatée ce qui est un résultat positif de la recherche.

Sous un climat aussi difficile que celui de Niamey, il est exclu de planter avec des chances raisonnables de succès à un écartement inférieur à 3 m × 3 m, même avec des espèces aussi rustiques que le Neem.



Les deux autres cercles étudiaient les écartements compris entre 3 m × 3 m et 7,17 m × 7,17 m. Le travail du sol avait consisté en un labour de fin de saison des pluies (sept.-Oct. 1972) suivi d'une

trouaison 60 cm × 60 cm × 80 cm ; la plantation fut effectuée le 17 juillet 1973.

Nous donnons ci-dessous les résultats des mensurations de décembre 1976 soit à 3,5 ans pour l'un de ces cercles :

Cercle N°	1	2	3	4	5	6
Ecartement moyen	3 m	3,58 m	4,25 m	5,06 m	6,02 m	7,17 m
Reprise en %.....	97	97	100	92	100	100
Nombre de plants comptés *.....	32	32	32	25	29	33
Hauteur (en m).....	4,24	4,14	4,56	5,07	5,15	5,46
Accroissement 74-76.....	1,44	1,31	1,37	1,56	1,82	2,20
* Plants totalement entourés de plants vivants						

On constate :

— que mis à part le cercle 4 où le % de reprise doit être considéré comme accidentel, le pourcentage de reprise est bon et est indépendant des écartements lorsque ceux-ci sont égaux ou supérieurs à 3 m × 3 m,

— que hauteur moyenne comme accroissement croissent régulièrement lorsque l'écartement augmente et donc que la concurrence joue, sous le

climat de Niamey, à des écartements supérieurs à 7 m × 7 m ce qui est quand même très important,

— cela ne veut d'ailleurs pas dire qu'il faille planter à 7 m × 7 m ou à un écartement plus fort car ce qui importe c'est la production à l'hectare ou mieux, en fonction de la qualité des produits, le revenu optimal à l'hectare en fonction de l'investissement. Ceci ne peut encore être précisé pour cet essai et il faudra attendre l'exploitation.

4.5. — CONCLUSIONS

On ne peut tirer de conclusions définitives à l'heure actuelle mais il est cependant possible d'émettre un certain nombre d'observations et de faire quelques recommandations s'appuyant sur des bases sérieuses.

— La concurrence entre plants est beaucoup plus vive et beaucoup plus précoce qu'on ne le pense généralement ; sous l'isohyète 600 mm les Eucalyptus sont déjà en concurrence cinq mois après plantation à l'écartement 3,5 m × 3,5 m.

— Il peut exister un léger effet dépressif pour les écartements forts et inversement un effet « peuplement » pour les écartements faibles au cours des

premiers mois suivant la plantation (observation sur des essais non développés ci-dessus). Il pourrait donc être tentant de planter serré et d'éclaircir très vite mais ceci est antiéconomique.

— Sous l'isohyète de Niamey (600 mm) nous recommandons, pour la quasi totalité des espèces, de ne pas planter en sec à des écartements inférieurs à 4,5 m × 4,5 m ou mieux à 5 m × 5 m.

— Sous l'isohyète 800 mm nous préconisons la plantation à 4 m × 4 m.

— Sous l'isohyète 950 mm la latitude sera plus large mais généralement comprise entre 3 m × 3 m et 4 m × 4 m.

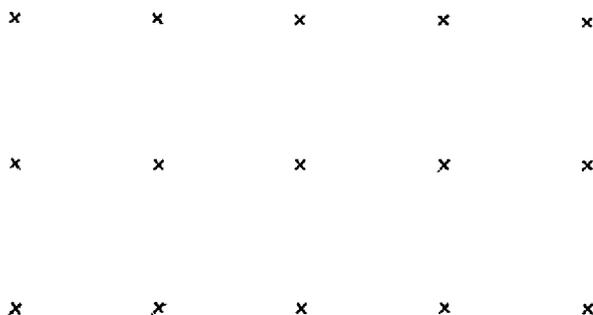
V. — PIQUETAGE

5.1. — TYPES DE PIQUETAGE

La répartition des plants sur le terrain peut se faire de différentes manières ce qui influence le piquetage. Les plus fréquemment utilisés sont :

Le piquetage en carré.

C'est le plus fréquemment utilisé et nous en recommandons l'emploi pour les plantations de production. Il présente de nombreux avantages : équidistance des plants, simplicité de mise en place, possibilité de passage des engins dans les deux sens.



Le piquetage en triangle (en fait triangles équilatéraux).

Chaque plant est situé au centre d'un hexagone dont les sommets sont constitués par les six plants voisins. C'est théoriquement le dispositif qui utilise au mieux le terrain mais, comme nous venons de le voir en étudiant le problème des écartements, la concurrence entre plants se fait sentir dans ces zones sèches très rapidement et les zones d'influ-

ence de chaque plant se recouvrent très rapidement même à des écartements assez forts.

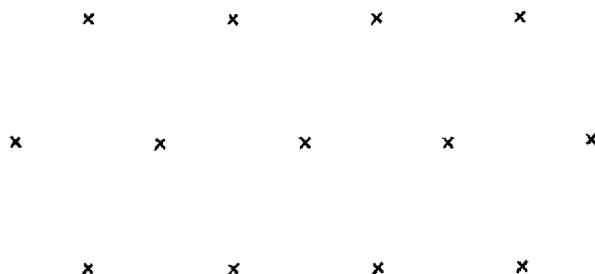
Ce dispositif a, par contre, l'inconvénient d'être assez difficile à implanter et le passage des engins n'est pas aussi aisé que dans un dispositif en carré.

Il n'est donc généralement pas à recommander ; on pourra l'employer pour l'installation d'une plantation serrée dans laquelle on a l'intention d'intervenir rapidement en éclaircie ce qui ne semble devoir être le cas que pour une plantation conservatoire où les phénotypes défectueux doivent être rapidement éliminés.

Remarquons que pour un même écartement $d \times d$, on n'obtient pas la même densité à l'hectare pour une plantation réalisée en carré et pour une plantation réalisée en triangle :

Plantation en carré : Nombre de plants à l'ha : $\left(\frac{100}{d}\right)^2$ (d exprimé en m)

Plantation en triangle : Nombre de plants à l'ha : $\frac{2}{\sqrt{3}} \left(\frac{100}{d}\right)^2$



il y a 1,16 fois plus de plants dans une plantation en triangle que dans une plantation en carré pour une distance égale entre plants.

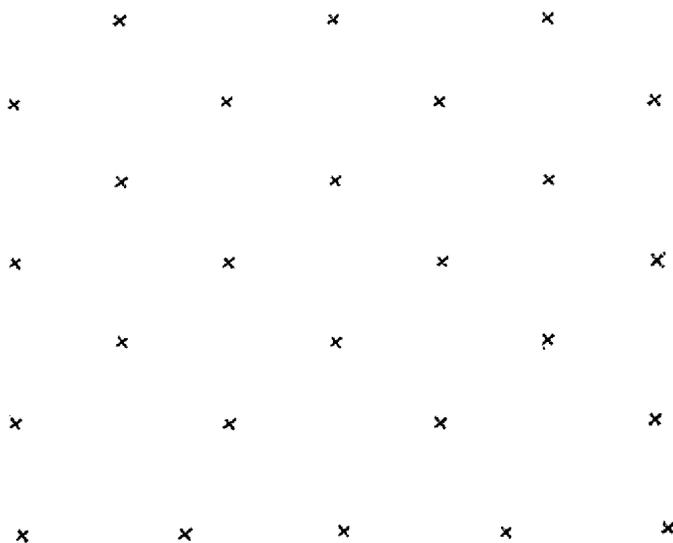
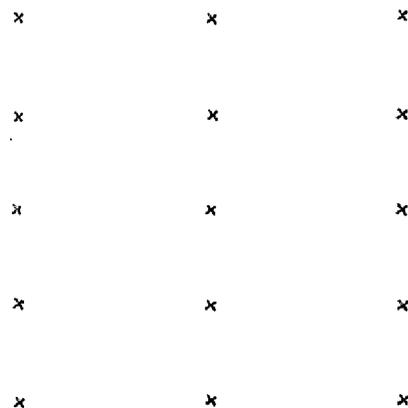
Le piquetage en rectangle.

Les plants ne sont plus équidistants et ceci est un inconvénient grave tant pour le passage des engins que pour l'entretien mécanique qui ne pourra généralement être effectué que dans un sens.

Ce type de disposition n'est donc à recommander que dans des cas particuliers :

— pentes assez fortes, les lignes de plants serrées ayant un rôle de fixation des sols,

— intervention en éclaircie systématique prévue pour aboutir à une plantation en carré (cas en particulier des plantations d'anacardiens).



Le piquetage en quinconce.

Le quinconce est un assemblage d'objets disposés par cinq : quatre en carré, en rectangle ou en losange et un au milieu.

Lorsque la base est le carré on aboutit en fait à une nouvelle disposition en carré par rotation de $\frac{\pi}{4}$.

Lorsque la base est le losange, le dispositif est trop complexe pour susciter le moindre intérêt en plantation.

Seul le dispositif à base de rectangle est susceptible d'application malgré de légères difficultés de mise en œuvre. En particulier c'est ce dispositif qui est généralement employé pour les brise vent ou les haies vives comportant plusieurs rangées ; il peut également être utilisé lorsqu'une éclaircie est prévue.

5.2. — RÉALISATION DU PIQUETAGE

Le piquetage est réalisé par un chef d'équipe et des manœuvres. Les seuls instruments utilisés sont l'équerre optique et la chaîne d'arpenteur, celle-ci pouvant être remplacée par un ruban métallique, plus pratique mais moins rustique et plus coûteux.

Pour des piquetages en carré à 3,5 m × 3,5 m, le temps nécessaire à la réalisation, les piquets ayant été au préalable coupés et stockés, est de 2 CE/J/ha et de 12 H/J/ha avec des équipes bien entraînées (la coupe et le stockage des piquets ne demandent en général qu'un temps réduit, d'environ 3 H/J/ha).

Pour des piquetages en carré à 4 m × 4 m, ce temps peut être assez nettement réduit : 1,6 CE/ha et 9 H/J/ha.

Ces chiffres ont été obtenus sur parcelles expérimentales avec un piquetage excellent. Sur de grands chantiers, où il n'est pas demandé une aussi grande précision, les temps peuvent être très notablement réduits. La technique à utiliser consiste alors à établir des lignes écartées d'environ 50 m, piquetées à l'écartement demandé. Entre deux lignes voisines, un câble étalonné selon l'écartement retenu est tendu ; une équipe de piqueteurs met un piquet à l'emplacement de chaque repère et l'équipe se

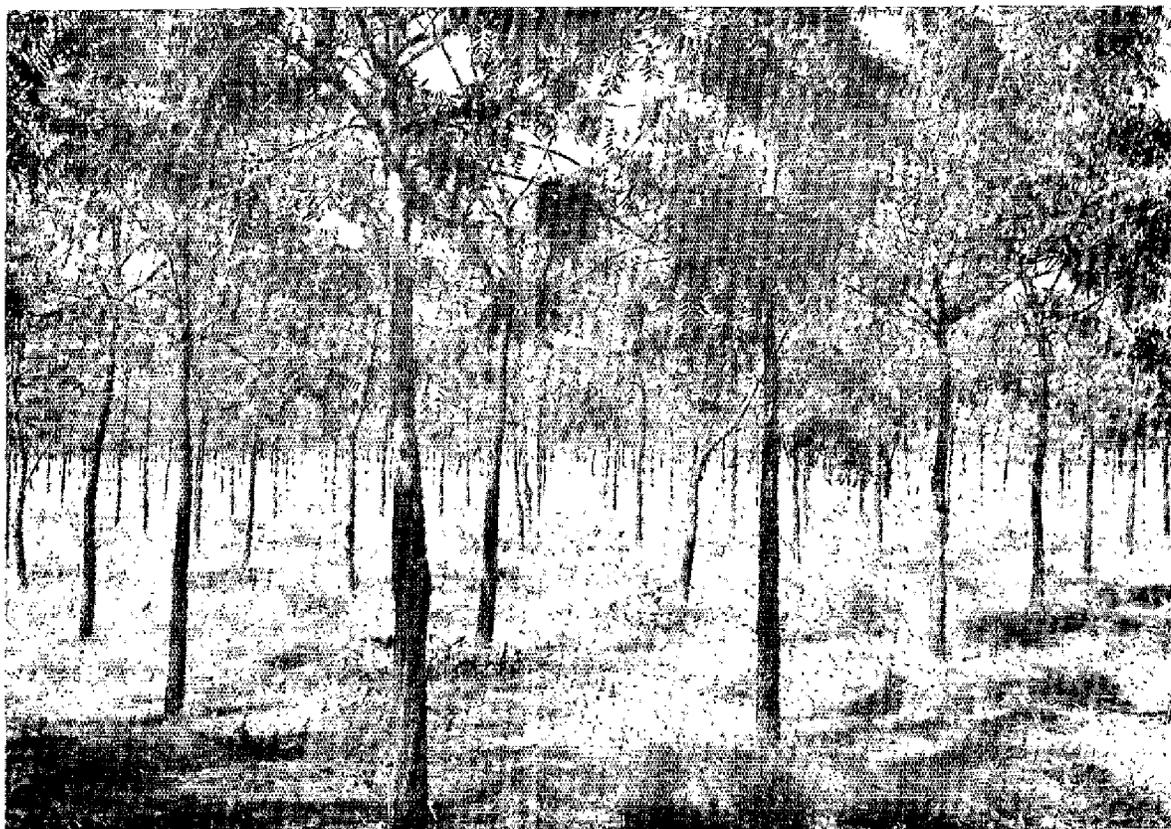


Photo Delvaulle.

Zamsé (Haute-Volta) — janvier 1978 — Plantation de Neem (Azadirachta indica) en triangle. Écartement 3,5 × 3,5. Plantation âgée de 4 ans 1/2.

déplace ensuite sur la ligne suivante pour renouveler l'opération. Nous ne disposons malheureusement pas de chiffres obtenus avec cette méthode en

Afrique tropicale sèche mais, pour un écartement de 3,5 m × 3,5 m ; les temps devraient être voisins de 0,5 CE/ha et 3 H/J/ha.

VI. — UTILISATION D'ENGRAIS

6.1. — INTRODUCTION

Un certain nombre d'essais portant sur l'engrais ont été mis en place en Afrique tropicale sèche. Ces essais portent en particulier :

- sur l'influence de l'engrais sur différentes espèces : Ross Bethio (Sénégal) 1969,
- sur la dose d'engrais : essais engrais complet Aviation (Niger) 1967, Gonsé (Haute-Volta) 1971, Fatick (Sénégal) 1976,
- sur l'influence des éléments principaux (NPK) : station de l'Aviation (Niger) 1967, Malbaza (Niger) 1967, Dinderesso (Haute-Volta) 1967,
- sur l'influence de certains oligoéléments,

notamment du Bore : Dinderesso (Haute-Volta) 1966, Gashiga (Cameroun) 1968,

- sur la fertilisation organique : Aviation (Niger) 1975.

Les résultats de ces essais ne permettent pas d'arriver à des conclusions définitives dans tous les domaines car ils ne sont pas assez nombreux et ils sont bien sûr influencés par la nature du sol. Certains de ces résultats sont corroborés par des recherches entreprises dans d'autres pays, notamment au Nord du Nigéria, recherches auxquelles nous ferons allusion.

6.2. — INFLUENCE DE L'ENGRAIS SUR DIFFÉRENTES ESPÈCES

Un essai très simple a été mis en place à Ross Bethio (Sénégal) en 1969. Il compare l'influence d'un engrais complet 10.10.20 (150 g par trou de plantation) à l'absence d'engrais pour trois espèces : *Dalbergia sissoo*, *Prosopis juliflora* (1) et *Eucalyptus camaldulensis*. Les résultats au 10/2/70 sont les suivants :

	Témoin		Engrais	
	H_m	%	H_m	%
<i>Dalbergia sissoo</i>	1,01	98,5	1,40	100
<i>Prosopis juliflora</i>	0,68	99,0	0,83	100
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> .	1,28	99,0	1,60	99,2

Les différences constatées en faveur de l'engrais en ce qui concerne les pourcentages de reprise sont trop minimes pour qu'on puisse les imputer à l'engrais encore qu'elles soient toutes dans le même sens.

Par contre, les différences constatées en ce qui concerne la hauteur sont suffisamment nettes pour démontrer l'influence bienfaisante de l'engrais sur la croissance d'espèces diverses dans le cas des sols pauvres de Ross Bethio.

(1) Espèce actuellement nommée *Prosopis chilensis*.

6.3. — INFLUENCE DE LA DOSE D'ENGRAIS

Nous citons l'essai réalisé à Gonsé (Haute-Volta) en 1971.

Traitements : Trois traitements.

- 0 : Pas d'engrais
- 1 : 100 g d'engrais/plant mélangé à la terre de plantation.
- 2 : 200 g d'engrais/plant mélangé à la terre de plantation.

L'engrais utilisé a été un engrais complet 12.12.17 (1) contenant en sus MgO, B, Zn, Mo et Co.

Dispositif.

Carré latin, trois traitements.

Placeaux de $10 \times 10 = 100$ plants à l'écartement de $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$.

Espèce test.

Eucalyptus crebra origine Sakahara (Madagascar), la station d'origine semblant avoir de bonnes analogies avec le climat de Gonsé.

Plantation.

13 juillet 1971.

Résultats.

Comptages du 19 janvier 1973 (à l'âge de 1 an 1/2).

Traitements	%	H_m	Accroissement 71/72 en m
0	90,7	2,95	1,91
1	89,3	3,21	2,08
2	88,0	3,38	2,20

Conclusions.

Comme pour l'essai précédent on ne peut tirer de conclusions en ce qui concerne le % de reprise, l'*Eucalyptus crebra* répond par contre bien à l'engrais complet sur le sol de Gonsé (sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétions) et cette influence est encore sensible au cours de la seconde année.

(1) Les formules d'engrais complet comprennent trois chiffres relatifs, dans l'ordre, au nombre d'unités fertilisantes d'Azote, de Phosphore et de Potassium pour 100 kg d'engrais.

Une unité fertilisante = 1 kg d'Azote ou d'Acide Phosphorique ou de Potasse.

6.4. — INFLUENCE DES ÉLÉMENTS PRINCIPAUX : NPK : essai de Dinderesso (Haute-Volta) 1967

Traitements.

- O : Témoin
- N : 15.0.0 (1)

(1) Nous avons adopté une formule engrais complet même pour les engrais ne comportant qu'un élément.

- P : 0.70.0
- K : 0.0.45
- NP : 15.70.0
- NK : 15.0.45
- PK : 0.70.45
- NPK : 15.70.45.

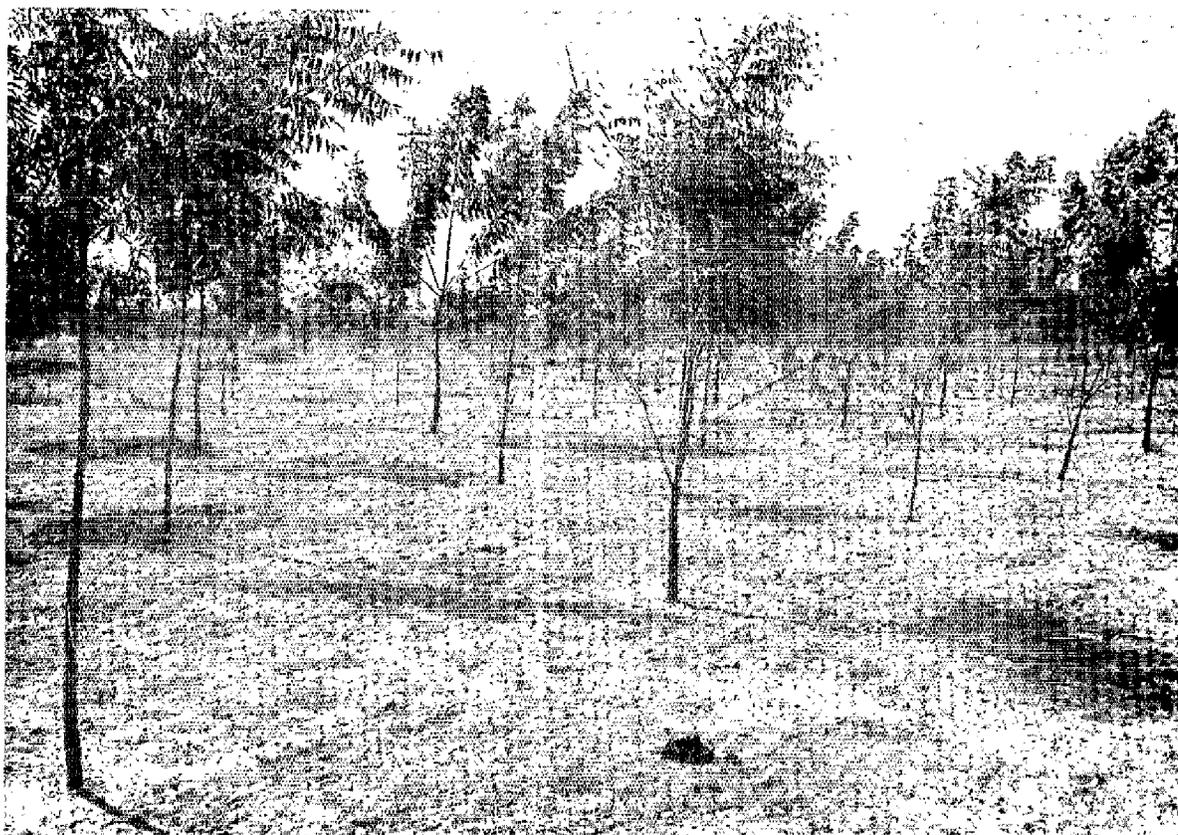


Photo Delwaulle.

Niamey, station de l'Aviation (Niger) — février 1977 — Plantation de Neem effectuée en 1975 ayant bénéficié d'engrais et d'un entretien.

Dispositif.

Essai factoriel 2³ avec confounding sur l'interaction NPK. Analysé comme un dispositif en blocs complets 5 répétitions. Plantation à 3 m × 3 m, parcelles de 12 × 14 plants dont seuls les 8 × 10 plants centraux sont mesurés (du fait des interactions possibles).

Espèce test. *Eucalyptus citriodora*.

Plantation. Juillet 1967.

Résultats. Décembre 1968.

	Hauteurs (m)	%
O	4,87	95,25
N	5,39	92
P	5,13	92,25
K	4,80	92,75
NP	5,51	92,25
NK	5,26	90,00
PK	4,95	91,25
NPK	5,68	89,75

Analyse sur les hauteurs moyennes
NPK NP N NK P PK O K

seuil 0,05

Conclusions.

L'engrais complet donne naturellement les meilleurs résultats. Cependant le point le plus important à constater est l'influence de l'azote et du phosphore et surtout de leur combinaison NP.

L'importance de P et surtout de l'interaction NP est confirmée par d'autres essais effectués sur *Eucalyptus* en Afrique tropicale sèche. En particulier, au Nigéria du Nord, Jackson (cf. Bibliographie) arrive à la même conclusion sur le rôle de NP pour l'*Eucalyptus*. Il note également les dangers de fortes doses d'Azote, ce que nous avons nous-même constaté à la Station de l'Aviation (Niger) en 1967.

Nous noterons que dans la quasi-totalité des sols d'Afrique tropicale sèche la déficience la plus marquée concerne le phosphore. Une correction sous forme d'apport de phosphates seuls risque cependant fort de laisser apparaître une carence en azote et l'apport de NP seul risque pour sa part de mettre en évidence une déficience en potasse. C'est donc bien l'engrais complet qui devra presque toujours être utilisé mais il y aura lieu, ce qui n'a pas encore été étudié, de définir avec précision la

composition de cet engrais en éléments N, P et K ainsi que la forme de l'apport.

Contrairement à ce qui est généralement admis, lorsque les plantations sont effectuées dans des conditions techniques convenables, nos essais n'ont pas montré une influence importante de l'engrais sur la reprise, celle-ci étant d'ailleurs généralement bonne ou très bonne. L'apport d'engrais dans le seul but d'augmenter la reprise n'est donc pas justifié.

6.5. — INFLUENCE DU BORE

Une parcelle d'Eucalyptus 12 ABL (descendance d'un Eucalyptus tereticornis de Madagascar, station d'Ambila-Lemaitso) plantée à 3 m x 2 m en juillet 1965, montra des signes de dessèchement en cime en mai 1966 à la station de Dinderesso (Haute-Volta).

Ces dessèchements sont très nuisibles car ils affectent la forme de l'arbre : le bourgeon terminal sec est remplacé par un bourgeon latéral à la saison des pluies suivant le dessèchement occasionnant un profil en baïonnette du fût ou parfois même un port buissonnant.

F. BRUNCK, Chef de la Division de Phytopathologie du C. T. F. T., songea alors à une carence possible en Bore, carence apparaissant en saison sèche lorsque le Bore se trouve bloqué dans le sol sous forme insoluble. Des prélèvements foliaires furent récoltés en avril 1966 et analysés par le laboratoire de phytochimie de l'I. R. A. T. (1) à Nogent sur Marne.

Ces analyses montrèrent, outre une carence en P₂O₅ déjà connue, une forte carence en Bore venant ainsi confirmer l'hypothèse de départ, cette carence étant nettement plus accusée sur les arbres les plus jeunes (1965) que sur ceux plus âgés (1964).

ANALYSE DES PRÉLÈVEMENTS FOLIAIRES EFFECTUÉS EN MAI 1966

	N	P	K	Ca	Mg	B
<i>E. camaldulensis</i> , 1964...	1,73	0,092	0,73	0,85	0,476	5,5
E. 12 ABL, 1964.....	1,32	0,074	1,07	1,10	0,262	5,9
E. 12 ABL, 1965.....	1,33	0,083	1,11	0,62	0,285	1,4
<i>E. camaldulensis</i> , 1965...	1,49	0,125	1,25	0,59	0,300	1,0

Les macroéléments sont exprimés en % de la matière sèche ; le Bore en mg/kg de matière sèche.

Il fut donc décidé de mettre en place un essai Bore sur la parcelle d'Eucalyptus 12 ABL.

Traitements.

0 : Pas d'apport de Bore.

(1) I. R. A. T. : Institut de Recherches en Agriculture Tropicale.

10 : Apport de Borax à raison de 10 g de poudre par pied.

20 : Apport de Borax à raison de 20 g de poudre par pied.

Formule du Borax : Na₂B₄O₇, 10 H₂O.

Dispositif.

Blocs complets, quatre répétitions.

Parcelles unitaires de 40 plants séparées des autres parcelles par une ligne neutre non traitée.

Espèce test.

Eucalyptus 12 ABL.

Date d'apport du Borax.

Novembre 1966 autour des pieds après un léger binage suivi d'un arrosage modéré.

Résultats.

Ils ont consisté à compter le nombre d'arbres sains et d'arbres desséchés en cime par parcelles :

Comp-tages	Traitements	Sains	Secs	Total	% arbres sains
Mars 67	0	46	98	144	31,9
	10	115	35	150	76,6
	20	120	21	141	85,1
1/4/68	0	31	120	151	20,5
	10	142	14	156	91,0
	20	123	27	150	82,0
25/3/69	0	123	24	147	83,7
	10	146	10	156	93,5
	20	140	9	149	93,9

L'apport de Bore occasionne des différences hautement significatives (seuil 0,99) entre arbres traités et arbres non traités pour les trois comptages.

La dose 10 g de Borax/pied est significativement meilleure (seuil 0,95) que la dose 20 g/pied pour le second comptage (2^e année).

En troisième année les dessèchements sont extrêmement réduits, même pour les parcelles témoins : il est alors probable que le système racinaire explore

un plus grand volume de sol ou des horizons où la carence est moins marquée.

Il faut enfin noter que la rémanence du Borax est très marquée.

Remarque complémentaire.

Une nouvelle analyse foliaire fut effectuée en décembre 1968, deux ans après l'apport de Bore ; les résultats de ces analyses sont les suivants :

ANALYSE DES PRÉLÈVEMENTS FOLIAIRES EFFECTUÉS EN DÉCEMBRE 1968, 2 ANS APRÈS L'APPORT DE BORAX

Les macroéléments sont exprimés en % de la matière sèche ;
le Bore en mg/kg de matière sèche

E. 12 ABL	N	P	K	Ca	Mg	B
0	1,45	0,133	1,23	0,75	0,222	10,1
10	1,50	0,137	1,28	0,85	0,221	21,8
20	1,38	0,126	1,18	0,86	0,225	22,1

Ces résultats montrent que la teneur en Bore est nettement améliorée par l'apport de Borax sans qu'il y ait de différences entre les doses 10 g et

20 g. Sur le témoin, les teneurs plus élevées en décembre 1968 que celles observées en avril 1966 peuvent s'expliquer de plusieurs façons :

-- les dates de prélèvement sont différentes ; décembre est le début de la saison sèche et il se peut que la carence soit alors moins marquée qu'en avril, fin de saison sèche,

-- le système racinaire exploite en décembre 1968 un plus grand volume de sol qu'en avril 1966 ; cette possibilité a déjà été notée précédemment.

Conclusions.

Les résultats de cet essai corroborés par d'autres essais effectués par ailleurs en Afrique sèche, notamment par SAVORY en Zambie et JACKSON au Nigeria confirment que la carence en Bore est une cause fréquente de croissance défectueuse des Eucalyptus en Afrique tropicale sèche.

Cette croissance défectueuse est aisément combattue par l'apport de Bore à dose relativement minime (6,250 kg/ha pour une plantation à 4 m x 4 m) et à un prix modique. Il semblerait que le Bore pourrait avoir également une influence sur la croissance et limiter la mortalité mais ceci n'a pas été clairement démontré.

6.6. — FERTILISATION ORGANIQUE

La fertilisation organique a été utilisée avec succès au Nigeria et un essai a été mis en place sur ce sujet à la station de l'Aviation (Niger) en 1975.

Traitements.

- 1) Sans enfouissement de fumier.
- 2) Avec enfouissement de fumier.

Dispositif.

Blocs complets trois répétitions.

Espèce test.

Azadirachta indica.

Résultats.

Il n'y a pas de différence significative en ce qui concerne les hauteurs.

	Nov. 75		Nov. 76
	%	H cm	H cm
Avec fumier.....	98	1,34	3,05
Sans fumier.....	96	1,01	2,33

Conclusions.

L'essai réalisé à la station de l'Aviation n'a pas abouti à des différences significatives. Ce fait semble devoir être lié au faible nombre de répétitions (trois) et l'essai pourrait être repris, les différences constatées étant cependant importantes.

L'application pratique de la fertilisation organique demeurera néanmoins très limitée étant donné la rareté du fumier en Afrique tropicale sèche. Cependant, dans le cas de bois de village, cette fertilisation peut être préconisée.

(A suivre).