



Photo Delwaulle.

N'Dounga (Niger) - Avril 1975. — Plantation d'Eucalyptus camaldulensis (juillet 1971).

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*

SUMMARY

FOREST PLANTATIONS IN DRY TROPICAL AFRICA

This is the beginning of the second part of this article. It covers techniques to be adopted and the choice of ground intended for plantation. The forester is rarely completely free to choose the ground intended for afforestation, but he should always thorough-

(1) Le début de cette étude a été publié dans les n^{os} 181, p. 15, et 182, p. 3.

ly prospect the area assigned to him, and refuse unsuitable ground. He should also select the species to be planted in the light of its possibilities of adaptation to the nature of the soil and the objectives it is desired to achieve. For clearing the ground and working the soil, depending on the means at his disposal he may have recourse to manual labour or mechanization. The latter generally makes it possible to obtain better results.

RESUMEN

PLANTACIONES FORESTALES EN AFRICA TROPICAL SECA

Publicamos aquí el comienzo de la segunda parte de este estudio, consagrada a las técnicas que cabe poner en aplicación y a la elección del terreno con destino a las plantaciones. Los ingenieros forestales pueden, en muy contadas ocasiones, elegir en plena libertad el terreno destinado a la plantación de especies forestales, pero no es menos cierto que siempre deben llevar a cabo una prospección perfectamente consecuente de la parcela que les es atribuida y rechazar las tierras inaptas para tal misión. Así mismo, deberán elegir la especie a plantar en función de las posibilidades de adaptación al género de suelos de que se trata y de los objetivos que se desea alcanzar. Para el desbroce del terreno y el trabajo del suelo — según los medios de que se dispone — se podrá recurrir, ya sea al trabajo manual o bien, a la mecanización. En realidad, los mejores resultados son obtenidos por medio de la mecanización.

2^e PARTIE

TECHNIQUES A UTILISER

Du Choix du Terrain à la Plantation

I. — LE TERRAIN DESTINÉ A LA PLANTATION

1.1. — CHOIX DU TERRAIN

Le forestier peut rarement choisir en pleine liberté le terrain destiné au boisement. Il n'en demeure pas moins qu'il doit effectuer une prospection sérieuse de la parcelle qui lui est affectée avant d'entreprendre toute autre action.

— S'il estime que ce terrain est inapte à la plantation (lithosol, dalle latéritique trop proche de la surface, bas-fond trop longuement inondé, etc.), il est du devoir du forestier de le refuser fermement.

— Plus le climat sera sec et plus les exigences en matière de sol seront importantes : les arbres doivent en effet survivre au cours d'une longue saison sèche et doivent donc disposer d'un sol susceptible de retenir suffisamment d'humidité

au cours de la saison des pluies pour permettre une certaine alimentation en eau au cours de la saison sèche. A cet égard les cartes de « vocation des sols » dans les zones sèches d'Afrique sont très souvent mal pensées (1) puisqu'on y parle de :

(1) Il en va d'ailleurs de même des cartes pédologiques dont l'utilisation par le forestier de terrain est souvent délicate et le renseigne d'une manière insuffisante. Beaucoup plus que d'une carte pédologique qui rend compte de la pédogenèse (évolution des sols) ce dont le forestier aurait besoin c'est d'une carte des principales données qui constituent des contraintes pour la plantation (pente, profondeur du sol, disponibilité en eau, présence de sel, etc...). Il est important pour le praticien de connaître ces éléments que les pédologues, au moins ceux de l'école française classique, ignorent à peu près totalement.

- sols à vocation agricole pour les sols riches et profonds,
- sols à vocation pastorale dans les situations intermédiaires,
- sols à vocation forestière pour les sols infertiles ou superficiels.

Il faut interpréter cette classification comme suit :

- sols riches où des spéculations économiques peuvent être entreprises, que ces spéculations soient de caractère agricole, pastoral ou forestier,
- sols où seules des opérations à caractère extensif peuvent être entreprises (aménagement de la forêt naturelle par exemple),
- sols inaptes à la production où seules la pro-

tection des sols, la mise en défens ou la cueillette peuvent être envisagées.

— Si le terrain affecté paraît convenable dans son ensemble, le forestier devra cependant le parcourir sérieusement car il y aura certainement lieu d'éliminer certaines surfaces qui seront mises en défens (pointement granitique, importance locale trop grande de blocs latéritiques, zone particulièrement érodible, bord de cours d'eau, etc.).

Une prospection en maille carrée de 100 m × 100 m avec sondage à la tarière peut se révéler très utile, son prix de revient est d'ailleurs limité ; variable selon la nature du terrain et de la végétation, il est voisin de :

1/2 CE/J PAR HECTARE ET 3 H/J PAR HECTARE
(CE/J : Jour de chef d'équipe ; H/J : Homme jour).

1.2. — CHOIX DE L'ESPÈCE DE PLANTATION EN FONCTION DU TERRAIN

Le terrain étant retenu, il est bon de connaître les possibilités d'adaptation des principales espèces de plantation aux divers types de sols afin de faire un choix judicieux de l'espèce à retenir en fonction bien sûr de l'objectif de la plantation mais également en fonction de la nature du sol.

Nous donnerons des indications sur l'écologie de diverses espèces lorsque nous passerons en revue les espèces utilisées en reboisement (4^e partie). Il nous semble cependant que nous devons d'ores et déjà donner quelques indications pour quatre des principales essences utilisées :

1.2.1. — L'*Eucalyptus camaldulensis*.

Dans la zone climatique où l'*Eucalyptus camaldulensis* donne des résultats satisfaisants, les comparaisons entre stations montrent qu'il est possible de faire pousser cette essence un peu sur n'importe quel type de sol (étant entendu qu'il s'agit d'un sol ayant une certaine potentialité agronomique).

L'*Eucalyptus camaldulensis* est, en effet, une espèce étonnamment plastique et ce sera certainement celle qui sera utilisée pour la majorité des plantations de production.

Il faut cependant noter que cette espèce est ici à la limite écologique de son aire. Dans ce sens, on peut dire qu'il s'agit d'une espèce mal, voire non adaptée, même si nous en recommandons l'emploi. Par écologiquement peu adaptée, nous voulons dire qu'elle disparaîtrait naturellement assez rapidement sans intervention de l'homme ; nous en recommandons cependant l'emploi car, si elle fait l'objet d'actions précises et continues de la part de l'homme, elle se révèle capable de donner des rendements aussi élevés sinon plus, que toute autre espèce.

Sauf dans le cas de conditions écologiques tout à fait exceptionnelles (du point de vue climat ou sol), ou dans le cas d'adaptation d'individus particulièrement résistants, la longévité de cette espèce est courte et elle commence souvent à dépérir dès la sixième ou septième année sous l'isohyète 750 mm à partir duquel nous en recommandons l'emploi, ce qui fait que les plantations seront, en fait, exploitées peu de temps avant leur disparition naturelle.

L'utilisation d'une espèce que nous qualifions de « mal adaptée » ne doit cependant pas choquer, il en va bien ainsi en agriculture où de nombreuses espèces, plus ou moins sélectionnées, ne sauraient naturellement survivre sans l'intervention continue de l'homme. D'ailleurs la sylviculture de l'*Eucalyptus* en zone tropicale sèche, et il en va de même pour la conduite de bien d'autres espèces, nécessite la mise en œuvre de techniques et pratiques culturales bien précises qui en font, en définitive, une véritable culture d'arbres.

1.2.2. — Le *Gmelina arborea*.

Cette espèce est originaire des Indes et les provenances importées sont adaptées à une pluviométrie de l'ordre de 1.000 mm à 1.300 mm.

Son utilisation au-dessous de l'isohyète 1.000 mm (jusqu'à 800 environ) la sort de son aire normale, mais elle est encore possible et intéressante, comme nous le verrons dans l'étude de sa production. Il faudra cependant lui réserver les sols conservant le mieux l'eau tout en évitant les bas-fonds mouilleux où l'espèce ne se plaît pas.

1.2.3. — L'*Azadirachta indica*.

Le Neem est une espèce étonnamment plastique

qui peut parfaitement réussir jusqu'à l'isohyète 400 mm. Il est probable que son aire de prédilection est voisine de l'isohyète 700 mm. On constate parfois la régénération naturelle du Neem dans cette zone, ce qui est un excellent critère d'adaptation.

Du point de vue sol, les meilleures conditions sont réalisées avec un sol léger et présence d'une nappe phréatique à 1,5 m-2,5 m de profondeur, mais ce sont là des conditions assez exceptionnelles. La plasticité de l'espèce est cependant telle qu'aucune exclusive ne peut être lancée contre elle, à l'exception des sols trop lourds qu'il y a lieu d'éviter

1.3. — VARIATION DU RENDEMENT EN FONCTION DE LA NATURE DU SOL

Sol et espèce de reboisement étant choisis, il est bon que le forestier puisse avoir une idée approximative de la production qu'il peut escompter. Des indications seront apportées au chapitre « Production » (cf. 3^e partie, chap. VIII) mais ce chapitre rend peu compte des variations de rendement en fonction de la nature des sols.

Ces variations sont importantes mais seuls des essais bien conçus peuvent nous donner des indications précises sur celles-ci. Un seul essai, ayant pour but d'étudier ce problème, a été implanté jusqu'à présent en Afrique tropicale sèche à Wayen (Haute-Volta) en 1976, essai pour lequel les résultats ne sont pas définitivement acquis.

TRAITEMENTS : cinq types de sol ont été testés :

- T 1 : Sol vertique sur migmatite
- T 2 : Sol ferrugineux gravillonnaire
- T 3 : Sol ferrugineux sur alluvions anciennes (terrasse jaune)
- T 4 : Sol ferrugineux sur migmatite, sol normalement à éliminer de projets de reboisement
- T 5 : Vertisol.

ESPÈCES TESTS CONSTITUANT DES SOUS-TRAITEMENTS :

Gmelina arborea
Azadirachta indica

et des sols de trop faible profondeur (dalle latéritique à moins de 1,50 m de la surface par exemple).

1.2.4. — Le *Cassia siamea*.

C'est une espèce qui peut, comme le Neem, donner de bons résultats avec des pluviométries aussi éloignées que 600 mm ou 1.500 mm.

Le parallèle s'arrête là, car contrairement au Neem, cette espèce est peu plastique du point de vue sol. Elle exige pour avoir une croissance correcte, un sol riche, profond, ni trop léger ni trop lourd, ce qui fait que son emploi devrait être beaucoup plus limité qu'il ne l'est actuellement.

Cassia siamea

Eucalyptus camaldulensis.

L'essai comprenait également *Acacia nilotica*, mais du fait du mélange de deux variétés de cette espèce à l'intérieur des placeaux (les variétés *adansonii* et *tomentosa* écologiquement très différentes l'une de l'autre), cette espèce a été éliminée de l'analyse.

NOMBRE DE BLOCS : quatre par type de sol, le travail du sol réalisé sur ces blocs n'a pas été le même : sous-solage complet croisé pour deux d'entre eux, sous-solage croisé par bandes espacées de quatre mètres pour les deux autres. Il ne peut évidemment être question de tenir compte de la surimposition d'un nouveau traitement dans un essai qui en comporte déjà deux types ; cette surimposition n'est cependant pas un défaut fondamental puisque, au niveau de l'analyse, les variations dues au travail du sol sont intégrées aux variations dues aux blocs.

Les placeaux comportent 5 × 5 plants à 4 m × 4 m.

DATE DE PLANTATION : plantation effectuée du 28/6 au 12/7/76, chaque espèce étant plantée le même jour sur l'ensemble des types de sol.

RÉSULTATS : le tableau suivant donne la synthèse des résultats des mensurations d'octobre 1977.

Espèces	Sols															Résultats globaux			
	1			2			3			4			5						
	Σ	H	H _m	%	Σ	H	H _m	%	Σ	H	H _m	%	Σ	H	H _m	%	Σ	B	H _m
<i>Cassia siamea</i>	421	4,21	100	367	3,78	97	421	4,21	100	240	2,64	91	380	3,96	96	1.829	3,78	96,8	
<i>Azadirachta indica</i> .	326	3,29	99	329	3,29	100	364	3,64	100	179	2,08	86	348	3,51	99	1.546	3,19	96,8	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	430	4,52	95	386	3,90	99	383	4,35	88	283	3,11	91	291	3,30	88	1.773	3,85	92,2	
<i>Gmelina arborea</i>	353	3,53	100	322	3,22	100	378	3,78	100	208	2,29	91	333	3,47	96	1.594	3,27	97,4	
Résultats globaux.	1.530	3,88	98,5	1.404	3,55	99,0	1.546	3,98	97,0	910	2,53	89,75	1.352	3,56	94,75	6.742	3,52	95,8	

Niamey (Niger), station de l'Aviation, février 1972.
Cassia siamea planté en juillet 1970. Mauvais choix du sol pour cette espèce.

Photo Delwaille.

La hauteur moyenne, H_m , est exprimée en mètres.

ΣH , somme des hauteurs, est également exprimée en mètres,

— c'est une expression qui intègre hauteur moyenne et % de reprise,

— c'est une bonne approche de la production.

Au niveau des résultats globaux, ΣH représente toujours la somme des hauteurs des arbres vivants, H_m : la hauteur moyenne de la totalité des arbres vivants pris en compte (et non la moyenne des hauteurs moyennes par placeau).

ANALYSES : il est possible d'effectuer plusieurs types d'analyses sur cet essai :

— Analyse des chiffres globaux donnant une classification des potentialités globales des sols ou des espèces.

— Analyse portant sur une seule espèce et donnant une classification des types de sols en ce qui concerne cette espèce.

— Analyse portant sur un type de sol et donnant une classification des espèces en ce qui concerne ce type de sol.

Nous ne donnons pas ici le résultat de ces analyses car il est trop tôt, à notre sens, pour tirer des conclusions objectives de cet essai. L'expérience nous a en particulier montré combien était illusoire le démarrage spectaculaire du *Cassia siamea* sur de nombreux types de sols alors que seules, les plantations réalisées avec cette espèce sur sols riches et profonds ont un certain avenir. Par ailleurs, il est certain qu'à l'âge d'un peu plus d'un an, les plants n'ont encore fait usage que d'une partie des potentialités



des sols, partie probablement variable selon les sols testés ce qui nous interdit une classification à l'heure actuelle.

II. — LE DÉFRICHEMENT

Mis à part le cas où la recherche forestière est associée à un projet de reboisement, les données qu'elle peut fournir en matière de défrichage n'ont qu'une valeur indicative approchée. En effet, les parcelles de recherches ont généralement une superficie limitée et, que le défrichage soit fait à la main ou à l'aide d'engins, les valeurs

trouvées sont difficilement extrapolables. Seuls, en fait, devraient pouvoir être pris en compte les défrichements effectués sur de vastes surfaces et comportant bien sûr, une densité de végétation analogue à celle des terrains où les plantations sont prévues.

2.1. — LE DÉFRICHEMENT MANUEL

Nos connaissances en ce domaine concernent les savanes à Combrétacées (*Combretum glutinosum*,

Combretum micranthum, *Guiera senegalensis*) du Niger sous l'isohyète 600 mm.

Lorsque la végétation est alors relativement dense, elle nécessite pour les opérations de coupe, dessouchage, déblaiement et mise en stère des produits,

4 CE/J/HECTARE ET 80 H/J/HECTARE (1)

Il est délicat de passer de ces chiffres, résultats de comptages sur des parcelles de l'ordre de 10 à

15 ha, aux chiffres à prévoir pour des savanes soudanaises plus denses. Pour la région de Ouagadougou (isohyète 850 mm), nous avons conseillé de retenir les chiffres de :

7 CE/J/HECTARE ET 115 H/J/HECTARE

mais ceux-ci demandent à être vérifiés.

2.2. — LE DÉFRICHEMENT MÉCANIQUE

Le défrichement mécanique que nous avons pratiqué et qui est généralement adopté par les organismes chargés de reboisement est effectué au bulldozer type D 6 ou D 7 à l'aide de la pelle. Poussés par celle-ci les arbres se déracinent généralement bien mais il est parfois utile, pour les plus gros d'entre eux de creuser au préalable avec la pelle autour de la base du tronc en sectionnant quelques racines maîtresses. Les arbres sont ensuite poussés et andainés en limite de parcelle.

D'autres types de défrichement mécanique, notamment l'abattage des arbres à la chaîne sont également utilisés, en particulier au Mali, mais nous n'en avons pas l'expérience et les chiffres que nous citerons concerneront donc le type de travail décrit ci-dessus.

Les chiffres obtenus sur parcelles de recherche ne tiennent pas compte des différents aléas propres aux vastes plantations : pannes, entretien du matériel, déblaiement sur des distances importantes. Aussi citerons-nous les chiffres obtenus à Dagouma et à Bobo Dioulasso (Hte-Volta) sur les chantiers PNUD/FAO d'assez grande surface, chiffres qui nous ont été communiqués par M. TURKOS, directeur de l'opération à l'époque :

	Dagouma 300 ha 1975		Dagouma 100 ha	Bobo Dioulasso 300 ha 1976
	D 6	D 7	D 6	D 7
Engin utilisé.....				
Défrichement temps/ha	58'	1 h 01'	1 h 10'	1 h 29'
Déblaiement temps/ha	1 h 03'	1 h 02'	47'	1 h 25'
Total temps/ha	2 h 01'	2 h 03'	1 h 57'	2 h 54'

Des valeurs analogues nous ont été fournies par M. GRANEC, chiffres relatifs à une plantation réalisée en 1977, à Wayen (Haute-Volta) sous l'isohyète 850 mm :

Déforestation + dessouchage : au D 7 0 h 58'/ha
: au D 6 1 h 17'/ha
Andainage : au D 6 1 h 01'/ha

Il serait intéressant de pouvoir confirmer ces chiffres par un contrôle strict sur toutes les opérations réalisées sur de vastes chantiers de reboisement.

Pour l'instant nous retiendrons que :

— sous l'isohyète 900 mm (Dagouma), il faut compter environ 2 h/ha pour le défrichement proprement dit et le déblaiement du terrain. Ce temps semble être peu dépendant du type d'engin utilisé à partir d'une certaine puissance et le D 7 est peut-être sous-utilisé pour une telle opération dans des savanes ne comportant pas de très gros bois ;

— sous l'isohyète 1.100 mm (Bobo Dioulasso) la végétation plus importante impose un plus long temps de travail, à peine inférieur à 3 h/ha.

Notons que, pour un autre projet de reboisement, effectué sous l'isohyète 800 mm, à Gonsé (Haute-Volta), MM. KAMBOU et WEINSTABEL (cf. bibliographie) notent des chiffres supérieurs :

Défrichement et nettoyage effectué au :

D 7 F avec transmission mécanique : 3 h 10'/ha
D 7 G avec servo-transmission : 2 h 50'/ha .

Ils font également état de l'utilisation d'un rouleau défricheur (rolling choper) à trois rouleaux de 2 tonnes chacun, 6,50 m de largeur travaillée, engin qui n'a pas donné de bons résultats et dont ils déconseillent l'emploi.

III. — LE TRAVAIL DU SOL

Deux grandes options peuvent être prises : le travail mécanique et le travail manuel :

(1) CE/J : jours de Chef d'équipe — H/J : jour de manœuvre.

— le travail mécanique s'impose pour des surfaces importantes lorsque les pentes sont modérées, ce qui est généralement le cas en Afrique tropicale sèche ;

— le travail manuel est adapté aux boisements de petites dimensions du type bois de village.

Nous allons passer en revue ces deux types de travaux, comparer leur efficacité puis donner

quelques indications sur les temps en main-d'œuvre et en engins.

3.1. — TRAVAIL MÉCANIQUE DU SOL

De nombreux essais ont été mis en place portant sur le travail mécanique du sol : Aviation et Ndounga au Niger, Gampela et Dinderesso en Haute-Volta, Ross Bethio et Bandia au Sénégal. Nous donnerons les résultats des essais de l'Aviation, de Gampela et de Dinderesso auxquels nous joindrons ceux d'un essai réalisé un peu en dehors de notre zone, à Korhogo dans le Nord de la Côte-d'Ivoire.

3.1.1. — Essai travail mécanique du sol, Aviation 1967 (Niger).

TRAITEMENTS :

- L : labour simple,
- S : sous-solage une dent,
- B : bourrelet de 40 cm de haut fait au bulldozer,
- SB : sous-solage + bourrelet,

T : Témoin : trouaison de 30 cm × 30 cm × 30 cm.

DISPOSITIF : *placeaux* de 182 plants à l'espacement 4 m × 3 m :

- L : 5 placeaux,
- S : 6 placeaux,
- B : 4 placeaux,
- SB : 6 placeaux,
- T : 4 placeaux.

Ces placeaux sont disposés sensiblement au hasard sur le terrain. Il ne s'agit cependant pas d'un dispositif statistique et les résultats ne sont donnés qu'à titre indicatif.

ESPÈCE TEST : *Eucalyptus camaldulensis*, origine inconnue, mal adaptée.

PLANTATION : 2 au 5 août 1967.

RÉSULTATS : l'espèce étant mal adaptée et s'éli-

Gonsé (Haute-Volta) Juillet 1975. Débroussaillage en bulldozer.

Photo Delwaulle.



minant rapidement au fil des ans, seuls les premiers résultats sont à imputer aux traitements, nous donnons donc les résultats au 15/11/68 soit à 15 mois.

	L	S	B	SB	T
% de reprise.....	97	92,3	78,7	86	88,6
Hauteur en m.....	2,80	3,65	3,10	3,40	3,3

CONCLUSIONS : les meilleurs pourcentages de reprise sont obtenus par les traitements « labour » et « sous-solage ». La croissance la meilleure est obtenue par le sous-solage, la croissance la plus médiocre par le labour.

La présence d'un bourrelet, technique importée d'Afrique du Nord, a un effet dépressif certain (on obtient des résultats inférieurs à ceux obtenus sur les placeaux témoins tant pour le pourcentage de reprise que pour la hauteur), même si ce bourrelet est réalisé sur sous-solage (les résultats du traitement « sous-solage bourrelet » sont nettement inférieurs aux résultats du « sous-solage simple »).

3.1.2. — Essai travail mécanique du sol, Gampela 1967 (Haute-Volta).

TRAITEMENTS :

T : Témoin, potets de 30 cm × 30 cm × 30 cm.

B : Billons réalisés au tracteur C. D. 8 travaillant lame inclinée, hauteur 20 cm.

S : sous-solage deux dents à cheval sur la ligne de plantation, réalisé au C. D. 8, profondeur 45 cm.

SB : sous-solage + bourrelet, association des traitements S et B, hauteur du billon 40 cm.

DISPOSITIF : carré latin, plateaux de 196 plants à l'espacement 4 m × 3 m (placeaux de 52 m × 42 m). Un placeau (B) a dû être éliminé en raison de très mauvaises conditions locales de sol ce qui a compliqué, mais non empêché, l'interprétation statistique.

ESPÈCE TEST : *Eucalyptus camaldulensis*.

PLANTATION : début août 67.

RÉSULTATS : en ce qui concerne le pourcentage de reprise, seuls les premiers résultats peuvent être directement imputables aux traitements.

	T	B	SB	S
Décembre 1967.....	92,6	93,8	99,3	97,6
Décembre 1968.....	82,3	86,0	95,5	95,0

Pour ce qui concerne la production, la meilleure donnée est celle obtenue par la coupe qui a été réalisée en novembre 1971, soit à 4 ans 1/2 (notons

que les chiffres cités ont une valeur certaine du point de vue statistique mais que, obtenus sur des petites parcelles, il n'est pas prudent d'en tenir compte sans précaution pour des calculs économiques de production. Nous reviendrons sur ce problème en traitant de la production : 3^e partie, chap. VIII).

	T	B	SB	S
Cubage en m ³ /ha.....	10,0	9,2	16,1	17,2
Production m ³ /ha/an.....	2,31	2,12	3,72	3,96

CONCLUSIONS : les meilleurs pourcentages de reprises sont obtenus par le sous-solage et par le sous-solage-bourrelet. L'analyse des résultats relatifs à la production donne les résultats suivants (au seuil 0,95) :

S SB T B

Il n'y a pas de différence significative entre « sous-solage » et « sous-solage-bourrelet » ; le « sous-solage » donnant cependant une meilleure production que le « sous-solage-bourrelet » et étant, d'autre part, plus facile et plus économique à réaliser, il y a lieu de préconiser le sous-solage simple.

Il n'y a pas de différence significative entre témoin et bourrelet, ce dernier traitement accusant cependant une production plus faible que le témoin.

Il existe une différence significative entre (S, SB) et (T, B).

3.1.3. — Essai travail mécanique du sol, Dindresso 1966 (Haute-Volta).

TRAITEMENTS :

S : sous-solage deux dents, dents espacées de 1 m, profondeur 65 cm, les 2 dents à cheval sur la ligne de plantation.

B : bourrelet sur la ligne de plantation, h = 40 cm (pelle du CD 8 inclinée) plantation sur le flanc du bourrelet.

LB : labour, charrue trois disques, profondeur 30 cm + billonnage à la main h = 20 cm.

SB : sous-solage + bourrelet.

T : témoin, potets 30 cm × 30 cm × 30 cm.

DISPOSITIF : 3 placeaux par traitement, disposés au hasard sur le terrain.

16 × 16 = 256 plants par placeau à l'espacement de 3 m × 3 m.

ESPÈCE TEST : *Eucalyptus citriodora* origine Queensland.

PLANTATION : 19 et 20 juillet 1966.

RÉSULTATS : pourcentage de reprise à 5 mois et à 1 an et 5 mois.



Sous-solage en forêt classée des Bayilles (Sénégal). Juin 1977.

Photo Delwaille.

	S	B	LB	SB	T
Décembre 66.....	89,6	88,7	86,6	89,2	81,3
Décembre 67.....	86,6	84,0	76,9	82,2	77,3

En ce qui concerne la production, une approche en est donnée par la surface terrière/parcelle, exprimée en dm^2 , mesures du 5/1/73 (6 ans 1/2).

S	B	LB	SB	T
125,4	123,1	113,6	124,2	109,8

L'essai a été exploité fin 1974 à l'âge de 8 ans 1/2. L'exploitation a malheureusement été interrompue par un incendie. Nous ne disposons donc de données, en ce qui concerne la production que pour une parcelle de chaque traitement et les chiffres qui suivent sont donc à interpréter avec précaution.

	S	B	LB	SB	T
Production de perches m^3/ha	62,5	56,3	51,1	55,1	49,6
Production totale m^3/ha (1)	88,9	82,5	75,9	78,7	63,4
Production totale annuelle $m^3/ha/an$	10,46	9,71	8,93	9,25	8,16

(1) Perches + bois de feu.

CONCLUSIONS : les pourcentages de reprise s'ordonnent comme suit :

S — B — SB — T — LB .

Le « sous-solage seul » est une fois de plus en première position mais il y a lieu de constater que le « bourrelet » ne semble pas aussi néfaste que dans le cas des essais de l'Aviation et de Gampela.

Les données de janvier 1973 montrent que trois traitements : « sous-solage », « sous-solage-bourrelet » et « bourrelet » sont très voisins encore que le « sous-solage » l'emporte légèrement, « labour-bourrelet » et « témoin » sont largement distancés. Les

résultats partiels à l'exploitation confirment ce jugement et permettent une fois de plus de recommander le sous-solage.

3.1.4. — Essai travail mécanique du sol Korhogo 1967 (Côte-d'Ivoire).

Il nous semble intéressant de citer les résultats d'un essai de même nature obtenu en zone soudano-guinéenne au Nord de la Côte-d'Ivoire, résultats cités par Ch. DEREIX (cf. Bibliographie).

TRAITEMENTS : deux traitements :

A : sous-solage suivi d'un labour croisé ;

B : sous-solage, labours et billonnage à la daba senoufo (1) selon les courbes de niveau (hauteur des billons 50 cm, distance entre les sommets de deux billons successifs : 3 m). Plantation à 3 m × 3 m sur les billons, au 1/3 inférieur de ces derniers. Il s'agit donc d'une technique proche de la « méthode steppique », terme utilisé par l'auteur, technique préconisée en Afrique du Nord.

DISPOSITIF : pas de dispositif, les deux parcelles A et B ont une surface de 2 ha et ont été plantées comme suit :

1 ha *Eucalyptus citriodora*
 1/2 ha *Eucalyptus citriodora*
 1/4 ha *Eucalyptus tereticornis*
 1/4 ha *Eucalyptus* 12 ABL.

RÉSULTATS : le rapport de Ch. DEREIX, relatif à l'interprétation des résultats des mesures de décembre 1975 (8 ans 1/2), ne précise pas la nature de la donnée x mesurée.

	<i>E. citriodora</i> 1 ha	<i>E. citriodora</i> 1/2 ha	<i>E. tereticornis</i>	E 12 ABL
A	29,7	32,8	20,4	32,8
B	35,0	40,6	29,6	29,2

CONCLUSIONS : l'analyse de ces données montre qu'il existe des différences significatives entre B et A pour les deux essais *E. citriodora* et pour *E. tereticornis*. La différence entre A et B pour E 12 ABL n'est pas significative.

Sous la latitude et le climat de Korhogo, le « sous-solage bourrelet » se révèle donc supérieur au « sous-solage simple ».

3.1.5. — Conclusions générales des essais travail mécanique.

Les essais réalisés au Niger, en Haute-Volta et au Sénégal montrent que le travail mécanique du sol aboutissant aux meilleurs résultats est le sous-solage. C'est donc la technique à utiliser.

Le billonnage effectué seul ou sur sous-solage préalable est une technique d'autant plus néfaste que le climat est plus aride. Ces techniques deviennent équivalentes au sous-solage seul sous la latitude de Bobo Dioulasso et se révèlent être meilleures plus au Sud. La « méthode steppique », technique proche du sous-solage-billonnage, valable en Afrique du Nord est donc inadaptée en Afrique tropicale sèche et elle ne pourrait commencer éventuellement à présenter un intérêt que lorsque les conditions d'aridité s'estompent et que l'on pénètre en zone soudano-guinéenne.

La méthode à recommander est donc le sous-solage profond avec un tracteur lourd.

Nous avons tendance, pour notre part, à préconiser un sous-solage trois dents, croisé, réalisé par un engin puissant (Caterpillar type D 7, par exemple). Il est cependant évident que le forestier de terrain et l'économiste souhaiteraient voir alléger ce poste important et il est urgent que la recherche apporte une réponse claire en comparant au minimum les techniques suivantes réalisées au D 7 :

- sous-solage croisé trois dents, complet,
- sous-solage trois dents complet, non croisé,
- sous-solage deux dents croisé, au niveau des lignes de plantation,
- sous-solage une dent, croisé, au niveau des lignes de plantation.

Ces dernières techniques sont actuellement utilisées, par souci d'économie, par des forestiers de terrain. Lorsqu'on se rappelle que l'intérêt essentiel du travail du sol est de constituer un volume important de sol ameubli afin de favoriser le démarrage rapide des plants et de constituer le stock d'eau maximum en saison des pluies afin de le remettre à la disposition des plants en saison sèche, on peut se demander s'il s'agit bien là, en fin de compte, d'une véritable économie.

Un essai important mis en place en 1977 à Bandia (Sénégal) apportera certainement des éléments de réponse intéressants puisque, parallèlement à des techniques du travail manuel du sol, sont testés dans un dispositif en blocs complets (quatre blocs, espèce test *Eucalyptus camaldulensis*) les traitements suivants :

- sous-solage croisé, 60 cm de profondeur, écartement des dents 90 cm, effectué en février (3 dents) ;
- sous-solage croisé, 40 cm de profondeur, écartement des dents 45 cm, effectué en février (3 dents) ;
- sous-solage croisé, 60 cm de profondeur, écartement des dents 90 cm, effectué en juin (3 dents) ;
- sous-solage croisé, 40 cm de profondeur, écartement des dents 45 cm, effectué en juin (3 dents) ;
- sous-solage simple, 60 cm de profondeur, écartement des dents 90 cm ;
- sous-solage croisé une dent, 60 cm de profondeur, sur la ligne de plantation.

(1) Engin aratoire utilisé par les paysans de race Senoufo Nord Côte-d'Ivoire, Sud-Est Haute-Volta).

3.2. — TRAVAIL MANUEL DU SOL

Le travail mécanique du sol est adapté aux plantations d'assez grande surface mais ne se justifie plus pour de petites plantations. En particulier, il est utile de mettre au point une technique manuelle pour la réalisation de plantations villageoises (bois de villages).

Parmi les essais effectués nous citerons ceux de Gampela (Haute-Volta) en 1967 et de N'Dounga (Niger) en 1972 :

3.2.1. — Essai travail manuel du sol, Gampela 1967 (Haute-Volta).

En 1967, la méthode steppique, importée d'Afrique du Nord, était testée dans les zones sèches d'Afrique au Sud du Sahara. Outre des essais « travail mécanique », il semblait donc opportun de voir si une méthode manuelle pouvait imiter la « méthode steppique » et c'est pourquoi fut essayée la « méthode taupinière » qui consiste à planter au sommet d'une petite butte de terre réalisée à la main.

TRAITEMENTS :

- 1) plantation en potets de 30 cm × 30 cm × 30 cm,
- 2) plantation sur « taupinière ».

DISPOSITIF : placeaux de 35 plants à l'espacement de 4 m × 4 m. 12 répétitions.

ESPÈCE TEST : *Eucalyptus camaldulensis*.

RÉSULTATS : un an et demi après la plantation (décembre 1968) les résultats étaient les suivants :

	% de reprise	Hauteur H en m
Potets	94,2	3,96
Taupinière	89,3	3,85

Les différences constatées sont significatives en ce qui concerne les pourcentages de reprise.

CONCLUSION : la plantation sur butte, comme le billonnage, a un effet dépressif certain ; la plantation classique en potets, même de petite taille comme dans cette expérience, demeure préférable.

3.2.2. — Essai travail manuel du sol, N'Dounga 1972 (Niger).

Un essai comparatif portant sur le travail manuel du sol fut mis en place en 1972 à la station de N'Dounga près de Niamey au Niger. Cet essai est particulièrement intéressant du fait que la pluviométrie de 1972, très déficiente (281 mm pour l'année sur la

station), a accentué les différences entre traitements en ce qui concerne les pourcentages.

TRAITEMENTS : ceux-ci furent mis en place après un labour du sol réalisé en saison sèche, labour destiné non à effectuer un véritable travail du sol, mais à permettre l'emménagement des premières pluies. Ces traitements sont représentés en bas de page.

DISPOSITIF : monoarbre avec 250 répétitions soit 1.250 plants à 3 m 50 sur 3 m 50. Une ligne neutre autour de l'essai.

ESPÈCE TEST : *Eucalyptus camaldulensis*.

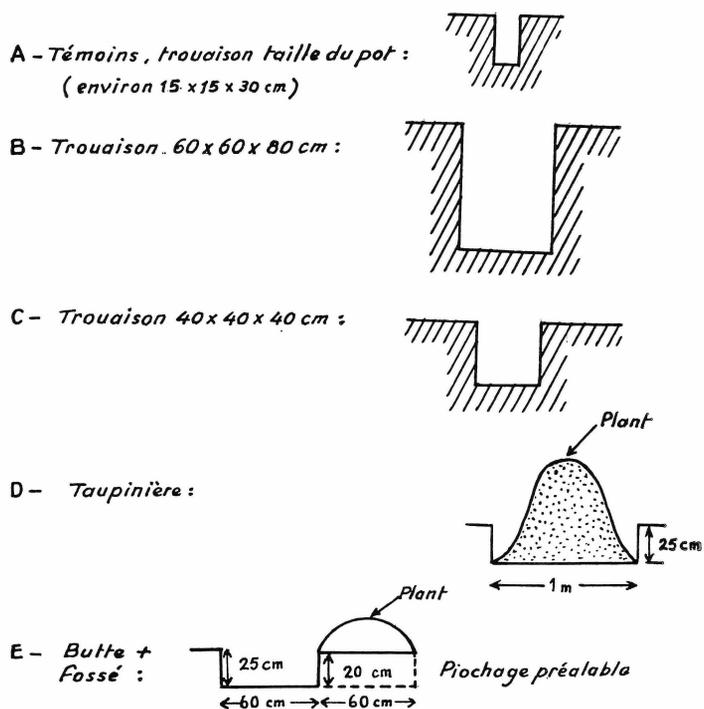
PLANTATION : 11 et 12 juillet 1972.

RÉSULTATS : à la fin du mois de novembre 1972, les résultats furent les suivants :

	A	B	C	D	E
%	86,8	96,4	93,6	59,2	79,6
H _m	1,04	1,17	1,09	1,05	1,06

Le traitement B est significativement différent des autres traitements.

CONCLUSION : la méthode des grands potets est la technique qui donne les meilleurs résultats, cette supériorité est d'autant plus nette que les potets sont plus grands.



La méthode « taupinière », plantation sur butte, est à proscrire.

Nous remarquons que même lorsque l'année est particulièrement sèche (moins de 300 mm) il est possible d'obtenir un excellent pourcentage de reprise (plus de 95 %) en effectuant un travail sérieux du sol et en respectant par ailleurs d'autres impératifs techniques (date de plantation, entretien, etc...). Nous noterons que la technique du grand potet ne nécessite qu'un matériel réduit (pelle, pioche, éventuellement barre à mine) ; le manœuvre effectuant la tâche dispose d'un bâton de la taille du trou demandé (60 cm pour le potet 60 × 60 × 60) et le chef d'équipe vérifie que les trous réalisés l'ont été à la dimension requise. Peu avant la plantation, les trous sont rebouchés, de préférence après les

3.3. COMPARAISON TRAVAIL MÉCANIQUE, TRAVAIL MANUEL DU SOL

Le travail mécanique du sol est destiné aux reboisements de type industriel, le travail manuel est réservé aux boisements de faible superficie (bois de village).

Ces deux techniques étant au point, il était intéressant de comparer leur efficacité et c'est ce qui fut fait en 1973 à la station de N'Dounga (Niger) et plus récemment à Bandia (Sénégal) en 1977.

3.3.1. — Comparaison travail mécanique-travail manuel, N'Dounga 1973.

TRAITEMENT :

A : sous-solage croisé trois dents au D 7.

B : grands potets 60 cm × 60 cm × 60 cm.

DISPOSITIF : blocs complets, huit répétitions. Placeaux de 64 plants dont 36 plants centraux comptés afin d'éliminer les interactions.

ESPÈCE TEST : *Eucalyptus camaldulensis*.

PLANTATION : 19 et 20 juillet 1973.

RÉSULTATS : nous donnerons les résultats trois mois après la plantation et à trois ans et demi (janvier 1977).

Les différences sont significatives en ce qui concerne les hauteurs moyennes :

3.4. — COÛT DU TRAVAIL DU SOL

Nous donnerons ces coûts sous forme de CE/J (nombre de jours du chef d'équipe), d'H/J (homme/jour) et de temps d'utilisation d'engin.

3.4.1. — Travail mécanique du sol.

Nous avons effectué le contrôle de durée des travaux sur deux parcelles expérimentales et

toutes premières pluies : on a ainsi pour le plant à mettre en place un volume important de terre meuble bien humectée.

3.2.3. — Conclusion générale des essais « travail manuel ».

Il est possible de réaliser des plantations très correctes en effectuant manuellement le travail du sol.

Il est important de mettre à la disposition du plant un volume important de sol travaillé et il faut, par ailleurs, proscrire la méthode « taupinière » ou plantation sur butte.

Nous préconisons donc la méthode des grands potets de 60 cm × 60 cm × 60 cm (1).

	10/73		1/77	
	%	H_m	%	H_m
Travail mécanique.....	99,3	1,48	96,6	6,50
Travail manuel.....	99,6	1,42	92,7	5,83

CONCLUSION : le travail mécanique sérieux du sol donne des résultats meilleurs que ceux obtenus par un bon travail manuel.

On remarquera cependant que les résultats demeurent bons dans le cas du travail manuel et ce seront des considérations de surface, d'organisation de chantier, des raisons économiques ou sociologiques qui orienteront le choix du reboiseur vers tel ou tel type de travail du sol.

3.3.2. — Comparaison travail mécanique-travail manuel, Bandia 1977 (Sénégal).

Nous avons déjà indiqué (cf. travail mécanique) qu'un essai comparant des techniques de travail mécanique et travail manuel du sol avait été mis en place à Bandia en 1977 et nous avons donné les traitements relatifs au travail mécanique.

A ces traitements s'ajoutent, en particulier, le grand potet (60 cm × 60 cm × 60 cm), le moyen potet (40 cm × 40 cm × 40 cm) et le potet de la taille du pot.

Il est actuellement trop tôt pour tirer des conclusions de cet essai.

obtenu des données relatives à quelques chantiers de reboisement.

(1) L'expérience décrite au paragraphe 3.2.2 fait état de potets de 60 cm × 60 cm × 80 cm mais cette profondeur de 80 cm est difficile à obtenir pratiquement et nous préférons donc préconiser une profondeur de 60 cm.

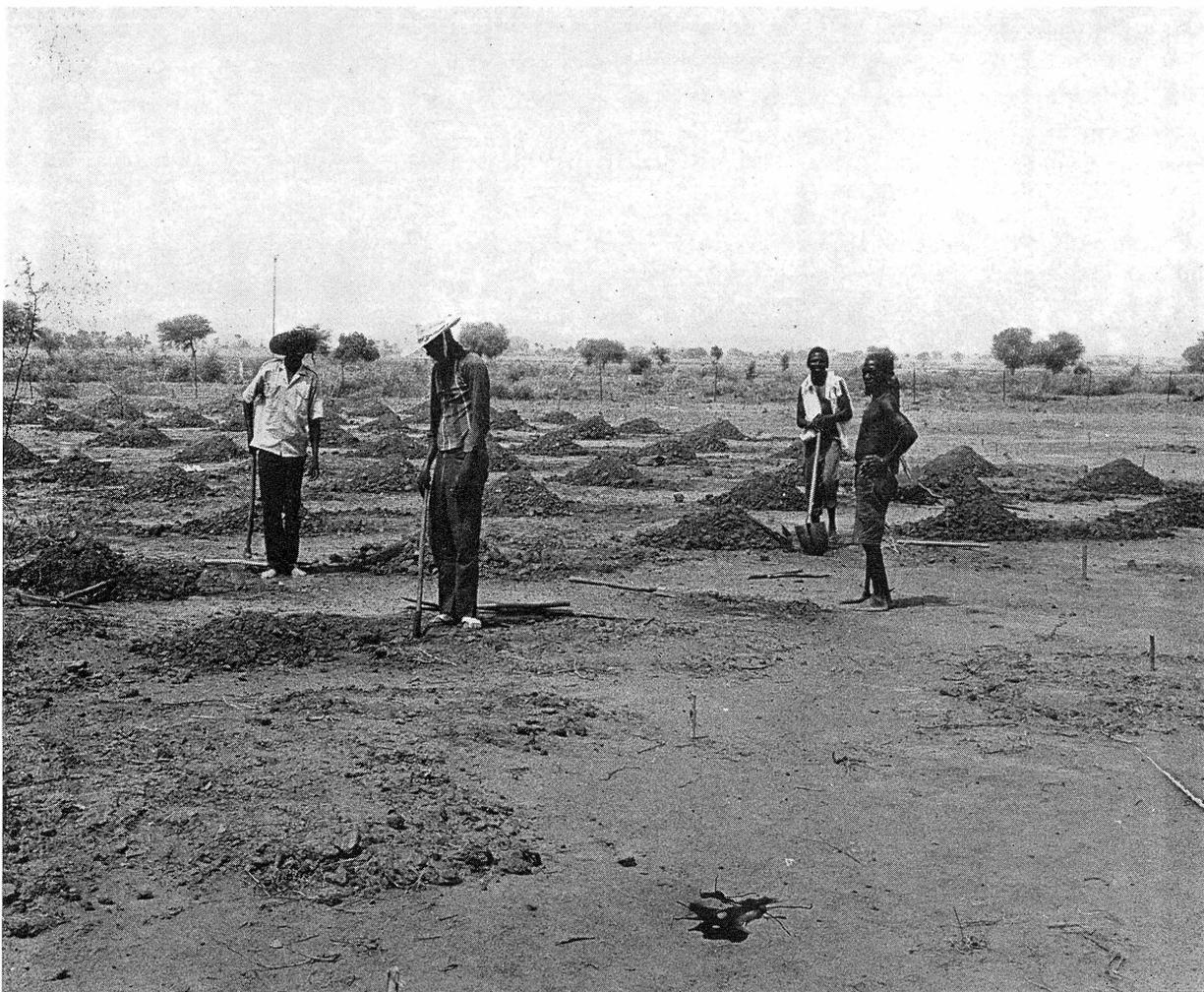


Photo Delwaille.

Plantation de Sékoira (Niger). Travail manuel, trouaison 60 cm × 60 cm × 70 cm.

3.4.1.1. — TRAVAIL MÉCANIQUE DU SOL
N'DOUNGA 1972 (NIGER).

Parcelle expérimentale de 11,5 ha.

Engin utilisé : tracteur caterpillar D 6 équipé
d'une sous-soleuse trois dents (profondeur environ
50 cm).

Sous-solage croisé complet sur 11,5 ha :

1 ^{er} passage : travail effectif	25 h	} 27 h soit 2 h 21'/ha	} Total 3 h 29'/ha.
entretien de l'engin	2 h		
2 ^e passage : travail effectif	12 h	} 13 h soit 1 h 08'/ha	
entretien de l'engin	1 h		

3.4.1.2. — TRAVAIL MÉCANIQUE DU SOL
N'DOUNGA 1973 (NIGER).

Parcelle expérimentale de 11 ha.

Engin utilisé : tracteur Caterpillar D 7 équipé
d'une sous-soleuse « ROME » trois dents écartées
de 1 m (profondeur environ 65 cm).

Sous-solage croisé complet sur 11 ha :

1^{er} passage : travail + entretien 20 h soit 1 h 49'/ha
 2^e passage : travail + entretien 12 h soit 1 h 05'/ha } 2 h 54'/ha.

L'extraction des racines pendant et après le passage du D 7 a occasionné le travail de 4 CE/J et 26 H/J, soit 0,36 CE/J/ha et 2,36 H/J/ha.

Ce sous-solage a été suivi d'un passage croisé au pulvérisateur à disques destiné à casser les mottes et à faciliter la réalisation d'« arêtes de poisson » (voir § 73). On a utilisé un pulvérisateur tiré par un tracteur à roues Ferguson MF 175 :

1^{er} passage : 9 h
 2^e passage : 9 h } 18 h soit 1 h 38'/ha.

Sous-solage complet, un seul passage.....	225	ha
Sous-solage croisé complet (deux passages)	12,5	ha
Sous-solage uniquement sur les lignes de plantations	25	ha (passage croisé)
	<hr/>	
	262,5	ha

Temps total 662 h soit 2 h 31' par hectare.
 Ces chiffres sont assez proches de ceux obtenus

3.4.1.3. — TRAVAIL MÉCANIQUE DU SOL DAGOUMA 1975 (HAUTE-VOLTA). CHANTIER DE REBOISEMENT.

M. TURKOS, Directeur du projet de reboisement PNUD/FAO en Haute-Volta, nous a fourni les données suivantes relatives au travail du sol réalisé en 1975 à Dagouma au tracteur Caterpillar D 6 équipé d'une sous-soleuse trois dents (profondeur environ 45 cm).

à N'Dounga en 1972 avec un matériel similaire.
 Ils correspondent sensiblement à :

Premier passage complet	2 h 27' par ha pour	225 + 12,5 = 232,5 ha	soit 569 h 38'
Deuxième passage croisé	1 h 15' par ha pour	12,5 ha	soit 15 h 38'
Sous-solage croisé sur lignes de plantations	3 h 05' par ha pour	25 ha	soit 77 h
		<hr/>	
			662 h

3.4.1.4. — TRAVAIL MÉCANIQUE DU SOL WAYEN 1977 (HAUTE-VOLTA).

Notons que pour le chantier AAVV (1) en forêt classée de Wayen (Haute-Volta) réalisé en 1977 sur environ 300 ha, M. GRANEC nous a cité les chiffres suivants : 2 h 20' à 2 h 30' pour un sous-solage en plein, un seul passage.

3.4.1.5. — CONCLUSION.

La durée du travail du sol dépend de la nature du sol, de l'importance des souches, donc de la végétation initiale, de l'engin utilisé, de l'organisation du chantier et du métier du conducteur d'engin.

Nous pouvons cependant donner les valeurs suivantes :

Avec un tracteur D 6 équipé d'un ripper 3 dents, sous-solage complet :

Premier passage : environ 2 h 25'/ha
 Deuxième passage : environ 1 h 15'/ha.

Avec un tracteur plus puissant, type D 7, le

travail est un peu plus rapide et il est par ailleurs beaucoup plus profond (60-70 cm contre 40-50 cm pour le D 6)

Premier passage : 1 h 50' à 2 h/ha
 Deuxième passage : 1 h à 1 h 10'/ha.

Ces temps comprennent les temps d'entretien, mais ne comprennent pas, naturellement, les temps nécessaires pour l'acheminement de l'engin sur le chantier.

Il faut bien entendu ajouter à ces chiffres les temps du conducteur d'engin, d'aide conducteur, ainsi que le personnel qui suit le tracteur pour éliminer les souches extirpées par l'engin (environ 0,3 CE/J/ha et 2,5 H/J/ha). Il faut également ne pas oublier les coûts relatifs à la sous-soleuse qui sont loin d'être négligeables, l'usure des dents d'une sous-soleuse étant très rapide (30 heures de travail sur sol ferrugineux tropical à texture assez sableuse).

Un chantier très bien organisé peut programmer une rotation de trois fois 8 heures avec utilisation de l'engin 21 h/24 h et entretien 3 h/24 h. C'est certainement la meilleure manière de rentabiliser le bulldozer, mais pour de multiples raisons

(1) Autorité pour l'Aménagement des Vallées des Volta.

ceux-ci sont fréquemment utilisés seulement 10 h/24 h.

Nous remarquerons que dans le paragraphe « travail mécanique N'Dounga 1973 », nous avons fait mention du passage croisé du pulvérisateur à disques.

Ce passage présente de nombreux avantages : cassage des mottes, facilité de réalisation du piquetage et des « arêtes de poisson » (1), meilleur passage des engins pour les entretiens mécaniques, etc... Il a cependant l'inconvénient de coûter assez cher (1 h 40'/ha de tracteur à pneus de 75 CV) et c'est pourquoi cette action est souvent négligée.

3.4.2. — Travail manuel du sol.

Le temps mis à réaliser les potets est extrêmement variable. Pour des trous à 60 cm × 60 cm ×

60 cm sur sol très sableux, nous avons obtenu une moyenne de plus de 30 trous par homme et par jour.

Sur sol ferrugineux tropical à texture encore nettement sableuse, on peut espérer 10 trous par H/J. Sur des sols plus difficiles, on risque fort de tomber à des chiffres très bas : 2,5 trous/H/J sur vertisol.

Il y a lieu d'ajouter à ces chiffres 1 CE/J par équipe de 20 manœuvres environ en précisant que ce type de travail demande des équipes bien organisées ce qui est difficilement réalisable sur de vastes chantiers (plusieurs dizaines d'hectares).

Enfin, ces trous doivent être rebouchés avant la plantation, si possible après les premières pluies, ce qui occasionne un travail chiffré à 0,3 CE/J/ha et 2,5 H/J/ha dans le cas d'un sol relativement facile (sol ferrugineux tropical à texture nettement sableuse).

(1) Cf. chapitre 7, paragraphe 7.3.

(A suivre)

LES CAHIERS SCIENTIFIQUES

Dans la série de compléments à la revue : « **Les Cahiers Scientifiques** », a paru, sous le numéro 4, une importante étude de MM. C. BAILLY, G. BENOIT de COIGNAC, C. MALVOS, J. M. NINGRE et J. M. SARRAILH intitulée : Étude de l'influence du couvert naturel et de ses modifications à Madagascar — Expérimentations en bassins versants élémentaires.

Les Cahiers Scientifiques déjà publiés concernent les sujets suivants :

N° 1. — « **Bioclimatologie et dynamique de l'eau dans une plantation d'Eucalyptus** », par MM. Y. BIROT et J. GALABERT.

N° 2. — « **Analyse en composantes principales des propriétés technologiques des bois malgaches** », par MM. F. CAILLIEZ et P. GUENEAU.

N° 3. — « **Contraintes de croissance** », par M. P. GUENEAU.

On peut se les procurer en en faisant la demande à :

BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES
45 bis, avenue de la Belle-Gabrielle,
94130 NOGENT-SUR-MARNE — France.

Le prix de chaque numéro est de **15 F**, tarif 1978.