



Photo Birot.

Gampela, juin 1969. Préparation mécanique du sol au C D 8. Effet du rootage.

ÉCONOMIE DE L'EAU ET TRAVAIL DU SOL DANS LES PLANTATIONS FORESTIÈRES DE ZONE SÈCHE APPLICATION A LA ZONE SAHELO-SOUDANAISE

par

Y. BIROT et J. GALABERT

*Centre Technique Forestier Tropical
Niger. Haute-Volta*

III^e PARTIE

SUMMARY

THE WATER ECONOMY AND SOIL WORKING IN FOREST PLANTATIONS IN THE DRY ZONE

Part 3

In the preceding parts of this article, the authors described the climate and its biological consequences, notably in relation to the water factor, together with the relationships between water and soil. They concluded that it was necessary to improve the profile of cultivation.

Part 3 deals with soil preparation trials carried out in Niger and Haute-Volta under varied pedoclimatic conditions. The authors study the way soil preparation techniques act, and their influence on plant development : growth in height and circumference, stonecrops, the characteristics of the radicular system, and their effects on the moisture content of the soil, etc.

They conclude that it is necessary to have a good knowledge of the climate, and especially of the soils, before undertaking any work relating to water economy in plantations.

RESUMEN

ECONOMIA DEL AGUA Y TRABAJO DEL SUELO EN LAS PLANTACIONES FORESTALES DE ZONA SECA

Resumen de la tercera parte

En los capítulos anteriores, los autores han procedido a la descripción del clima y sus consecuencias biológicas, y en particular por lo que se refiere al factor agua, así como las relaciones del agua y del suelo, habiéndose concluido que es preciso obtener una mejora del perfil cultural.

En el presente capítulo se indica el estado actual de los ensayos de preparación del suelo realizados en el Níger y en el Alto Volta en condiciones edafoclimáticas variadas. Los autores estudian el modo de acción y la influencia de las técnicas de preparación del suelo sobre el desarrollo de las plantas; crecimiento en altura, en circunferencia, características del sistema radicular y sobre el régimen hídrico del suelo, etc.

Los autores llegan a la conclusión de que es preciso un buen conocimiento del clima y, sobre todo, de los suelos, antes de emprender cualquier género de trabajos que tengan un alcance sobre la economía del agua en las plantaciones.

L'AMÉLIORATION DU PROFIL CULTURAL PREMIERS RÉSULTATS

Introduction

L'amélioration du profil cultural est recherchée en premier lieu pour assurer au plant un développement suffisant pour affronter sa première saison sèche; on cherche donc d'abord une bonne reprise. En second lieu, on attend de cette amélioration une augmentation de rendement de la production ligneuse. On cherchera également à ce que l'amélioration apportée soit durable et susceptible d'une bonne rentabilité économique.

Cette amélioration est apportée par un ensemble de techniques dont la plupart visent à l'économie de l'eau. Leurs buts sont :

— de favoriser le stockage de l'eau par la diminution du ruissellement et l'accroissement de l'infiltration,

— d'abaisser les pertes par évapotranspiration parasite en éliminant la concurrence herbacée, et en agissant directement sur le sol, lui-même évaporant,

— d'augmenter la profondeur du sol et le volume exploité par les racines,

— de permettre une bonne aération du sol donc un bon fonctionnement du système racinaire.

Les propriétés physiques du sol améliorées sont :

- la structure, la cohésion,
- la porosité.

Les techniques améliorantes peuvent intervenir à plusieurs phases de la vie de la plantation, préparation du sol et techniques d'entretien; elles peuvent être mises en œuvre mécaniquement ou à la main.

D'autres techniques « économes » de l'eau peuvent également être citées, telles que le paillage, les plantations à grand écartement, le mélange d'essences dans les peuplements etc...

Nous décrirons donc ces techniques et donnerons les résultats acquis sur les points d'essais du C. F. F. T. Níger-Haute-Volta, en fonction de leurs conditions pédoclimatiques.

Les techniques de préparation du sol

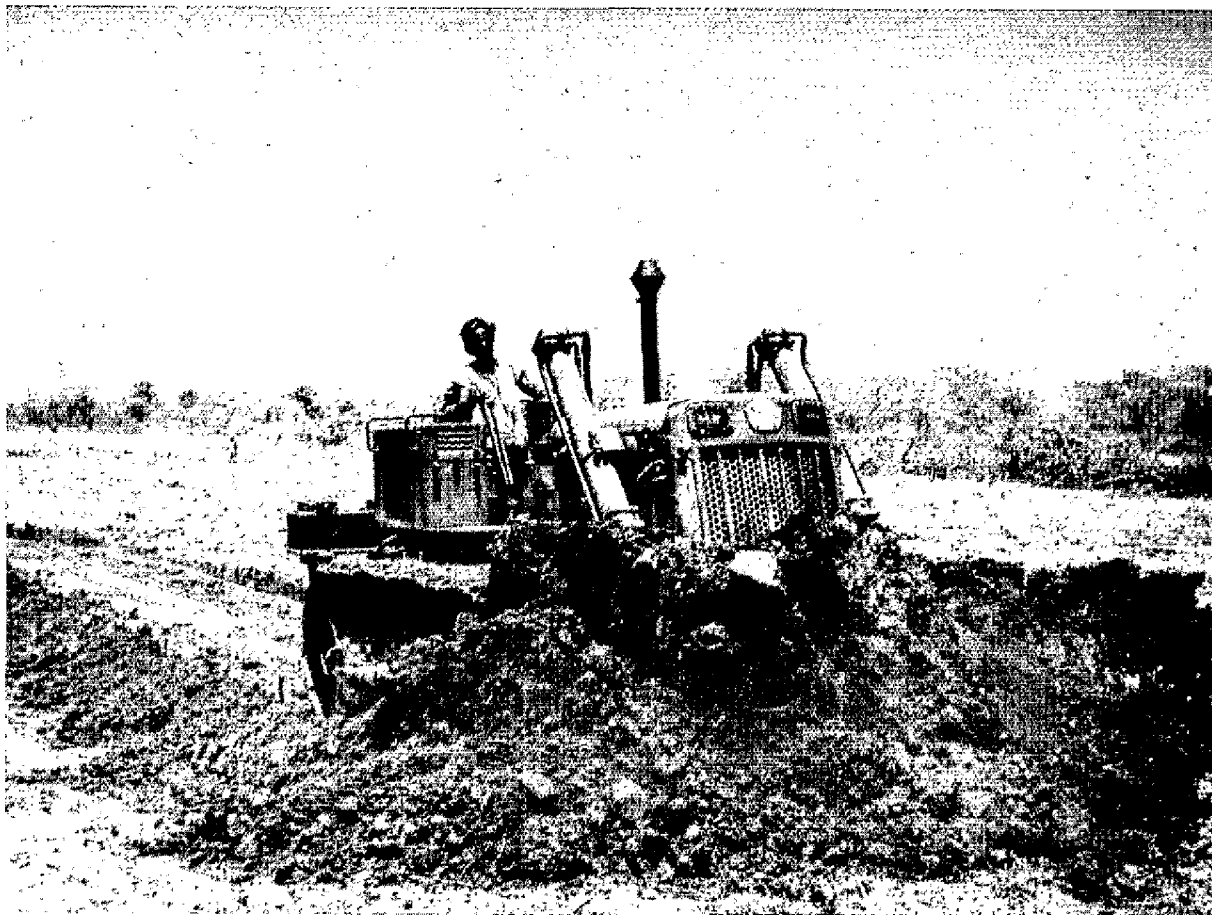
Elles peuvent se classer en deux catégories suivant qu'elles sont mises en œuvre par des machines ou à la main.

LES MÉTHODES MÉCANIQUES

Nous avons essentiellement testé les méthodes suivantes par comparaison avec un témoin planté de façon traditionnelle c'est-à-dire en potets de 30 × 30 × 30.

— rootage (au ripper ou rooter),

- labour avec ou sans billonnage,
- bourrelet,
- rootage associé au bourrelet (méthode step-pique).



Confection d'un bourrelet au bulldozer C D 8.

Photo Birol.

Description et effets.

Ces méthodes ont été très bien décrites par MONJAUZE, nous ne rappellerons que l'essentiel.

LE ROOTAGE.

— Le matériel.

Il est en principe constitué par un rooter lourd, tracté par engin chenillé type D8 ; il comporte 1, 2 ou 3 dents ; certains rooters à 2 dents peuvent être munis d'une rasette. Le rooter peut avantageusement être remplacé par un ripper porté directement par l'engin chenillé et actionné par vérin hydraulique. Il peut avoir de 1 à 5 dents suivant les modèles, à des écartements différents. Le ripper est d'un maniement beaucoup plus souple et facile que le rooter, facilité de relevage, de virage etc... ; ses avantages sont incontestables.

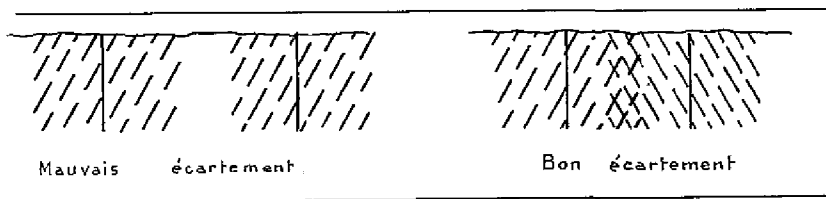
Pour effectuer un travail correct il faut disposer d'un chenillard suffisamment puissant. En effet le rootage ne joue son plein effet que dans les sols

caillouteux (Ader Douchi), ou à croûte, ou encore dans le cas de sols très compacts (station de Gonse-Gampela). Il faut arriver à un défonçage allant jusqu'à 70 cm de profondeur. Cette opération nécessite donc des engins de puissance élevée dépassant 140 HP. Malheureusement ces engins sont rares ou indisponibles dans des pays tels que le Niger ou la Haute-Volta et nous avons dû nous contenter d'utiliser des engins plus modestes type CD8 ou D7. Nous n'avons donc pas pu réaliser un rootage identique à celui effectué par les forestiers d'Afrique du Nord ou d'Israël.

— Le mode d'application.

Nous avons vu qu'il était possible de monter sur le râtelier du ripper (ou rooter) une ou plusieurs dents.

Le rootage à une dent : Compte tenu de la faiblesse relative du tracteur l'utilisation d'une seule dent permet un travail plus profond mais ce travail reste « linéaire », le volume de sol travaillé est faible.



A

jusqu'à une certaine distance de la dent. Il faut que les zones d'action des dents se recoupent pour effectuer un bon travail du sol (A).

Le rootage à 3 ou plusieurs dents : Il n'est intéressant qu'avec des engins puissants, sinon on ne réalise qu'un travail superficiel.

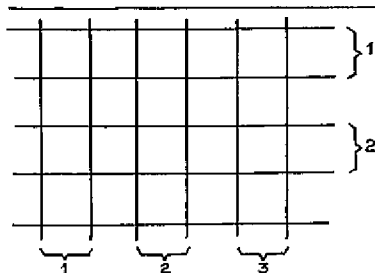
Sur le terrain, le rootage peut être utilisé de plusieurs façons. Prenons par exemple le cas d'un rooter à 2 dents. On peut réaliser les façons suivantes :

a) En plein et croisé :

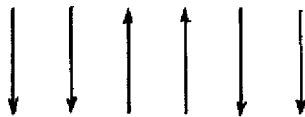
En conservant au 2^e passage l'écartement des dents (B).

b) En plein (C).

c) Rootage en bandes suivant la ligne de plantation (D).



B



C

Dans les cas C et D on aura intérêt à réaliser ces travaux en courbes de niveau. Dans le cas D la plantation sera sur l'axe de (1) et (2). La partie ou interbande entre (1) et (2) jouera le rôle d'impluvium, l'eau doit se trouver concentrée et infiltrée sur la bande plantée (on peut également rooter l'interbande).

Enfin une question très importante est la date d'application. En effet, l'action du ripper (ou rooter) sera très différente suivant le taux d'humidité du sol. Il faut rechercher au maximum l'effet de défonce et d'éclatement, ce qui ne peut être obtenu qu'en saison sèche. Dans le cas d'un sol argileux à mauvaise structure, un rootage fait en saison des pluies sur un sol plastique, ressemble à une incision dans du beurre, elle se referme très vite.

— Le mode d'action.

Le rooter est un outil intéressant parce qu'il permet un travail profond du sol sans retournement, ce qui est important en climat tropical si l'on veut éviter la dégradation de la structure, l'érosion, ou l'induration de certains horizons.

Son action peut s'exercer directement par approfondissement du profil cultural ; en effet, il est fréquent dans les sols ferrugineux de rencontrer des horizons qui sont en voie de constituer une carapace, et sont déjà durcis ; le passage du rooter permet leur désagrégation. Il en est de même dans le cas d'un sol caillouteux.

Dans le cas d'un sol profond et compact un rootage conduit en pleine saison sèche permet une fragmentation et une division du sol en éléments parfois très gros. Dans le volume ainsi travaillé, la terre est fragmentée, la surface du terrain présente un bombement au-dessus de la zone travaillée. Des mottes importantes ayant

Le rootage à deux dents : Il nous paraît le plus intéressant car il réalise véritablement un volume travaillé. Les dents peuvent être disposées sur le râtelier à des écartements variables, mais il faut se souvenir que leur action ne se fait sentir que

été soulevées, il existe de nombreuses lacunes.

Dans le cas d'un sol dur caillouteux ou compact, l'effet du rootage est à peu près le même, les pierres brisées et ramenées à la surface laissent la place à des lacunes qui se remplissent de terre fine.

Les conséquences directes de cette intervention peuvent être

- approfondissement,
- ameublissement,
- - meilleure pénétration de l'eau et des racines,
- meilleure aération.

Nous en verrons plus loin les conséquences.

BOURRELET ET BILLONNAGE.

Réalisés en courbe de niveau, ils sont destinés à freiner le ruissellement et l'érosion d'une part, et d'autre part à profiter de l'effet « talus ». L'effet « talus », vient d'une observation courante, à savoir

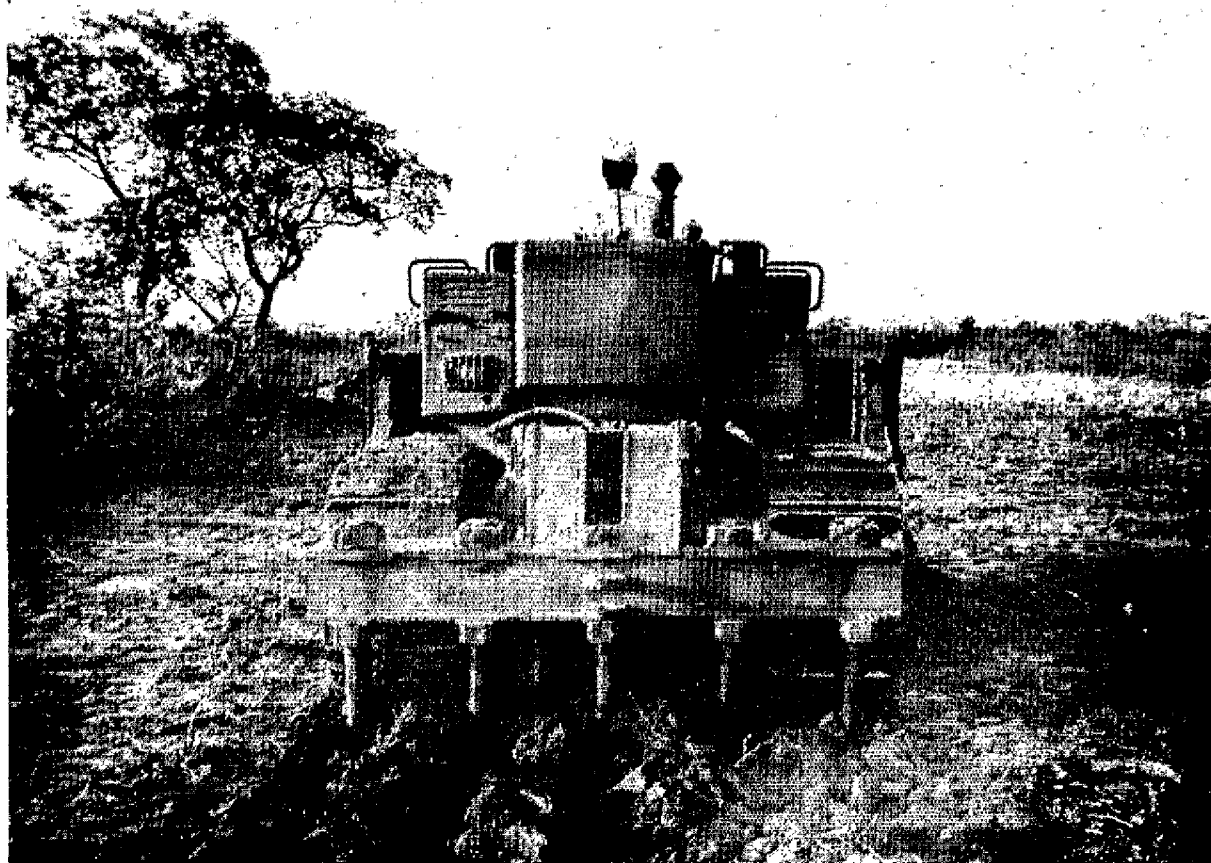
qu'un arbre planté sur un remblai a une meilleure croissance qu'un arbre planté sur un sol non travaillé ; cet effet reste mal expliqué. Ces ouvrages, bourrelets ou billons, peuvent être réalisés à la main ou mécaniquement. Pour plus de précision, nous désignerons par bourrelet un ouvrage en terre rapportée ayant au moins 40 cm de haut, par billon un ouvrage de plus faible dimension réalisé à la main ou à la billonneuse agricole.

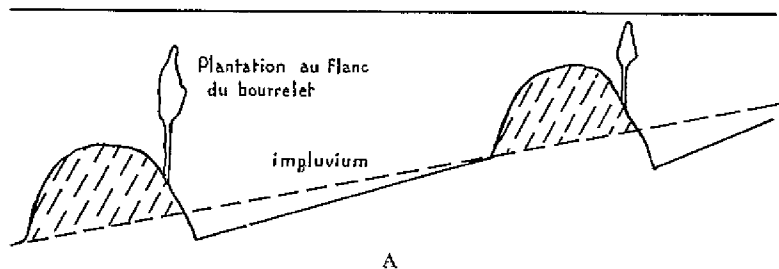
Dans les terrains compacts et argileux ce bourrelet est difficile à constituer, pour peu que la pente soit faible, de l'ordre de quelques pour mille, ce qui est le cas le plus fréquent, même avec 2 passages d'engins, car la terre foisonne mal ; un rootage préalable permet la constitution d'un bourrelet en un seul passage.

Cette opération est réalisée par le bulldozer travaillant en angle-dozer ou même tilt-dozer ; elle requiert du conducteur habileté et précision. Elle permet ainsi de modifier le profil en long du

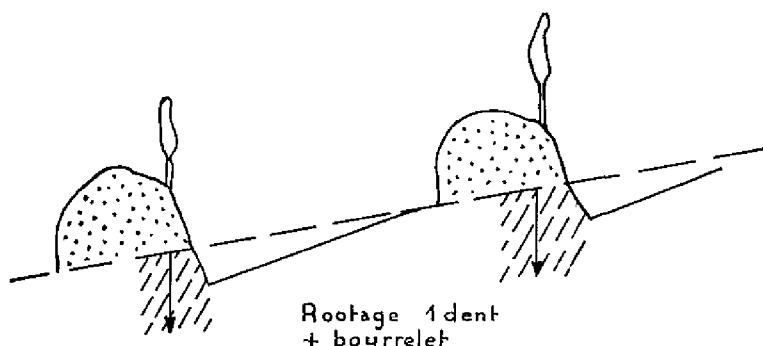
Ripper porté sur C D 8. L'utilisation de 5 dents ne permet pas un travail assez profond.

Photo Birol.

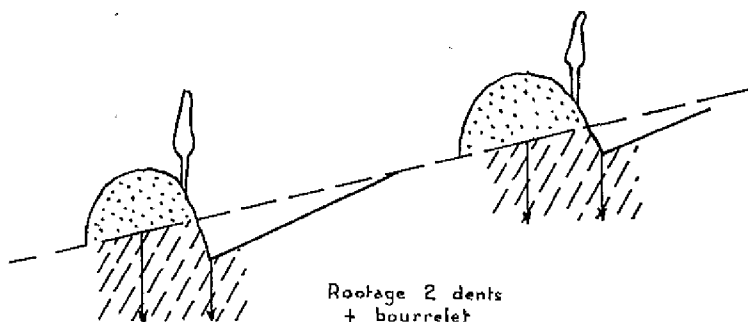




A



B



C

terrain, et d'augmenter la pente naturelle du terrain entre les ouvrages ce qui amène les eaux de ruissellement à se concentrer le long du bourrelet (A).

Les billons peuvent être réalisés mécaniquement avec une billonneuse agricole.

Les bourrelets (ou billons) sont réalisés à l'équidistance des lignes de plantation généralement 4 m d'axe en axe.

La plantation est faite le plus souvent sur le flanc du bourrelet.

Un inconvénient de cette méthode est que le terrain situé sous le bourrelet ou le billon n'est pas travaillé, et si le sol est compact, il peut constituer un niveau d'arrêt pour les racines. C'est pourquoi on préfère souvent réaliser au préalable une opération de rootage.

ROOTAGE ET BOURRELET : LA MÉTHODE STEPPIQUE.

Cette technique associe les deux opérations décrites précédemment ; elle vise à faire bénéficier l'arbre :

- de l'emmagasinement maximum de l'eau par infiltration et concentration au niveau de la ligne de plantation (bourrelet et rootage en courbes de niveau) ;

- d'un grand volume de terre travaillé, donc meilleure aération et pénétration des racines.

On a utilisé les schémas ci-contre B et C en décalant dans les 2 cas l'axe du rootage et celui du bourrelet. Il convient de remarquer que les bourrelets réalisés sont beaucoup plus petits que ceux utilisés en Afrique du Nord ou en Israël. Notre mode de travail n'est donc pas strictement comparable à la véritable méthode steppique.

LABOUR.

Le labour est trop classique pour qu'il soit utile de le détailler. On le réalise généralement avec une charrue à disques. Le travail réalisé est peu important en profondeur. Il permet toutefois une meilleure infiltration pendant les premières semaines de saison des pluies.

On peut utilement lui associer le billonnage et effectuer ces 2 opérations suivant les courbes de niveau.

Les dispositifs expérimentaux.

Nous avons cherché à couvrir une gamme de sols et de climats différents au Niger et en Haute-Volta, afin d'avoir un nombre de points d'appui suffisant. Le tableau n° 13 fait la description de ces essais ; il précise le nom et la situation de la station, sa pluviométrie, le type de sol, les méthodes de préparation du sol en comparaison. Il donne également l'année de mise en place, la nature du dispositif.

Les essais, non planifiés, mis en place en 1965 ou 1966, n'ont qu'une valeur indicative, mais restent cependant intéressants.

Les dispositifs statistiques utilisés ultérieurement permettent une interprétation conduisant à des conclusions rigoureuses.

Ces essais couvrent une zone allant de Dinderesso, qui, avec une pluviométrie de 1.180 mm, peut



Photo Sarlin.

Dinderesso (Haute-Volta), Essai de travail du sol, témoin et bourrelet.

TABLEAU N° 13
Essais de préparation mécanique du sol

Pays	Station	Pluviométrie annuelle mm	Type de sol	Traitements comparés	Dispositif	Année
Niger	Niamey Aviation	600 mm	Sol sableux dunaire reposant sur une dalle à 1,20 m de profondeur	Rootage Rootage + bourrelet Témoin	Blocs complets	1967
<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	Bourrelet Labour	Blocs complets	1967
<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	Rootage + bourrelet Témoin	non planifié	1966
<i>id.</i>	Saga (Niamey)	<i>id.</i>	Sol sablo argileux sur alluvions du Niger nappe phréatique souvent proche	Rootage + bourrelet S. solage et pulvérisage	non planifié	1965
<i>id.</i>	Malbaza (B'Konni)	520	Sol peu évolué d'apport à pavage discontinu.	Rootage Rootage + bourrelet Témoin	4 blocs complets	1967
Hte Volta	Gonse (Ouaga)	850	Sol ferrugineux tropical peu lessivé, profond.	Rootage Témoin	non planifié	1965
<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	<i>id.</i>	Rootage bourrelet Rootage superficiel en plein Bourrelet Rootage + billon Témoin	non planifié	1966
<i>id.</i>	Gampela (Ouaga)	<i>id.</i>	<i>id.</i>	Rootage Billon Rootage + bourrelet Témoin	carré latin	1967
<i>id.</i>	Dinderesso (Bobo-Dioulasso)	1.180	Sol sableux sur grès, légèrement ferralitique	Rootage Bourrelet Rootage + bourrelet Labour + billonnage Témoin	3 blocs complets	1966

être considéré comme la limite nord de la zone soudano-guinéenne, à la limite sud du climat sahélo-saharien, dans la région de Tahoua au Niger.

Ces essais sont trop récents pour dégager des conclusions définitives, en particulier sur le plan économique. Pourtant les résultats acquis sont déjà très prometteurs, et les observations méritent d'être poursuivies soigneusement.

Nous allons dans un premier temps étudier les effets directs du travail du sol sur le développement et la reprise des plantations forestières à la lumière des résultats acquis sur nos stations. Dans un deuxième temps, nous examinerons l'incidence du travail du sol sur l'économie de l'eau.

INFLUENCE DU TRAVAIL DU SOL SUR LE DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF ET LA REPRISE.

Croissance et reprise

Les résultats relatifs aux premiers essais de travail du sol réalisés au Niger et en Haute-Volta en 1965 et 1966, avec des dispositifs non planifiés, permettent toutefois de mettre en évidence sans pouvoir la chiffrer précisément, l'influence du travail du sol sur la croissance initiale des plantations forestières. Dans le n° 112 de Bois et Forêts des Tropiques, CATINOT en donnait un premier aperçu ; on trouvera ici quelques autres résultats (tableaux nos 14-15) relatifs à la station de Gonse en Haute-Volta. Sur l'essai 1966 de Gonse, on a également fait des observations sur l'aspect végétatif des arbres après la plantation. Un sondage réalisé 2 mois après la plantation et portant sur la hauteur et le nombre de feuilles des individus, plantés sur témoin et sur rootage + bourrelet a donné les résultats résumés dans le tableau n° 16.

L'abondance du feuillage et la dimension des

TABLEAU N° 15

Station forestière de Gonse

Essai non planifié : préparation du sol, mai 66.

Plantation, juillet 66.

Influence du travail du sol sur la croissance initiale (6 mois)

	Traitements	Hauteur moyenne cm	Gain en %
<i>Eucalyptus citriodora</i> 3 x 3 m... juillet 1966 ...	T	94,6	0
	Rs	97,7	3,0
	RBIII	102,3	11,6
	RB	110,3	16,5
	B	113,3	19,8
<p>T témoin = potet 30 x 30 x 30 R Rootage à dents (écart. 120 cm) 50 cm de profondeur. Rs Rootage superficiel (20 cm de profond) avec 5 dents sur le ripper. B Bourrelet de 40 cm de haut. RBIII Rootage et billon (20 cm de haut) RB Rootage + bourrelet.</p>			

feuilles sur les parcelles travaillées, a même fait craindre un moment des cassures de tiges ou des déracinements.

Les résultats relatifs aux essais planifiés permettent de confirmer de façon précise ces premiers résultats, et de leur donner une valeur chiffrée. Les tableaux nos 17 à 20 donnent les résultats de certains essais mis en place sur nos stations. On a précisé chaque fois la plante-test, son mode de plantation, les travaux du sol effectués.

— Sur la station de Niamey-Aviation, la nature très filtrante des sols (voir les coefficients de perméabilité fig. n° 26 (1)) enlève beaucoup de son intérêt aux techniques de rootage en particulier. Sur cet essai, le travail du sol n'a pu être effectué que très tard, sur un sol déjà humide et n'a donc pu être efficace. En première année on n'observe pas de différences dans la croissance tant sur l'essai n° 1 que n° 2 ; sur la reprise, le labour est significativement supérieur au bourrelet dans l'essai n° 1 ; pas de différence

(1) n° 128, p. 32.

TABLEAU N° 18

Essai de travail mécanique du sol à Niamey aviation

1) Comparaison Bourrelet Labour.

Traitements	1967 6 mois		1968 18 mois		ΔH 68—67
	Haut. moy. cm	Reprise %	Haut. moy. cm	Reprise %	
Bourrelet	195,2	89,2	313,7	78,7	118,5
Labour ..	188,5	96,7	282,0	87,0	93,5
Conclusions ...	B L	L B	B L	L B	B L

2) Comparaison Rootage, Rootage + bourrelet, Témoin.

Traitements	1967 6 mois		1968 18 mois		ΔH 68 67
	Haut. moy. cm	Reprise %	Haut. moy. cm	Reprise %	
Rootage .	205,6	97,2	365,0	92,3	159,4
Rootage + bourrelet	196,7	97,2	344,3	86,0	147,6
Témoin .	197,3	97,7	332,3	88,6	135,0
Conclusions ...	R T RB	T RB, R	R RB T	R T RB	R RB T

Rootage au rooter à une dent.
Bourrelet de 40 cm fait au bull.
Témoin trou 30 x 30 x 30.

Plante test : *E. camaldulensis*

Tests utilisés

Hauteur : comparaisons multiples de moyennes (Tukey Hartley).

Reprise : chi-deux.

Effet du traitement non différent au seuil 0,05.

Effet du traitement non différent au seuil 0,01.

TABLEAU N° 14 Station forestière de Gonse

Plantation juillet 1965 : Essai non planifié. Comparaison de l'effet du rootage (à une dent, 50 cm de profondeur) et du témoin sur la croissance en hauteur de plusieurs espèces d'Eucalyptus.

Espèces	Traitements	E. robusta	E. alba (Oak)	E. alba (Aus.)	E. crebra	E. citriodora (Mad.)	E. citriodora (Aus.)	E. grandis	E. camaldulensis	Moyenne
Comptage décembre 1966	Rootage (Haut. moyenne m).....	2,40	3,79	3,51	1,80	3,62	3,71	2,67	2,42	
	Témoin (Haut. moyenne m).....	2,26	3,32	2,87	1,48	3,47	3,23	2,03	2,45	
	Gain en % témoin...	11,5	14,1	22,2	21,6	4,3	15,1	31,5	— 1,2	14,8
Comptage décembre 1965	Rootage (Haut. moyenne m).....	1,10	1,70	1,42	0,59	1,32	1,65	1,23	1,40	
	Témoin, Haut. moyenne m.....	1,09	1,40	1,19	0,59	1,30	1,41	1,15	1,22	
	Gain en % du témoin	1,0	21,4	19,3	0,0	1,5	17,0	6,9	14,7	10,2
Accroissement ΔH 1966-1965	Rootage en m.....	1,30	2,09	2,09	1,21	2,30	2,06	1,44	1,02	1,68
	Témoin en m.....	1,17	1,92	1,68	0,89	2,17	1,82	0,88	1,23	1,47
	Gain en % du témoin	19,6	8,8	24,4	35,9	5,9	13,1	63,6	— 17,0	19,3

N. B. : Cet essai sans répétitions comprend pour chaque espèce 2 parcelles, une rootée, une témoin. Chaque parcelle unitaire a 400 plants. Plantation sur la raie de rootage.

TABLEAU N° 16 Station forestière de Gonse
Essai travail du sol 1968

Traitement	Nombre de feuilles par plant	Gain en %	Hauteur moyenne cm	Gain en %
Rootage + bourrelet.....	72,5	83,0	83,4	27,1
Témoin.....	39,6	0	65,6	0
Différence.....	32,9	--	17,8	—

TABLEAU N° 17 Station de Malbaza
Essai de préparation mécanique du sol

Traitements	1967		1968		ΔH 68-67
	Haut. moy. cm	Reprise %	Haut. moy. cm	Reprise %	
Rootage.....	151	97,5	268	70,2	117
Rootage + bourrelet.....	130	96,0	252	77,3	122
Témoin.....	140	98,5	228	61,3	88
Conclusions.....	R T RB	T R RB	R RB T	RB R T	RB R T

Tests utilisés : hauteur = comparaisons multiples de moyennes (Tukey-Harley).
Reprise : chi-deux.
| Effet du traitement non différent au seuil 0,05 (résultats identiques au seuil 0,01)
Rootage 2 dents à 40 cm de profondeur.
Bourrelet fait à la main.
Témoin : potets 30 × 30 × 30.
Plante test : *E. camaldulensis* planté à 4 × 3,5 le 26/6/67.
Comptage : novembre 1967 et novembre 1968.

dans l'essai n° 2. En deuxième année des différences apparaissent en ce qui concerne la croissance entre le bourrelet et le labour d'une part, le rootage, le rootage bourrelet et le témoin d'autre part ; mais ces différences ne sont pas significatives. L'effet sur la reprise est peu marqué dans l'essai n° 2, plus net dans l'essai n° 1 entre le labour et le bourrelet.

— A Malbaza sur sol compact avec pavage d'éboulis, on pouvait s'attendre à des résultats plus nets. Il semble que l'exiguïté des parcelles unitaires tests n'ait pas permis au travail du sol de jouer pleinement sur l'arrêt du ruissellement. Toutefois on constate en deuxième année que des différences apparaissent quant à la hauteur et l'accroissement ; pour le meilleur traitement les gains par rapport au témoin sont respectivement de 27 % et de 39 %, mais ces différences ne sont pas significatives. En ce qui concerne la reprise, des différences hautement significatives apparaissent entre le rootage + bourrelet et le témoin. Cet essai est donc à suivre car les différences constatées en 1968 peuvent s'accroître dans l'avenir.

— A Dinderesso, en première année, tous les traitements sont supérieurs au témoin en ce qui concerne la croissance, mais ne sont pas distincts entre eux au seuil 0,05. Le meilleur traitement permet un gain de croissance de 38 % par rapport au témoin, ce qui est appréciable. L'effet sur la

reprise n'est pas marqué ce qui s'explique par le caractère moins aride du climat et des sols légers favorables.

En deuxième année, les 4 modes de travail du sol sont significativement supérieurs au témoin, cette fois-ci également au seuil 0,01, sans toutefois de différences entre eux au seuil 0,05. Le meilleur traitement de bourrelet donne une augmentation de hauteur par rapport au témoin de près 40 %. Le calcul de l'accroissement entre les deux années montre que le bourrelet est significativement différent du labour billonnage ; tous les traitements étant bien sûr supérieurs au témoin. Pas de différence non plus en ce qui concerne le dépérissement entre les deux années.

En troisième année, on constate un ralentissement de l'effet du travail du sol, l'ensemble des traitements se sont développés de façon identique. Il n'y a plus maintenant de différences significatives entre les hauteurs. Le travail du sol n'apporte aucun effet sur l'homogénéité des peuplements. L'effet sur la reprise est peu marqué.

Sur ce type de sol et sous le climat de Bobo-Dioulasso qui peut être considéré comme le nord de la zone soudano-guinéenne, il semble donc que le travail du sol n'ait qu'une influence minime. Les observations ultérieures permettront de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

TABLEAU N° 19
Station forestière de Dinderesso Essai de travail du sol 1966

Nature du travail du sol	1966 (âge 6 mois)			1967 (âge 18 mois)			ΔH 67-68	1968 (âge 30 mois)			ΔH 68-67	Coefficient de variation %
	Hauteur totale cm	Gain de hauteur témoin %	Rep. %	Hauteur totale cm	Gain de hauteur témoin %	Rep. %		Hauteur totale cm	Gain de hauteur témoin %	Rep. %		
Bourrelet ...	102,28	33,2	88,7	336,32	39,7	84,0	234,54	648,89	13,8	80,0	312,06	23,6
Rootage + Bourrelet ..	106,06	38,2	89,2	324,64	34,6	82,9	218,58	654,99	14,9	82,9	330,34	21,0
Rootage	99,99	30,3	89,6	306,48	27,1	86,6	206,52	636,43	11,6	83,3	330,08	24,0
Labour + Billon	94,48	23,8	86,2	294,47	22,1	76,9	199,99	620,80	10,9	73,6	326,33	21,6
Témoin	76,71	0	84,0	241,09	0	77,2	164,38	570,01	0	76,5	328,92	20,9
Conclusions	RB B R LBi T		R RB B LBi T	B RB R LBi T		R B RB T LBi	B RB R LBi T	RB B R LBi T		R RB B T LBi	RB R T LBi B	T RB LBi B R

Tests utilisés : Hauteur : comparaisons multiples de moyennes.
Reprise : chi-deux.
Effet du traitement non différent au seuil de 0,05.
Effet du traitement non différent au seuil de 0,01.

DESCRIPTION DE L'ESSAI

3 blocs complets.
Parcelles unitaires 50 × 50 cm zone d'isolement comprise.
Densité 3 × 3 m (1.111 pieds/ha).
Arbre test = *Eucalyptus citriodora* planté en juillet 1966.
Travail du sol

Mise en place Mai 1966.
B Bourrelet 40 cm de haut.
R Rootage à deux (2) dents écartées de 120 cm profondeur 70 cm.
RB Rootage + bourrelet
L Bill Labour charrue à disque, billonnage mensuel.
T Témoin : potet 30 × 30 × 30 cm.

Station de Gampela Essai de travail du sol
Eucalyptus camaldulensis âgés de 6 mois

— A Gampela, en première année on note en ce qui concerne la croissance la supériorité du rootage et rootage bourrelet, non distincts entre eux, sur le billon et le témoin non distincts entre eux ; sur la reprise des différences apparaissent également. Compte tenu de la compacité du sol l'influence du rootage s'avère donc ici très bénéfique.

En deuxième année, après une saison sèche complète et une deuxième saison des pluies, les résultats sont encore plus intéressants. L'influence du rootage seul permet un gain de hauteur par rapport au témoin dépassant 50 %, ce qui est important, les conclusions étant les mêmes qu'en première année. Pour l'accroissement, rootage et rootage bourrelet sont très supérieurs au témoin. Sur la reprise, les deux meilleurs traitements rootage et rootage bourrelet sont maintenant confondus, il semble à ce propos que l'effet du bourrelet ait été néfaste. Enfin on a calculé le coefficient de variation (rapport de l'écart type à la moyenne), qui permet de chiffrer l'homogénéité du peuplement. Le rootage et le rootage bourrelet sont significativement différents du billon, mais non du témoin. Le volume de sol travaillé étant supérieur dans le cas du témoin à celui du billon, il semble donc bien que le travail du sol améliore l'homogénéité du peuplement. Un rootage plus profond aurait permis probablement de le mettre mieux en évidence. Bien que cet essai ne soit pas terminé, la technique du rootage seul apparaît donc dès à présent comme adaptée à ce type de sol, le bourrelet n'ayant pas d'action (tout au moins avec les caractéristiques que nous avons utilisées).

Après deux saisons sèches, l'influence du travail du sol sur la reprise est très nette. La saison sèche 68-69 ayant été particulièrement sévère, les arbres sur le billon, dont l'enracinement est développé en surface, ont connu la plus grosse mortalité.

Autres caractères végétatifs.

Les observations ont été faites sur la station de Gampela, afin d'essayer de comprendre le mode d'action du travail du sol, autrement que par une

Fig. N° 33

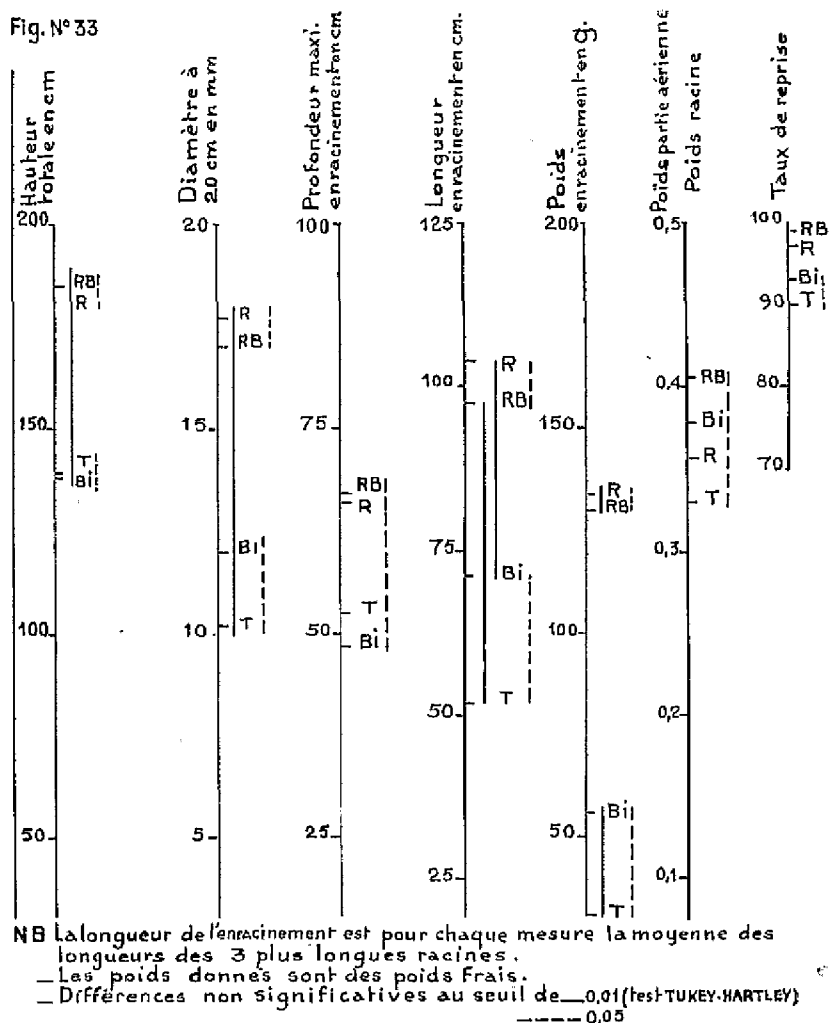


FIG. 33.

meilleure économie de l'eau, c'est-à-dire ameublissement, et meilleure pénétration des racines.

A Gampela sur l'essai précédemment décrit, nous avons effectué au taux d'échantillonnage de 5 % un tirage des individus sur lesquels nous avons mesuré les caractères suivants :

— Le diamètre a été mesuré au dixième de mm au moyen d'un pied à coulisse. Afin d'éviter les néplats fréquents au pied des eucalyptus, la mesure a été faite arbitrairement à 20 cm du collet. Des différences significatives apparaissent dès l'âge de 6 mois.

— Le système racinaire : les individus précédemment mesurés en diamètre ont été déracinés, en procédant de façon soignée afin d'extraire toute la masse des racines.

On a déterminé son poids (il s'agit de poids frais) ; le même intervalle ayant été observé entre l'arrachage et la pesée et l'humidité de l'air étant très

TABLEAU N° 20 Station forestière de Gampela
Essai de travail du sol 1967

Nature du travail du sol	1967 (âge 6 mois)			1968 (âge 18 mois)			AII 68-67	Coefficient de variation 1968 %	Gain d'accroissement en % de témoin	Vivants 23 mois %
	Hauteur totale cm	Gain de hauteur en % du témoin	Reprise %	Hauteur totale cm	Gain de hauteur en % du témoin	Vivants %				
Rootage et bourrelet	175,34	25,7	99,3	464,90	42,47	95,53	280,56	28,52	55,00	76,03
Rootage	175,16	25,6	97,6	493,29	51,17	94,87	318,13	25,54	70,30	79,12
Billon	139,10	0	93,8	357,51	9,57	86,05	218,41	44,48	16,93	56,36
Témoin	139,50	0	90,6	326,31	0	82,27	186,81	37,72	0	67,81
Conclusions ...	RB R Bi T		RB R Bi T	R RB Bi T		RB R Bi T	R RB Bi T	R RB T Bi		R RB T Bi

Tests utilisés : hauteurs : comparaisons multiples de moyennes (TUKEY-HARTLEY).
Reprise : chi-deux.

- | Effet du traitement non différent au seuil 0,05.
- || Effet du traitement non différent au seuil 0,01.

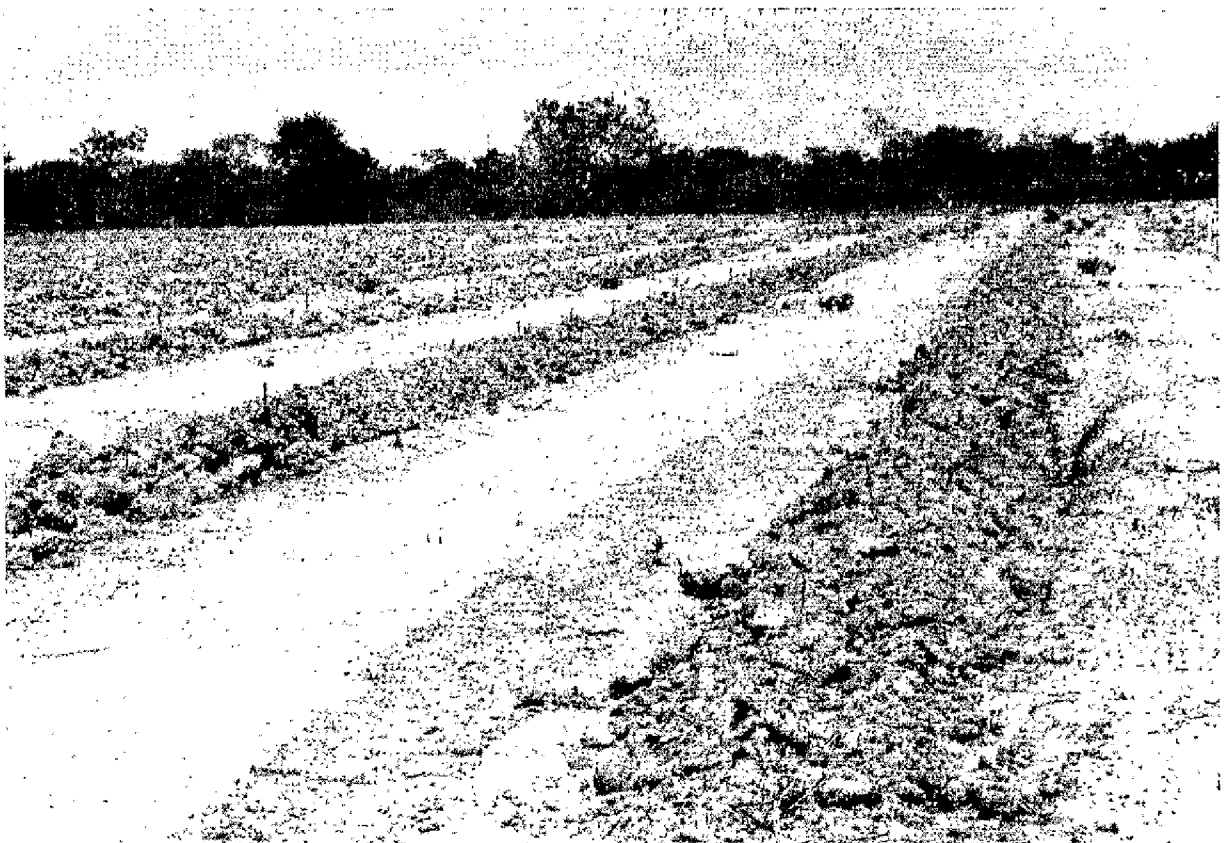
DESCRIPTION DE L'ESSAI

Densité 4 × 3 m
Parcelles unitaires 56 × 42 m soit 196 plants zone d'isolement comprise.
Arbre test : *Eucalyptus camaldulensis* planté en juillet 1967.

Travail du sol : mise en place mai 1967 suivant courbes de niveau.
Rootage à 2 dents espacées de 60 cm et à 50 cm de profondeur.
Rootage + bourrelet : bourrelet de 40 cm de haut.
Billon : 20 cm de haut.
Témoin : potets 30 × 30 × 30 cm.

Préparation du sol par rootage et bourrelet.

Photo Birol.



constante au moment de la pesée (janvier), les résultats sont comparables entre eux. Des différences très importantes apparaissent entre les deux groupes de traitement avec et sans rootage. Le meilleur traitement provoque l'augmentation de la masse du système racinaire de 337 % par rapport au témoin. Cet effet est donc spectaculaire.

On a mesuré également la profondeur maximum de l'enracinement. On observe des différences bien qu'elles ne soient pas significatives. Il est très probable que si nous avions pu disposer d'un engin plus puissant, la signification serait apparue. Il est également probable que le seuil de signification est atteint en 2^e année.

On a calculé la moyenne des longueurs des trois plus longues racines afin d'avoir une idée du volume de sol prospecté par les racines. Là encore des différences significatives apparaissent entre les 2 groupes de traitement. Le rootage augmente très nettement cette caractéristique.

Enfin on a mesuré le poids de la partie aérienne ; il est en relation directe avec le caractère hauteur (voir fig. n° 34). Nous l'avons utilisé pour calculer le rapport poids enracinement/poids partie aérienne. L'interprétation montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les différents traitements. C'est donc que la partie aérienne est bien proportionnelle à la partie souterraine.

La fig. n° 35 nous montre cette relation entre le poids des racines et le poids de la partie aérienne, elle est de type linéaire, l'ajustement graphique est assez bon. Le coefficient de corrélation est hautement significatif, on a $r = 0,962$ avec 14 d. d. l. ; La croissance en hauteur est donc en dépendance étroite avec la masse du système racinaire donc

FIG. n° 36. — Gampela 1967.

Essai de travail du sol. Relation entre la hauteur moyenne et le poids du système racinaire.

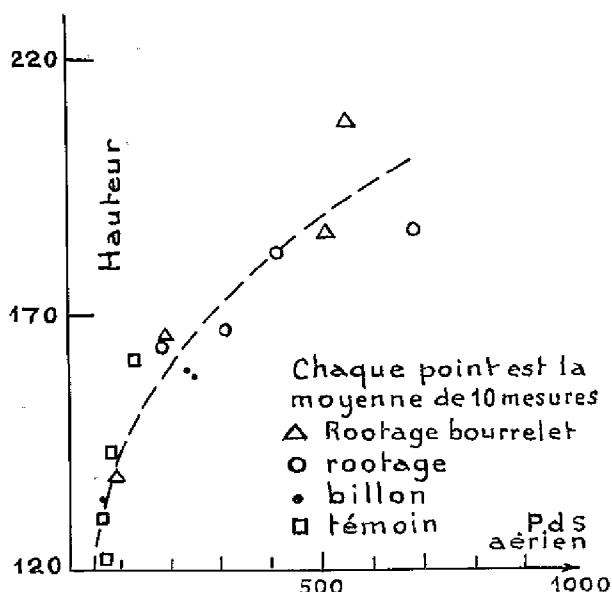
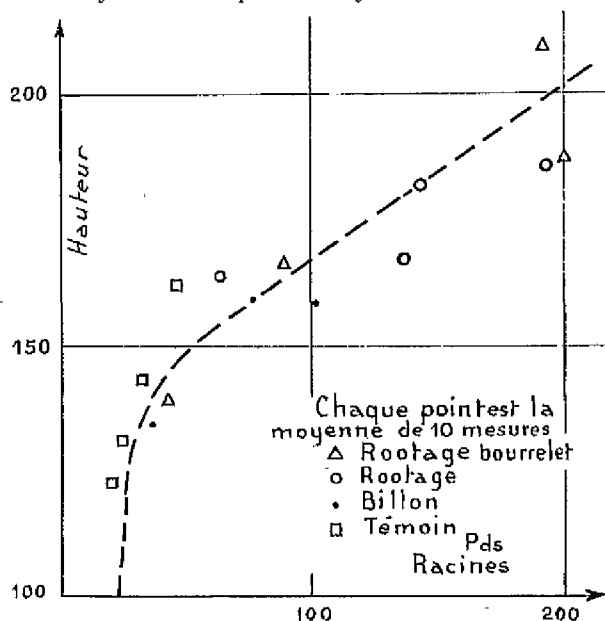


FIG. n° 34. — Gampela 1967.

Essai de travail du sol. Relation entre la hauteur moyenne et le poids de la partie aérienne.

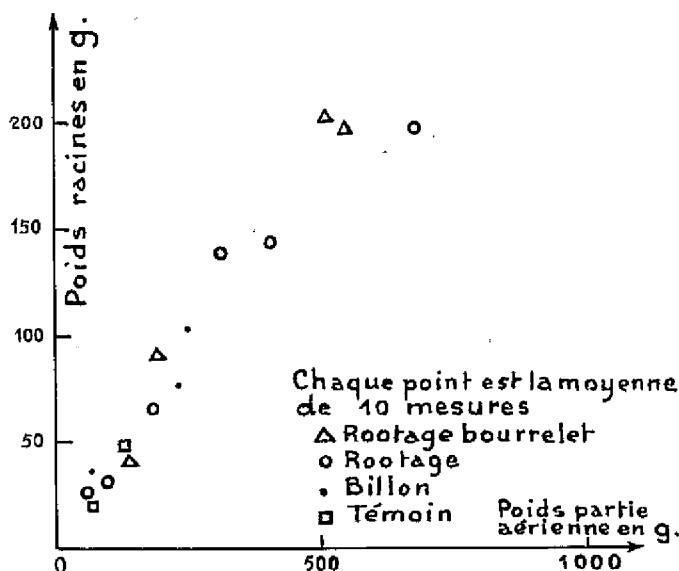


FIG. n° 35. — Gampela 1967.

Essai de travail du sol. Relation entre les poids des systèmes racinaires et aériens. *Eucalyptus camaldulensis* âgés de 6 mois.

avec le volume de sol prospecté par lui (voir fig. n° 36).

Ce résultat est extrêmement important car il montre bien que le travail du sol agit en augmentant le volume de sol accessible aux racines et se traduit par une amélioration de la croissance.

Des observations concernant la forme de l'enracinement ont pu être faites,

— le rootage permet toujours un enracinement pivotant se ramifiant secondairement dans toutes les directions ;

— le billon, peu élevé et du fait que le sol n'est

pas travaillé en dessous, cause un arrêt du pivot qui bute au niveau originel du sol ; de très longues racines se développent dans le billon. L'enracinement est donc très superficiel ;

-- Le rootage associé au bourrelet donne le même effet que le rootage, avec toutefois des racines se développant dans le bourrelet ;

— le témoin ; les racines se développent dans toutes les directions mais dans un faible volume de sol.

Ces observations confirment des études similaires faites par le C. T. F. T. Madagascar sur l'enracinement des pins plantés sur sous-solage et billonnage, dans la région des Hauts Plateaux. Elles nous permettent d'expliquer le comportement des arbres et leur résistance à la sécheresse.

En conclusion, il apparaît donc que les techniques de préparation du sol influent favorablement sur la croissance et la reprise des jeunes plantations. Le rootage semble préférable dans les sols compacts ou caillouteux, où le grand volume ainsi travaillé est accessible au développement des racines. En sol léger et sableux, le bourrelet permettra l'arrêt de l'eau et jouera par son effet « falus » encore que sa dégradation risque d'être rapide. On ne peut encore montrer la supériorité des deux techniques associées. Ces résultats sont partiels ; ils demandent

confirmation et leur évolution doit être suivie jusqu'à l'exploitation des peuplements, ce n'est qu'alors que nous pourrons faire des bilans économiques, pour lesquels CATINOT a déjà donné des éléments en indiquant des prix de revient de ces techniques.

INFLUENCE DU TRAVAIL DU SOL SUR L'ÉCONOMIE DE L'EAU.

Les premières observations faites ont trait au ruissellement et à l'infiltration qui sont les phénomènes les plus tangibles lors d'une pluie. Nous étudierons ensuite l'évolution de l'humidité du sol en régime de dessèchement.

Action sur le ruissellement.

Après une pluie, nous avons pu constater facilement, par des observations macroscopiques, l'infiltration et l'arrêt de l'eau, sur un terrain récemment préparé, soit au niveau des bandes rootées, soit plus nettement au niveau des bourrelets. Si les 2 techniques sont associées, l'eau arrêtée au niveau du bourrelet pourra s'infiltrer beaucoup mieux. Ceci est également vrai si le sol n'a reçu qu'un travail superficiel et si ce travail est répété assez fréquemment.

Enracinement développé sur rootage à 6 mois.

Photo Birot.

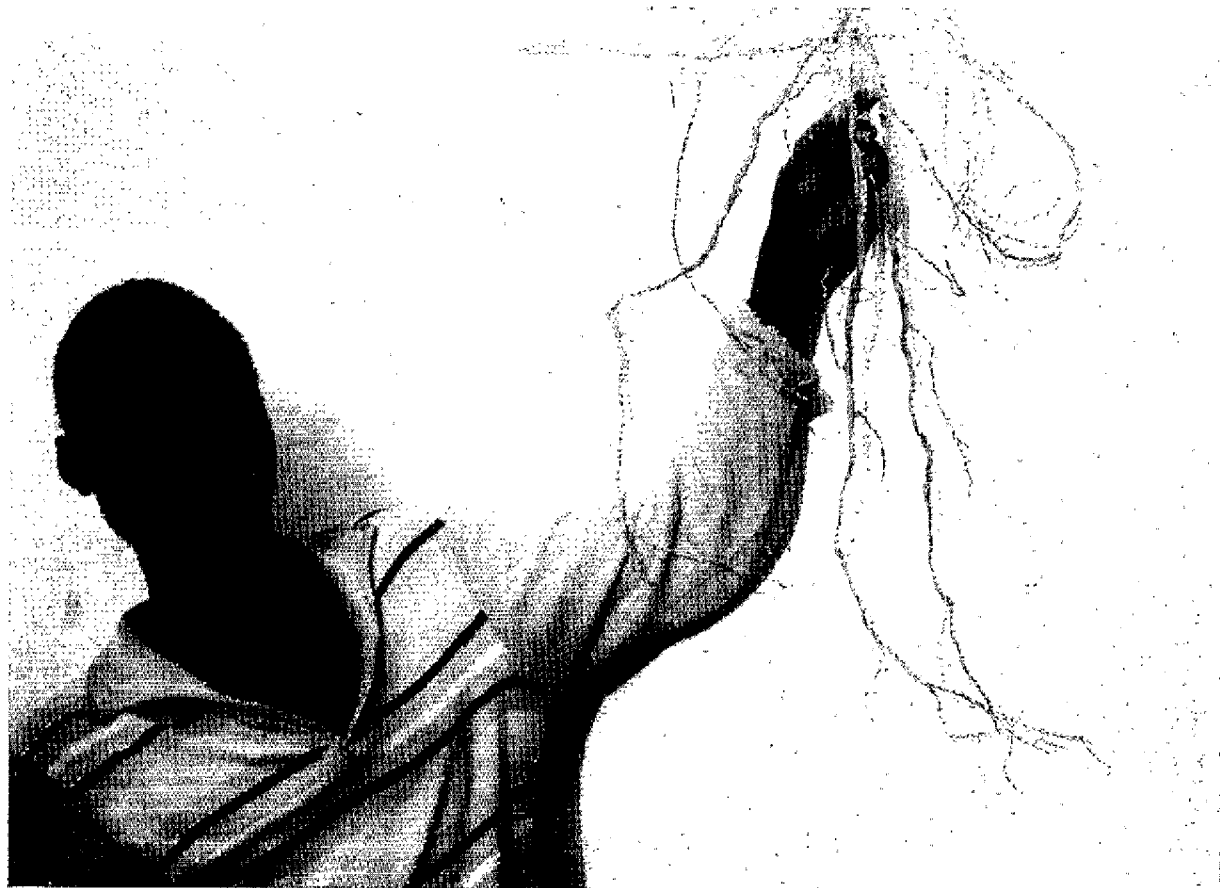




Photo Birot.

Enracinement développé sur billon à 6 mois. Remarquer la longueur des racines horizontales.

On voit donc l'intérêt que la préparation du sol soit faite en courbe de niveau. En effet, pour une plantation de l'année, le sol est nu au moment où arrivent les pluies, et en dehors des graves phénomènes d'érosion qui peuvent se produire, une partie importante des eaux de pluies est perdue par ruissellement.

Voici un exemple chiffré relevé sur la station de mesure de l'érosion de Gampela. Les sols sont des sols ferrugineux tropicaux peu profonds reposant sur carapace, la pente est de 8 pour mille. Nous comparerons ici deux des champs expérimentaux, d'une superficie égale à 1/2 hectare chacun, l'un en sol nu, l'autre aménagé en bourrelet isohypse (équidistance horizontale 25 m) et labouré en courbe de niveau sans culture également. La pluie du 18 mai 1968 qui survient le lendemain du labour déclenche des ruissellements de 24,1 % sur le premier et de 2,2 % sur le second. Les courbes de ruissellement en fonction du temps sont données sur la fig. n° 23 (1). Ces données relevées pour une pluie sont également valables sous culture pour une année.

Sur la station de Gampela en 1967, les parcelles précédentes étaient cultivées en sorgho, le 2^e champ avait, en plus du labour, reçu binages et billonnages avec cloisonnement ; les coefficients de ruissellement annuels ont été respectivement de 22 % et 4 %. Sur la station d'Allokoto sur pente 3 %, sur vertisols lithomorphes, des champs expérimentaux identiques aux précédents, avec les mêmes techni-

ques de travail du sol, cultivés en coton, ont donné pour la saison des pluies 1967 des chiffres de 22 % et 0 %, donc tout à fait comparables aux précédents.

Sur la station de mesure de l'érosion du C. T. F. T. à Kaouara (Niger), des observations ont pu être faites sur l'influence du travail du sol sur la diminution du ruissellement. La parcelle étudiée (sol peu évolué sur grès crétacé), de pente 2 %, avait une superficie de 4.100 m². Les résultats donnés dans le tableau n° 21 font apparaître de façon très nette la diminution du ruissellement.

Ces techniques sont donc très intéressantes à mettre en œuvre par le forestier, qui peut ainsi espérer « retenir » une partie de la pluviométrie.

Ceci n'est important qu'en première et deuxième années. Au-delà le couvert végétal constitue un écran et ralentit la chute de l'eau au sol, c'est ainsi que sur la station forestière de Gonse, on n'a enregistré que 8 % de ruissellement annuel sur une parcelle d'*Eucalyptus crebra* âgée de 2 ans sur pente de 4 ‰, en 1968 où la pluviométrie a été de 857 mm.

TABLEAU N° 21 Station de Kaouara 1965
Influence du travail du sol sur le ruissellement

Période	Etat de la parcelle	Cultures	Pluies mm	Ruissellement %
Du 1/5 au 15/8/1965	Sol nu	0	342,5	45,0
Du 16/8 au 21/9/1965	Plochage en bande le 16/8 Binages les 30/8. et 12/9	0	208,2	4,2

(1) n° 128, p. 30.

Les techniques de préparation du sol et d'entretien (binage) permettent donc, par rupture du glaçage superficiel, de bloquer en grosse partie le ruissellement. Leur action sur l'économie de l'eau est donc très favorable.

Essais de comparaison de profils hydriques en régime de dessèchement en fonction de la préparation du sol.

Nous avons cherché à vérifier le stockage de l'eau par l'étude des profils hydriques et de leur évolution au cours de l'année. Les essais ont été menés sur les stations forestières de Gonse et Gampela. Les études de profils hydriques sont particulièrement délicates du fait de la méthodologie qui limite le nombre de répétitions et des techniques de mesure longues et peu précises, aussi les résultats donnés ici ne doivent-ils être considérés qu'avec beaucoup de prudence. Une expérimentation conduite par DUCHAUFOUR, BONNEAU et LAGAZE (1961) avait montré l'importance du travail du sol sur la disponibilité de l'eau, en plantation forestière sous climat méditerranéen ; par une démarche analogue nous avons cherché à vérifier les faits en climats sahélo-soudanais.

Dans un premier temps, nous avons essayé d'utiliser une méthode « continue » ; le système retenu était la méthode des sondes à plâtre de Bouyoucos dont le principe est la conductimétrie dans un bloc

de plâtre qui, placé dans le sol à une profondeur donnée se met en équilibre de potentiel capillaire avec le sol ambiant. Cette méthode, après des étalonnages fastidieux, s'est avérée très décevante, voire inexploitable, confirmant là certaines expériences faites ailleurs, au C. T. F. T. Madagascar notamment.

Nous avons donc eu recours à la méthode traditionnelle des carottages et séchage des échantillons jusqu'à poids constant.

a) Le premier essai réalisé à Gonse, comportait l'analyse de l'humidité à 2 profondeurs seulement 20 cm et 50 cm, dans l'essai travail du sol précédemment décrit au tableau n° 13. Les mesures ont été effectuées 6 mois après la plantation. Chaque mesure est répétée 3 fois par parcelle ; les prélèvements sont faits suivant la ligne de plantation, entre 2 arbres ; leur profondeur est comptée à partir du niveau du sol en place.

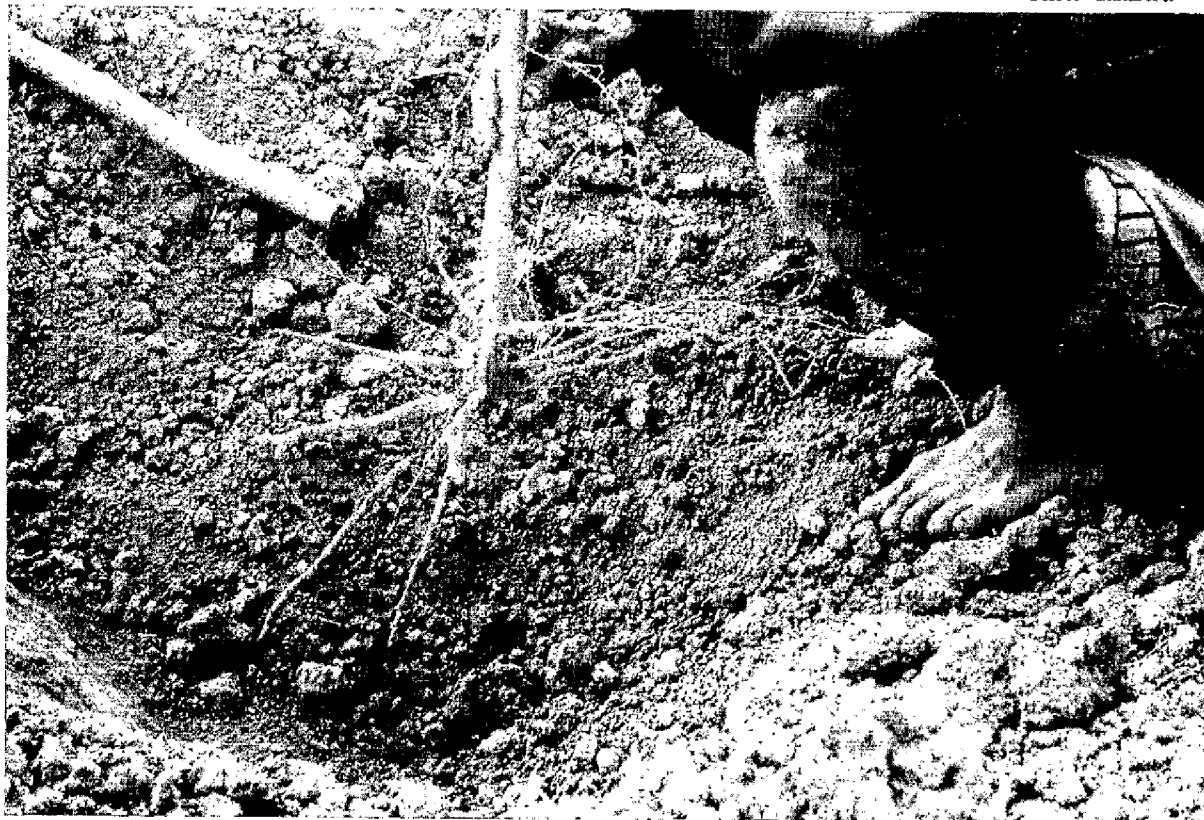
Les résultats sont très décevants et ne permettent pas de mettre en évidence des différences entre les parcelles. Toutefois on peut y trouver des explications :

-- L'essai travail du sol était effectué en terrain sensiblement plat ; il se peut que les techniques de rootage et bourrelet n'aient pas joué leur rôle dans la rétention et l'infiltration de l'eau.

— L'effet apparemment nul du rootage peut

Enracinement développé sur potet. Développement réduit.

Photo Galabert.



s'expliquer par le fait de la structure médiocre des sols. Des profils culturaux, réalisés dix mois après le travail du sol, ne montrent aucun signe visible du passage des dents du rooter, la fente s'est entièrement refermée. Le rootage tardif de juin 1966 sur un sol déjà humide peut expliquer cette inefficacité apparente de rootage.

— Du fait de la mauvaise structure, les bourrelets se sont tassés rapidement sous l'action des pluies, l'ensemble est fortement tassé et compact. Le mouvement capillaire peut donc jouer en saison sèche et d'autant plus que le bourrelet augmente encore la surface évaporante.

— Enfin il faut penser que les racines des jeunes plants ont une action directe sur le dessèchement du sol par leur consommation propre. Les parcelles avec bourrelet ou rootage ont eu de juillet à décembre 1966 un développement végétatif de la partie aérienne, donc vraisemblablement aussi des racines, plus important ; leur consommation en eau a donc été plus élevée.

b) Un deuxième essai réalisé à Gampela en 1967-68 mettait en comparaison quatre modes de travail du sol, Rootage, Rootage + bourrelet, Billon témoin (cet essai a été décrit précédemment) ; la plante test est *Eucalyptus camaldulensis* planté à 3 x 4 m. Les prélèvements de terre en vue du dosage d'humidité au laboratoire ont été faits tous les 20 cm, et dans le billon ou le bourrelet pour les parcelles en comportant. Le profil est réalisé entre deux arbres suivant la ligne de plantation. Le type de sol est le même que l'essai de Gonse avec une texture plus argileuse toutefois. Nous avons cette fois représenté l'évolution des profils hydriques (voir fig. 37) en prenant un profil hydrique mensuel moyen, calculé à partir des profils hydriques réalisés au cours du mois (4 à 5 mesures).

L'examen de ces courbes permet de mettre en évidence :

— qu'à la fin de la saison des pluies (5/9/67) les profils hydriques sont identiques sous le rootage et le rootage bourrelet ;

— les profils du 19/10/67 montrent que l'eau s'est infiltrée en profondeur, avec les dernières pluies de septembre, mais qu'en surface le rootage bourrelet s'est desséché plus vite que le rootage (voir aussi tableau n° 21). Le témoin est le moins bien placé ;

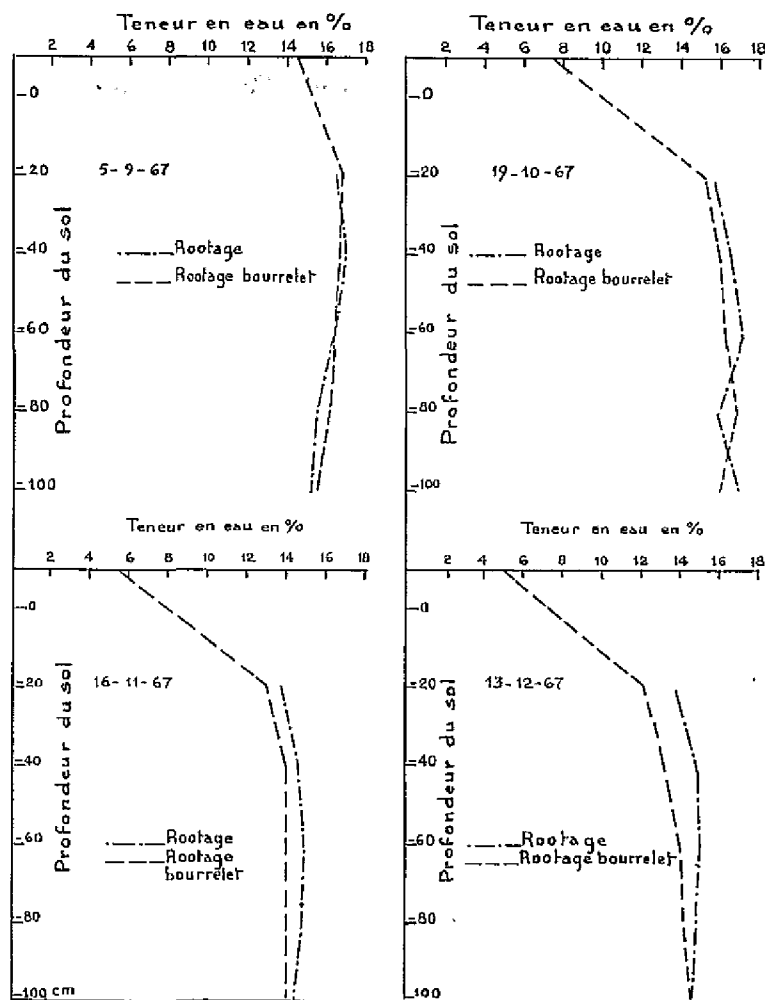


FIG. n° 37. -- Station de Gampela.
Evolution comparée des profils hydriques.

— par la suite le rootage bourrelet apparaît toujours plus sec que le rootage.

Les mesures ont été faites du 5/9/67 au 16/4/68, les dernières mesures n'ont pas donné lieu à un nombre de répétitions suffisant ; c'est pourquoi elles ne sont pas données ici. De plus des difficultés sont apparues au cours de la saison sèche, la tarière refusant de passer dans les horizons durcis en particulier sur les parcelles témoins, ou sous le billon, ce qui, soulignons-le en passant, montre bien l'influence du rootage sur l'ameublissement.

Nous avons cependant essayé de faire l'interprétation mathématique de cet essai : celle-ci a été réalisée par F. CAILLIEZ, de la Section Statistique à la Division des Exploitations du C. T. F. T. grâce à l'appui de la Station de Biométrie du C. N. R. F. à Nancy ; le problème était particulièrement difficile du fait de prélèvements réalisés à des dates différentes, à des intervalles différents, à des profondeurs

différentes, etc... Les résultats ont été donnés dans le tableau n° 22. Le critère choisi est le dessèchement quotidien moyen sur l'ensemble du profil 0-100 cm. Ils viennent confirmer de façon assez sûre l'hypothèse faite à partir de la représentation graphique des profils hydriques.

TABLEAU N° 22
Station forestière de Gampela

Traitement	Dessèchement journalier du 5/9/67 au 16/4/68 en %	Conclusions seuil 0,06
Rootage + bourrelet ..	0,034	
Billon	0,032	
Témoin....	0,029	
Rootage ..	0,025	
Effet du traitement non différent au seuil de 0,06		

En tenant compte de la remarque précédente, à savoir que les plants ont eu sur rootage et rootage bourrelet, un développement supérieur à celui obtenu sur témoin et billon et qu'ils ont donc consommé plus d'eau dans le premier cas que dans le second, on peut distinguer deux groupes :

— Le rootage et le rootage bourrelet.

Au 15 janvier 1968, ces deux traitements ont entraîné une croissance des peuplements absolument identique (cf. tableau 18), et l'on peut donc supposer raisonnablement qu'ils ont consommé la même

quantité d'eau. Or le dessèchement du rootage bourrelet est plus important que celui du rootage (cf. tableau n° 22) au seuil 0,06.

Le bourrelet semble donc avoir par lui-même la faculté d'augmenter l'évaporation de l'eau du sol.

En première année, le bourrelet associé au rootage n'a apporté qu'une légère amélioration sur la reprise, mais il semble augmenter l'assèchement du sol, ce qui, en année climatique sévère, peut être un grave inconvénient. En deuxième année, nous avons vu que rootage et rootage bourrelet ne sont plus distincts du point de vue de la reprise. Le dépérissement a été plus fort sur les parcelles rootage bourrelet confirmant ainsi cette hypothèse. De même l'accroissement a été plus grand sur le rootage que sur le rootage bourrelet, même si les différences ne sont pas significatives.

Bien que l'essai ne soit encore qu'à sa deuxième année, il semble que le bourrelet, tel qu'il a été réalisé, doive être abandonné, puisque par ailleurs il double les dépenses de travail du sol.

— Le billon et le témoin.

L'amélioration du taux d'humidité du billon par rapport au témoin peut être attribuée à la rétention de l'eau au niveau du billon alors que sur le témoin l'eau a ruisselé (le billon et le témoin ont eu jusqu'au 15/1/1968 un développement comparable) mais le dessèchement journalier moyen reste plus rapide pour le billon que pour le témoin bien que cette différence ne soit pas significative.

(A Suivre)

