

EXPÉRIMENTATION RELATIVE A *Dolichos lablab* (antaka) EN CULTURE COTONNIÈRE INTENSIVE DANS LE PÉRIMÈTRE IRRIGUÉ DU BAS-MANGOKY (Madagascar) ⁽¹⁾

par

M. BERGER et R. BERTRAND

Agronomes à la Station I.R.C.T.-Samangoky
Tanandava (Madagascar)

INTRODUCTION

Appelé à régler un système de culture basé principalement sur le cotonnier, l'I.R.C.T. s'est trouvé dans la vallée du Bas-Mangoky devant certains impératifs qui lui ont naturellement tracé ses lignes de recherches en matière d'agronomie.

Le milieu du Mangoky, particulièrement aride (moyenne des maxima durant la période de culture : 35°C et pluviométrie de l'ordre de 500 mm répartis sur 40 jours utiles) a donc demandé une infrastructure hydraulique et des aménagements de haute technicité.

Ces moyens de travail permettaient et rendaient alors impérative la mise au point d'un système de culture intensif.

Face à ces conditions climatiques particulières deux grands types de sols étaient en présence :

— Les Sables Roux définis comme étant d'anciennes alluvions argilo-sableuses à sablo-argileuses, ayant évolué sur place, avec recouvrement alluvial récent de l'ordre de 10 à 30 cm.

Nota. — Agronomiquement, on distingue les Sables Roux normaux et les Sables Roux dégradés. Cette distinction repose sur des différences de rendement (2 500 à 300 kg), dues à des durées variables de mise en culture (5 et 15 ans) et à des conditions de culture et d'irrigation défectueuses avant que celles-ci n'aient été correctement définies.

— Les alluvions récentes, gamme de sols très étendue, mais le plus souvent caractérisés par une importante fraction limoneuse.

Travaillant en milieu irrigué (besoin en eau global de 8 000 m³/ha), le problème principal est celui de l'évolution physique des sols et de la dégradation classique sous irrigation.

Cette évolution porte sur deux facteurs principaux : 1) la matière organique dont l'alternance d'humidification et de dessiccation favorise la disparition ; 2) les modifications texturales variables selon les types de sol. Dans les Sables Roux, l'entraînement en profondeur des éléments fins est susceptible de favoriser la formation d'un horizon compact. Dans les alluvions récentes, le rapport limon/argile est important à considérer, et ses modifications peuvent entraîner des blocages de surface, donc des difficultés d'irrigation.

Dans les deux cas, la destruction et l'évolution de l'horizon de surface vers une texture grossière entraînent une diminution de la capacité de rétention préjudiciable à l'alimentation en eau en début de végétation ainsi qu'au rythme des irrigations.

Le facteur minéral, compte tenu du potentiel de fertilité élevé des sols, ne paraît pas être le facteur limitant essentiel et la recherche, sans toutefois le négliger, s'est orientée vers le maintien des caractéristiques physiques. Après différents essais, une plante susceptible de fournir un apport de matière organique et un travail racinaire important a été envisagée.

Dolichos lablab (dénommé antaka) se développe très bien dans les conditions du Mangoky ; semé à raison de 100 000 pieds/ha, il couvre le sol à 75 % après 60 jours de végétation et totalement après 90 jours. Après un an de végétation, on peut enfouir 12 à 15 tonnes/ha de matière sèche, 20 à 25 tonnes après deux ans et 25 à 35 tonnes après 3 ans. Sa valeur fourragère de 0,15 UF donne chaque année 8 000 à 12 000 UF/ha en quatre pâturages.

La technique actuelle d'enfouissement consiste à rabattre la végétation au gyrobroyeur et, après dessiccation, à l'enfouir à la Rom-Plow ou au rotavator.

L'étude du rôle de l'antaka sur l'évolution des rendements en culture cotonnière a été mise en place en 1960 et, dès 1963, les premiers résultats nous ont montré que son action était nettement positive.

(1) Note présentée au Colloque sur la Fertilité des Sols Tropicaux (Tananarive, 19-25 septembre 1967).

EXPÉRIMENTATION ET RÉSULTATS

Les travaux ont été orientés selon trois directions :

- I - Expérimentation générale.
- II - Expérimentation particulière concernant les modes d'action de *D. lablab*.

III - Application pratique de l'expérimentation.

Les essais et résultats de chacune de ces orientations seront exposés successivement dans les trois parties suivantes.

Première partie : EXPÉRIMENTATION GÉNÉRALE

Les essais sont mis en place sur Sables Roux, normaux ou dégradés ; certains sont sans fumure de base tandis que d'autres ont reçu une fumure minérale après la culture de *D. lablab*. Des résultats préliminaires sont obtenus sur des sols d'alluvions récentes.

A - RÉSULTATS OBTENUS SANS FUMURE DE BASE

Ce programme, mené à l'aide d'un ensemble d'essais, consiste à étudier les points suivants :

- maintien du potentiel de fertilité des sols ;
- prolongation de l'action de la plante améliorante ;
- réduction de la durée de la plante améliorante.

1) Maintien du potentiel de fertilité

a) Sur les Sables Roux normaux

En première année de reprise sur deux ans d'antaka après deux ans de cotonnier, les résultats obtenus sont de l'ordre de 4,2 t/ha de coton-graine contre 2,7 t/ha pour la moyenne des deux premières années de culture.

En première année de reprise sur deux ans d'antaka après trois ans de cotonnier, ces rendements atteignent 2,9 t/ha contre 2,6 t/ha pour la moyenne des deux premières années et 2,85 t pour la moyenne des trois premières années. Le maintien du potentiel de départ est conservé.

En seconde année de reprise sur deux ans d'antaka après deux ans de cotonnier, le maintien du rendement initial est assuré (2,8 tonnes).

En troisième année de reprise après deux ans d'antaka ayant succédé à trois ans de cotonnier, on note un maintien des rendements à 2,3 t/ha, donc à un palier plus bas.

b) Sur les Sables Roux dégradés

Dans le cas des Sables Roux dégradés, on réalise également une remontée du niveau initial, mais le maintien de la fertilité exige de passer par trois années d'antaka.

Le potentiel de fertilité des Sables Roux normaux peut donc facilement être maintenu pendant deux ou trois ans après une culture d'antaka et même dans bien des cas amélioré.

2) Prolongation de l'action de la plante améliorante

Le paragraphe précédent montre que les rendements tombent à 2,3 t/ha au cours de la troisième année de reprise sur deux ans d'antaka. Un apport d'azote (100 unités à 60 jours sous forme de sulfate d'aminonitrique) permet de remonter à 2,7 t/ha. Les doses et les apports sont choisis *a priori* et il est raisonnable de penser pouvoir maintenir des rendements de cet ordre.

On montrera plus loin que l'apparition de réponse à diverses fumures peut également participer à ce maintien.

3) Réduction de la durée de la plante améliorante

Après les réponses très positives à l'action de deux années d'antaka, on a expérimenté une seule année de cette plante améliorante. Les résultats obtenus sont les suivants :

— en première reprise sur un an d'antaka ayant suivi trois ans de cotonnier, on atteint une production de l'ordre de 3,4 t/ha contre 2,8 t/ha lors de la troisième année consécutive ;

— en première année de reprise sur un an d'antaka ayant suivi trois ans de culture cotonnière consécutifs, la production s'élève à 3 t/ha contre 2,2 la troisième année, 2,7 la seconde et 2,8 la première.

Les rendements obtenus en première année de reprise sur trois ans d'antaka ayant succédé à deux ans de cotonnier consécutifs ne donnent qu'un rendement identique à celui de la première année. Ils ne justifient absolument pas l'immobilisation d'une année supplémentaire.

L'étude des cultures dérobées a été reprise. Afin d'obtenir une très rapide couverture de sol et le maximum de matière organique, on a joué sur la densité du semis. Cette culture menée en double densité de part et d'autre du billon permet ainsi de passer à 200 000 pieds/ha.

La couverture est réalisée en 30 jours et sa présence pendant 120 jours assure 21 tonnes de matière verte.

Les résultats de la première année d'expérimentation donnent un rendement de 2,6 t/ha qui passe à 2,8 t/ha avec adjonction d'une fumure minérale NPK.

Signalons que cet essai réalisé sur un sol en cinquième année de coton continu avait un potentiel initial très élevé (3,7 t/ha).

Bien que ces résultats ne concernent qu'une seule année, il apparaît que cette technique, associée à des fumures minérales adaptées, est susceptible de fournir des éléments importants au but recherché. L'expérimentation sera poursuivie avant de se prononcer définitivement.

B - RÉSULTATS OBTENUS AVEC FUMURE MINÉRALE DE BASE APRÈS CULTURE D'ANTAKA

D'une façon générale, les Sables Roux, dégradés ou non, ne donnent que de très rares réponses aux fumures minérales et le plus souvent sans confirmation nette.

L'expérimentation minérale après passage par la culture d'antaka permet d'obtenir les résultats suivants, en coton-graine :

1) Sur Sables Roux normaux

— En première année sur deux ans d'antaka, un essai de fumure minérale :

Témoin : 3 t/ha, soit 100 %.

Fumure NSPK : 3,4 t/ha, soit 113 % (1).

Fumure NSPK + oligoéléments : 3,7 t/ha, soit 123 % (1).

— Sur un autre essai, des conditions identiques donnent une augmentation de l'ordre de 400 kg/ha avec NSPK.

— En seconde année de reprise sur un an d'antaka, la réponse à NPK est faible (100 kg/ha).

— En troisième année de reprise sur deux ans d'antaka, par contre, il apparaît une nette réponse à l'azote avec augmentation des rendements de l'ordre de 19 %.

2) Sur Sables Roux dégradés

Les engrais minéraux (N, P, S) dont les apports en première année de reprise derrière trois ans d'antaka semblent inutiles, paraissent jouer un rôle en seconde année après deux ans et deviennent nécessaires en troisième année derrière un an de *D. lablab*.

Ces divers résultats, valables dans des conditions

bien définies, permettent cependant de penser que la culture d'antaka contribue à une meilleure assimilation minérale des engrais apportés au cotonnier.

C - RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES SUR LES SOLS D'ALLUVIONS RÉCENTES

Ces sols sont différenciés en 9 classes basées sur la texture et la perméabilité. L'expérimentation actuelle porte sur le premier terme de la série F 2.

Ces sols sont définis comme étant un recouvrement sablo-limoneux à limono-sableux fin sur sables. L'épaisseur de ce recouvrement varie entre 20 et 40 cm. Une distinction en deux sous-classes a été nécessaire :

— F 2 A est caractérisé par une série de reprises limoneuses à limono-argileuses d'épaisseur variable alternant avec les couches de sable ;

— F 2 B présente l'horizon inférieur sableux sur tout le profil.

L'évolution des rendements sur les sols F 2 A est la suivante :

1963	: 3 200 kg/ha de coton-graine.
1964	: 2 800 kg/ha »
1965	: 2 700 kg/ha »
1966	: 2 300 kg/ha »
1967	: 2 500 kg/ha »

Après deux ans d'antaka, les rendements atteignent 3 100 kg/ha en première année de reprise.

Chez les sols F 2 B, les rendements diminuent, aussi, régulièrement :

1965	: 1 900 kg/ha de coton-graine.
1966	: 1 800 kg/ha »
1967	: 1 600 kg/ha »

Après un an d'antaka, la production en première année de reprise atteint 2 t/ha.

Les résultats obtenus après la culture de *D. lablab* demandent à être confirmés en seconde année de reprise. Il faut remarquer que l'on atteint, comme pour les Sables Roux, le niveau de fertilité initial, en première année.

L'apport d'une fumure minérale d'entretien sera étudié au cours de la prochaine expérimentation afin de prolonger la reprise en cotonnier à trois ans.

Les diverses possibilités qui se dégagent de cette étude intéressent l'intensité d'exploitation, la fumure minérale et permettent d'orienter la recherche.

La réduction de la « jachère » à une seule année autorise une intensification du rythme d'exploitation possible par l'apparition des réponses aux macro et oligo-éléments. Il semble que l'un des facteurs qui limitaient cette réponse ait été approché.

(1) : différences statistiquement significatives.

Deuxième partie : EXPÉRIMENTATION PARTICULIÈRE CONCERNANT LES MODES D'ACTION DE *D. lablab*

Cette deuxième partie, après un bref exposé sur les méthodes et dispositifs de travail utilisés, montrera les premiers résultats acquis et esquissera les lignes directrices des études en cours et à venir.

A - MÉTHODES D'ÉTUDE ET DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX

L'étude des rapports sol-plante (antaka et cotonnier) a été entreprise par l'utilisation des méthodes exposées ci-après.

1) Profil cultural de Hénin

Cette méthode, bien connue, consiste à rassembler un ensemble d'observations dans des domaines différents à partir de l'étude d'une coupe de terrain le plus souvent sous culture.

Les données proviennent des études suivantes :

- Pédologie du profil (texture, structure);
- Activité biologique (répartition, nature, qualité);
- Matière organique présente dans le profil (nature, répartition, état);
- Enracinements (exploitation du sol);
- Circulation de l'eau et son stockage;
- Façons et accidents culturels (homogénéité, compacité, litages);
- Aspect sanitaire du profil.

Elles sont ensuite utilisées par recoupement pour confirmer une hypothèse de travail ou mettre l'accent sur des phénomènes qui ont pu échapper à une investigation classique.

2) Profil racinaire

La méthode précédente, indispensable pour déterminer l'aspect qualitatif du rapport plante/sol, a été complétée par une méthode permettant de déterminer l'aspect quantitatif de l'enracinement.

Nous avons retenu 3 éléments : nombre, poids, longueur, qui permettent d'obtenir les notions de surface racinaire et de volume de sol exploité.

Cette méthode consiste à :

— réaliser la projection topographique complète de l'enracinement :

— étudier les facteurs précités par tranche de sol de 10 cm ;

— traduire ces données sur des graphiques.

L'échantillon représentatif de la moyenne de hauteur des plants de la parcelle est choisi dans un groupe d'au moins 5 plants identiques dans toutes les directions.

La réalisation consiste à détremper et à dégager avec un jet d'eau sous pression l'enracinement du plant retenu. Ensuite, nous indiquons par rapport à

la racine principale et par tranche de sol : la trace des racines (notion d'angle racinaire) leur poids, leur longueur et leur diamètre.

Nous notons systématiquement :

- la quantité (feutrage, densité, rareté, absence),
- la forme (sinueuse, rectiligne);
- la section (arrondie, aplatie);
- la direction (horizontale, verticale, oblique vers le haut ou vers le bas);
- la localisation ;
- les accidents de végétation.

Cette méthode assez longue ne permet pas un échantillonnage important et le choix du plant requiert un bon jugement de la part de l'opérateur. Des tests plus rapides, basés sur l'existence d'un axe et d'un plan de symétrie, devraient permettre de définir un secteur représentatif de l'enracinement.

Des coupes (transversale et longitudinale) réalisées par rapport au billon permettent de travailler sur le quart du volume.

3) Profil hydrique

Cette méthode classique est basée sur l'étude de l'humidité du sol à partir de prélèvements effectués le plus souvent à l'aide d'une tarière, la terre étant séchée à l'étuve à 105 °C et son humidité exprimée en pourcentage de terre sèche. Elle nous servira en particulier pour suivre l'évolution des capacités de rétention des sols et les stockages d'eau utile.

L'évolution des profils est, de son côté, suivie par des mesures de sonde à neutrons.

4) Etude des stabilités

Nous avons retenu pour étayer les observations actuellement en cours :

— l'indice d'instabilité de HENIN comme correspondant le mieux à l'altération des structures sous irrigation dans les horizons 10 à 40 cm en particulier ; il permet de suivre l'évolution de la formation d'un horizon induré ;

— l'indice de stabilité de BANG pour suivre l'évolution des structures de surface.

5) Etude des densités apparentes

L'évolution de la compacité des horizons d'accumulation prévisible en milieu irrigué sera suivie à l'aide d'un densitomètre à membrane, puis, si les écarts demandent plus de précision, à l'aide de la méthode des anneaux de KOPECKY, reprise par MAERTENS.

Nous espérons également pouvoir la mesurer à l'aide d'un densitomètre expérimental à rayonnement gamma.

6) Etude de pénétrométrie

Afin de suivre les effets éventuels de l'évolution des sols sous irrigation et leur incidence sur l'enracinement, nous avons mis au point un appareil permettant d'évaluer la résistance mécanique à la pénétration. Le principe de fonctionnement du pénétromètre est le suivant.

Un mouton (pièce de percussion coulissante grahitée, donc à frottement pratiquement nul) de poids variable tombe d'une hauteur réglable sur une butée solidaire d'une tige graduée. Afin de pouvoir contrôler avec précision les forces de frottement, on utilise une pointe rapportée d'un diamètre supérieur à celui de la tige.

Cette pointe, de surface plane latérale connue, est en contact avec les parois verticales lors de l'enfoncement.

La résistance à la pénétration se compose de celle qui s'exerce sur le cône d'avancement et de celle des parois latérales. Ayant chiffré cette dernière, nous déduisons la résistance réelle à la pénétration évaluée en kg/cm^2 .

A cet effet, à partir de la formule des Hollandais qui exprime le travail effectif produit (travail utilisateur par coefficient de choc) corrigée par le *Engineering New Record*, nous avons introduit la notion de section plane en cm^2 .

Une étude est actuellement en cours afin d'établir le pénétromètre en fonction de l'humidité du sol, déterminée à la sonde à neutrons, en faisant intervenir le rapport :

$$\frac{\text{Humidité par unité de volume}}{\text{Capacité au champ}}$$

Les relations entre pénétrométrie et divers facteurs physiques tels que porosité, perméabilité, instabilité structurale, granulométrie sont prévues afin de les comparer aux études menées sur l'enracinement.

7) Dispositifs expérimentaux

L'étude de l'action de l'antaka a été subdivisée par soustraction en quatre parties :

- action des parties aériennes vertes ;
- action du mulch (entendre par ce terme les éléments en voie de décomposition qui recouvrent le sol et les parties ligneuses non encore évoluées) ;
- action des racines et des produits de décomposition ayant été entraînés en profondeur pendant la présence de l'antaka sur le sol ;
- action des racines et de la matière minérale des parties aériennes.

Un ensemble d'essais dits d'« extrémisation » sur Sables Roux normaux et Sables Roux dégradés permet de suivre l'étude en divers points.

Afin de pouvoir mettre en évidence certaines ac-

tions particulières de l'antaka, nous avons étudié en milieu recomposé, l'action du mulch, celle des parties vertes et celle des matières minérales provenant des parties aériennes en dehors de toute action des racines.

L'action particulière de cette Légumineuse au point de vue azoté est étudiée en milieu recomposé par des apports de sulfate d'ammoniaque et d'urée à raison de 100 unités en *side dressing* à 30 jours.

Enfin, dans le but de préciser certaines actions de l'antaka, un essai de protection thermique et une jachère à Graminée sont en place.

B - PREMIERS RÉSULTATS

Cet ensemble de techniques a permis l'étude du système racinaire de *D. lablab*, de celui du cotonnier (*G. hirsutum*), « l'extrémisation » des conditions d'étude sur Sables Roux normaux et sur Sables Roux dégradés.

1) Etude du système racinaire de l'antaka et du cotonnier

Les résultats de l'application de la méthode du profil racinaire, donnés en fin d'article, représentent la moyenne de 30 plants.

L'enracinement de l'antaka (tableau 1 et graphiques 1 et 2) montre que 20 % de l'ensemble sont situés dans les 30 premiers centimètres et 20 % dans les 30 cm suivants. A 100 cm, 80 % de l'enracinement total est installé et la profondeur finale atteinte est 130 cm.

Les racines colonisent le profil d'une façon régulière, avec un maximum à 80 cm et diminuent à partir de 110 cm ; les plus grosses s'installent dans les 30 premiers centimètres qui en contiennent : 15,8 % en nombre, 23,3 % en poids et 19,5 % en longueur.

Dans les 20 derniers centimètres, la longueur des racines est encore élevée, le nombre est important, mais le poids a nettement diminué.

Le volume de sol intéressé par un enracinement de ce type est d'environ 3 m³.

L'enracinement des cotonniers étudiés (tableau 2, graphiques 3 et 5) s'adresse à une quatrième année de cotonnier continu et à une deuxième année de reprise derrière antaka (tableau 3, graphiques 4 et 6).

Ces observations se résument dans le tableau 4.

Les études sur les différentes parties de l'antaka permettent d'expliquer ces résultats :

— après l'action conjuguée des racines et du mulch de *D. lablab*, les racines du cotonnier sont importantes dans la partie superficielle et limitent leur point d'insertion sur la racine principale à 40 cm. Elles sont bien développées, et après un départ presque à l'horizontale, l'enracinement d'ensemble fait un angle obtus ;

RESULTATS DES ETUDES DE REPARTITION DES RACINES

Tableau 1. — *Dolichos lablab (antaka)*.

Profondeur	Nombre de racines			Poids des racines				Longueur des racines		
	Nombre	% total	% cumulé	Poids	kg/ha	% total	% cumulé	Longueur	% total	% cumulé
10	9	2,4	2,4	2,05	205	7,5	7,5	133	4,5	4,5
20	22	5,9	8,3	2,07	207	7,6	15,1	216	7,4	11,9
30	28	7,5	15,8	2,22	222	8,2	23,3	223	7,6	19,5
40	30	8,1	23,9	2,26	226	8,3	31,6	228	7,8	27,3
50	32	8,6	32,5	2,30	230	8,5	40,1	228	7,8	35,1
60	33	8,9	41,4	2,34	234	8,6	48,7	249	8,5	43,6
70	34	9,1	50,5	2,36	236	8,7	57,4	249	8,5	52,1
80	38	10,2	60,7	2,82	282	10,4	67,8	298	10,2	62,3
90	36	9,7	70,4	2,60	260	9,6	77,4	279	9,6	71,9
100	30	8,1	78,5	2,28	228	8,4	85,8	257	8,8	80,7
110	29	7,8	86,3	2,08	208	7,7	93,5	214	7,3	88,0
120	23	7,5	93,6	1,18	118	4,3	97,8	210	7,2	95,0
130	21	5,7	99,5	0,18	38	1,4	99,2	148	5,0	100,0
Total	370			26,94	2 694			2 932		

Tableau 2. — *Gossypium hirsutum en culture continue*.

10	15	14,8	14,8	2,25	0,150	15,6	15,6	176	13,5	13,5
20	17	16,8	31,6	2,52	0,148	19,4	35,0	273	21,0	34,5
30	22	21,8	53,4	3,25	0,147	25,0	60,0	350	26,9	61,4
40	13	12,8	66,2	1,43	0,110	10,8	70,8	119	9,1	70,5
50	9	8,9	75,1	0,91	0,101	16,9	77,7	115	8,8	79,3
60	8	7,9	83,0	0,80	0,100	16,1	83,8	95	7,2	86,5
70	6	6,9	88,9	0,69	0,115	5,5	89,3	66	5,0	91,5
80	5	4,9	93,8	0,58	0,116	5,2	94,5	43	3,3	94,8
90	5	4,9	98,7	0,49	0,098	4,5	99,0	40	3,1	97,9
100	2	2,0	100	0,09	0,090	1,0	100	27	2,1	100,0
Total	102			13,01				1 303		

Tableau 3. — *Cotonnier après une culture d'antaka*.

10	14	9,3	9,3	3,30	0,235	12,0	12,0	137	10,3	10,3
20	17	11,3	20,6	3,71	0,218	13,5	25,5	270	15,0	25,3
30	23	15,3	35,9	5,00	0,217	18,2	43,7	310	17,2	42,5
40	21	14,0	49,9	4,37	0,208	15,9	59,6	242	13,4	55,9
50	17	11,3	61,2	3,32	0,195	12,1	71,7	213	11,8	67,7
60	15	10,0	71,2	2,24	0,149	8,1	79,8	152	8,4	76,1
70	12	8,0	79,2	1,78	0,148	6,4	86,2	127	7,0	83,1
80	10	6,6	85,8	1,46	0,146	5,3	91,5	100	5,5	88,6
90	8	5,8	91,0	1,00	0,125	3,6	95,1	86	4,7	93,3
110	7	4,4	95,4	0,68	0,097	2,5	97,6	72	4,0	97,3
120	5	3,3	98,7	0,35	0,070	1,4	99,0	46	2,5	99,8
130	2	1,3	100	0,26	0,066	1,4	100	9	0,2	100,0
Total	151			27,47				1 814		

Tableau 4

Cotonnier et précédent cultural	Présence de 60 % des racines	Augmentation de longueur des racines	Augmentation de poids des racines	Profondeur atteinte
	horizon	%	%	cm
4 ans de cotonnier continu	de 0 à 30	100	100	100
2 ^e année de reprise sur un an d'antaka.	de 0 à 50	150	200	130

— après l'action des racines et des produits de décomposition, il y a déplacement de la zone d'activité racinaire principale jusqu'à 50 cm et l'angle d'enracinement est plus aigu.

Nous notons donc la position intermédiaire de l'enracinement dans le cas de l'enfouissement total.

Les actions du mulch et des parties vertes seules confirment cette action de la matière organique en surface.

Derrière l'épandage de mulch, les racines partent à l'horizontale et leur niveau d'insertion ne dépasse pas 30 cm sur la tige principale. L'angle est proche de 180° et l'ensemble est diffus dans le sol avec de très longues racines.

Derrière l'épandage des parties vertes, les racines descendent et réalisent un angle aigu assez comparable à celui du cotonnier continu.

L'influence du mulch de l'antaka est très nette et maintient un enrachinement dense dans l'horizon superficiel; les racines de *Dolichos* seules permettent une localisation à une profondeur importante, mais elles ne favorisent pas l'exploitation parfaite de l'horizon de surface; les parties vertes de l'antaka ne semblent pas avoir d'action.

L'influence de l'enracinement de l'antaka sur celle du cotonnier apparaît nettement dans l'étude comparative figurée sur le graphique 7 qui fait intervenir pour les 3 types d'enracinement le produit de la longueur par le poids en pourcentage cumulé :

— l'antaka a une progression d'enracinement linéaire avec un point d'inflexion dans la droite à 70 cm de profondeur traduisant le plan d'eau; en effet, on a remarqué que l'arrêt de l'enracinement au niveau de la nappe est suivi d'un redépart très net lors du ressuyage;

— le cotonnier continu marque un premier changement de pente à 30 cm, puis un deuxième à 50 cm;

— le cotonnier derrière antaka a un point d'inflexion à 40 cm, puis un autre à 50 cm. L'horizon 0-30 cm correspond au recouvrement sur Sable Roux où se tient une partie importante de l'enracinement du cotonnier.

La traversée de l'horizon 30-50 cm qui constitue l'horizon d'accumulation est donc facilitée par l'action de l'antaka.

La droite n° 1 figure la limite idéale que l'on essaye de faire atteindre à l'enracinement. Il est indispensable en effet d'obtenir un système racinaire exploitant un grand volume de sol tant du point de vue nutritif que pour l'alimentation hydrique (rythme d'irrigation). Avec cette culture améliorante, nous pensons avoir démontré que cette possibilité peut être réalisée.

Signalons à cet effet qu'un essai d'antaka à densité double est installé depuis 1966.

L'ensemble des résultats exposés trouve son utilisation dans une série d'essais menés sur les deux types de Sables Roux par la méthode des « extrémisations ».

2) « Extrémisation » des conditions d'étude sur Sables Roux normaux

Cet essai en deuxième année de cotonnier après un an d'antaka donne les rendements correspondant à l'action séparée des diverses parties.

L'action totale correspond à un enfouissement de 20 tonnes de matière sèche (mulch et parties vertes séchées), à l'action racinaire, et au rôle de protection thermique de la couverture.

L'action racinaire (sol dégagé de toutes traces de matière organique apparente) correspond à l'action des racines proprement dites et aux produits de décomposition de surface qui ont pu être entraînés.

L'action conjuguée des racines et du mulch (après élimination des parties aériennes non évoluées) amène à enfouir 12 t/ha de matière sèche.

Dans l'action du mulch seul et celle des parties vertes seules (milieu recomposé à partir d'une parcelle d'antaka identique), le fond racinaire et les produits de décomposition de surface manquent.

Les productions de coton-graine ont été les suivantes :

Témoin : 2 359 kg/ha - 100 %

Enfouissement de l'antaka :

— en totalité : 2 629 kg/ha - 111 %

— racines + mulch : 2 680 kg/ha - 113 %

— racines + produits de décomposition de surface : 2 869 kg/ha - 121 %

- parties aériennes seules : 2 360 kg/ha - 100 %
- mulch seul : 2 270 kg/ha - 96 %

On note une faible différence entre l'action de l'antaka enfouie en totalité et celle des racines plus le mulch. Les parties aériennes sont sans action de même que le mulch ; celui-ci peut devenir nuisible. Les racines ont, seules, une action positive nette.

L'hypothèse d'une concurrence azotée et de sa compensation par l'action des nodosités peut être avancée.

3) « Extrémisation » des conditions d'étude sur Sables Roux dégradés

Cette expérimentation est basée sur le même principe que l'essai précédent avec les compléments suivants :

— l'action totale correspond à un enfouissement de 22 t/ha de matière sèche après une année d'antaka et à 34 t après trois années ;

— l'action des racines seules est identique au point de vue technique ;

— l'action conjuguée racine et mulch après élimination des parties aériennes non évoluées (par pâturage puis coupe de refus) correspond à l'enfouissement de 23 t/ha après un an et 29 t/ha après trois ans.

A ces trois objets a été ajouté un traitement qui teste l'action des racines et des matières minérales des parties aériennes. Le tonnage du mulch rapidement brûlé en nappe dès séchage est de 25 t/ha après une année et de 23 t/ha après trois ans.

Les récoltes de coton-graine ont révélé les différences ci-dessous :

	Un an d'antaka	Trois ans d'antaka
Enfouissement :		
— en totalité	1 820 kg/ha	2 807 kg/ha
— racines seules	1 361 kg/ha	2 322 kg/ha
— racines + mulch	1 891 kg/ha	3 128 kg/ha
— racines + incinération parties aériennes	1 491 kg/ha	2 219 kg/ha

soit, dans le cas d'un an d'antaka, des % de : 100, 74, 103 et 81. Dans le cas de trois ans d'antaka, des % de : 100, 82, 111 et 79.

Des diverses participations qui concourent au rendement final, on a pu faire ressortir :

— celle du terrain qui entre pour 44 % après un an d'antaka et pour 28 % après trois ans ;

— celle des matières organiques et minérales des parties aériennes qui y participent pour 26 et 18 % ;

— celle des racines qui se montent respectivement à 30 et 54 %.

Il ressort une participation prépondérante de la matière organique après un an d'antaka, puis apparition de celle des racines plus produits entraînés après trois ans.

Cette conclusion, comme on le verra dans le tableau 5 est encore plus nettement mise en évidence lorsqu'on analyse la participation des diverses parties dans l'effet global de l'antaka.

Parallèlement à cette étude, l'action des diverses parties de l'antaka en dehors de toute action racinaire a été testée de la façon suivante :

— apport de 25 t/ha de mulch sec ;

— apport de 13 t/ha de mulch sec ;

— apport de 12 t/ha de parties vertes ;

— apport des parties minérales issues de 30 t/ha de matière sèche brûlée sur la parcelle.

De plus, pour pouvoir mettre en évidence le rôle particulier des racines de cette jachère de Légumineuse, nous avons, sur chacun des objets mentionnés, apporté différenciellement 100 unités d'N sous forme de sulfate d'ammoniaque et sous forme d'urée.

Les productions de coton-graine sont données dans le tableau 6.

L'analyse des diverses participations au rendement final permet de séparer et de chiffrer l'action de la matière organique et celle de l'enracinement.

Tableau 5. — Participation de l'antaka au rendement final.

Objet	Enfouissement total		Racines + mulch	
	Antaka de un an	Antaka de trois ans	Antaka de un an	Antaka de trois ans
Effet global	56	72	57	74
Effets des fractions	en % de l'effet de l'antaka			
— Racines + produits miné- raux	35	75	51	65
— Mat. organiques + mat. minérales + produits mi- néraux	45	25	49	35

Tableau 6

Apport de mulch	Sans N	Apport de 100 U. d'N	
		du sulfate d'ammoniaque	de l'urée
		kg/ha de coton-graine	
Mulch 25 t/ha	2 120	3 341	1 955
Mulch 13 t/ha	1 534	2 398	1 998
Parties vertes	1 534	2 527	2 256
Mulch brûlé	1 191	2 270	1 455
Moyennes	1 607	2 634	1 916

Effet de la matière organique

Avec le mulch, la participation du terrain est inversement proportionnelle au tonnage apporté avec ou sans complément azoté. En conséquence, la participation de l'antaka est proportionnelle au tonnage de matière sèche enfouie.

— Avec 25 t/ha : 56 % sont dus à la matière organique.

— Avec 13 t/ha : 49 % sont dus à la matière organique.

Ces actions mettent en évidence le besoin de matière organique de ces terrains.

Effets de l'enracinement

Nous constatons que l'absence des racines entraîne une très importante réponse aux apports d'azote et en particulier à ceux réalisés sous forme ammoniacale.

Cette réponse à N qui est de 36 % avec 13 t/ha et 25 t/ha atteint 47 % avec le mulch brûlé.

Nous avons ainsi la confirmation du rôle important joué probablement par les nodosités dont l'abondance avait été remarquée lors des études de profils culturaux et racinaires.

Troisième partie : APPLICATION PRATIQUE DE L'EXPÉRIMENTATION

En dépit de certaines imprécisions inévitables, même dans l'étude particulière menée en plein champ sur les diverses parties de l'antaka, les résultats obtenus corroborent ceux de l'expérimentation relative aux rendements. Cela met l'accent sur le caractère général des phénomènes observés.

On peut donc considérer que l'utilisation pratique des conclusions se justifie, même si elle ne constitue qu'une première approximation.

Dans le paragraphe suivant, nous dégagons les règles de conduite des techniques culturales qui paraissent être les plus aptes à maintenir une production intensive tout en conservant les sols dans les meilleures conditions d'exploitation.

A - FAÇONS CULTURALES

1) Enfouissement de la jachère

L'action dépressive de la matière verte sur l'action potentielle de l'antaka mise en évidence, nous excluons dès le départ son enfouissement : le gyrobroyeur ou le pâturage sont deux solutions faciles à utiliser.

Nous avons vu également que la présence d'un tonnage important de matière organique favorise la concentration des racines en surface et ceci en particulier lors de la première année de reprise. Il y a donc lieu de réaliser l'enfouissement de façon à répartir la matière organique sèche sur le maximum de profondeur afin de permettre à l'enracinement d'exploiter au point de vue minéral et hydrique un volume de sol plus important.

2) Labours

Le recouplement des diverses observations montre qu'il se forme sous irrigation un horizon compact s'opposant à une bonne exploitation du sol et que l'antaka améliore ces conditions par un important travail mécanique. Elle facilite donc les façons culturales et en particulier permet d'avoir recours à des labours dressés profonds qui remontent dans les horizons supérieurs les éléments fins dès l'apparition de la migration.

Cette technique est à utiliser dès la seconde année de mise en exploitation des terrains. Notons que le choix de ces labours dressés permet également de réaliser dès la seconde année de reprise un meilleur amalgame de la matière organique.

B - RESTITUTIONS MINÉRALES ET ORGANIQUES

Les exportations impliquées par la culture cotonnière demandent des restitutions auxquelles l'antaka apporte une participation importante.

1) Restitutions organiques

Les essais soustractifs et d'intensité ont montré la réponse positive et croissante aux apports de matière organique. Ce poste s'avère donc non déficitaire.

2) Restitutions minérales

Le passage par une sole d'antaka déclenche une réponse aux fumures minérales et l'antaka facilite nettement l'alimentation minérale, en particulier au point de vue azoté.

Nous pensons que si la première année de reprise ne nécessite pas actuellement d'apport minéral, il y a lieu d'aborder ce problème la seconde année et la troisième année il est indispensable qu'une fumure d'entretien soit appliquée afin de prolonger l'action de la plante améliorante.

C - TECHNIQUE DE CONDUITE ET D'UTILISATION D'UNE CULTURE DE *D. lablab*

Nous avons montré l'importance du travail racinaire de l'antaka, mais il se révèle nécessaire de le favoriser et de le multiplier au maximum. Dans ce but, le semis doit être réalisé le plus tôt possible, à une forte densité (au moins 100 000 pieds/ha).

Nous pensons ainsi permettre d'augmenter la durée de son travail dans le sol et d'assurer rapidement sa couverture.

L'antaka nécessite une irrigation mensuelle afin d'obtenir une installation rapide et une activité racinaire optimale.

Une ou deux années sont nécessaires.

Après élimination des parties vertes, le reste de la matière organique doit être enfoui dès séchage par un passage de charrue lourde à disques arantés. Dans tous les cas, nous insistons sur l'obtention du meilleur amalgame possible.

Comme nous l'avons souligné, le pâturage avant enfouissement ne présente pas d'effet dépressif et semble même être positif. La valeur énergétique élevée, et la forte teneur en matière azotée digestible de l'antaka lui permet de participer à l'alimentation des bovins (embouche en particulier).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Dans cette étude, le problème posé était de mettre au point pour un périmètre irrigué un système de culture cotonnière intensif. En nous appuyant essentiellement sur une expérimentation de recherche appliquée, il a été possible de dégager des résultats donnant une solution, et une méthode de travail basée principalement sur le rapport sol/plante.

Conduite des irrigations

Les études concernant l'évolution des profils hydriques en première année ont montré que l'exploitation de l'eau avait lieu jusqu'à 1,80 m dans les meilleures conditions, mais le plus souvent à 1 m seulement. La technique consiste à irriguer lorsque la valeur moyenne du profil exploité atteint les 2/3 de la capacité de rétention au champ (le cotonnier est maintenu dans les meilleures conditions d'alimentation en eau).

Dans les Sables Roux, de densité apparente moyenne 1,6, nous travaillons dans l'intervalle compris entre 12 et 8 % d'humidité. Cela représente pour ces quatre points :

— un stockage d'eau facilement utilisable de 1 150 m³/ha, si le terrain est exploité sur 1,80 m (besoins couverts pendant 19 jours) ;

— un stockage de 640 m³/ha si le terrain est exploité sur 1 m (besoins couverts pendant 10 à 11 jours).

Après quatre années de culture continue, nous avons vu que la profondeur exploitée passe de 1 m à 1,30 m à la suite d'une année d'antaka. Cette exploitation supplémentaire permet un gain d'eau facilement utilisable de 190 m³ couvrant les besoins de trois jours de consommation. Nous pouvons donc faire passer le tour d'eau de 10 à 13 jours.

Une récente étude, conduite par profil cultural et profil racinaire sur sols très dégradés, montre que l'enracinement exploite les 30 premiers centimètres du sol, ce qui assure une consommation correcte de trois jours seulement.

On conçoit donc toute la valeur que représente l'action de l'enracinement de l'antaka pour maintenir un volume exploité correspondant à un rythme d'irrigation acceptable, point essentiel de la conduite d'un périmètre irrigué.

Ainsi, nous avons pu montrer l'importance des restitutions organiques d'une plante améliorante et surtout mettre en évidence le rôle primordial de l'enracinement.

Nous pensons avoir permis de résoudre un problème de productivité, et d'esquisser une technique permettant d'aborder des cas identiques.

BIBLIOGRAPHIE

DEMOLON A. — Dynamique du sol. Ed. Dunod. Paris. 5^e éd., 1966.
GAUDEFROY-DEMOMBYNES P. et C. CHARREAU. — Possibilités de conservation de l'humidité dans les sols pendant la saison sèche. Influence corrélative sur le degré d'ameublissement du sol. *Agron. trop.* 1961, XVI, 3, 239-254

HENIN S., A. FEODOROFF, R. GRAS et G. MONNIER. — Le profil cultural. Principes de physique du sol. Ed. Soc. d'Ed. des Ing. Agricoles, Paris, 1960.

ISRAELSEN D.W. et V.E. HANSEN. — Traité pratique d'irrigation. *Interc. Ed.*, New York; les Ed. d'Organis., Paris, 1965.

JOFFE J.S. — Green manuring view by a pedologist. *Adv. Agron.*, 1955, 7, 141-187.

MAERTENS C. — La résistance mécanique des sols à la pénétration: ses facteurs et son influence sur

l'encracinement. *Ann. agron.*, 1964, XV, 5, 539-554.

MONNIER G. — Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. *Publ. INRA n° 926*, thèse Doct. Ing., 1963.

GENERAL CONCLUSION

In this study, the problem claiming our attention was to develop an intensive cotton growing system for an irrigated area. By basing our investigations essentially on an experimentation of applied research, it was possible to set forth results giving an answer and a working method based chiefly on soil/plant ratio.

We were thus able to show how important are the organic restitutions of a fallow plant and particularly to bring to light the primordial part assumed by rooting.

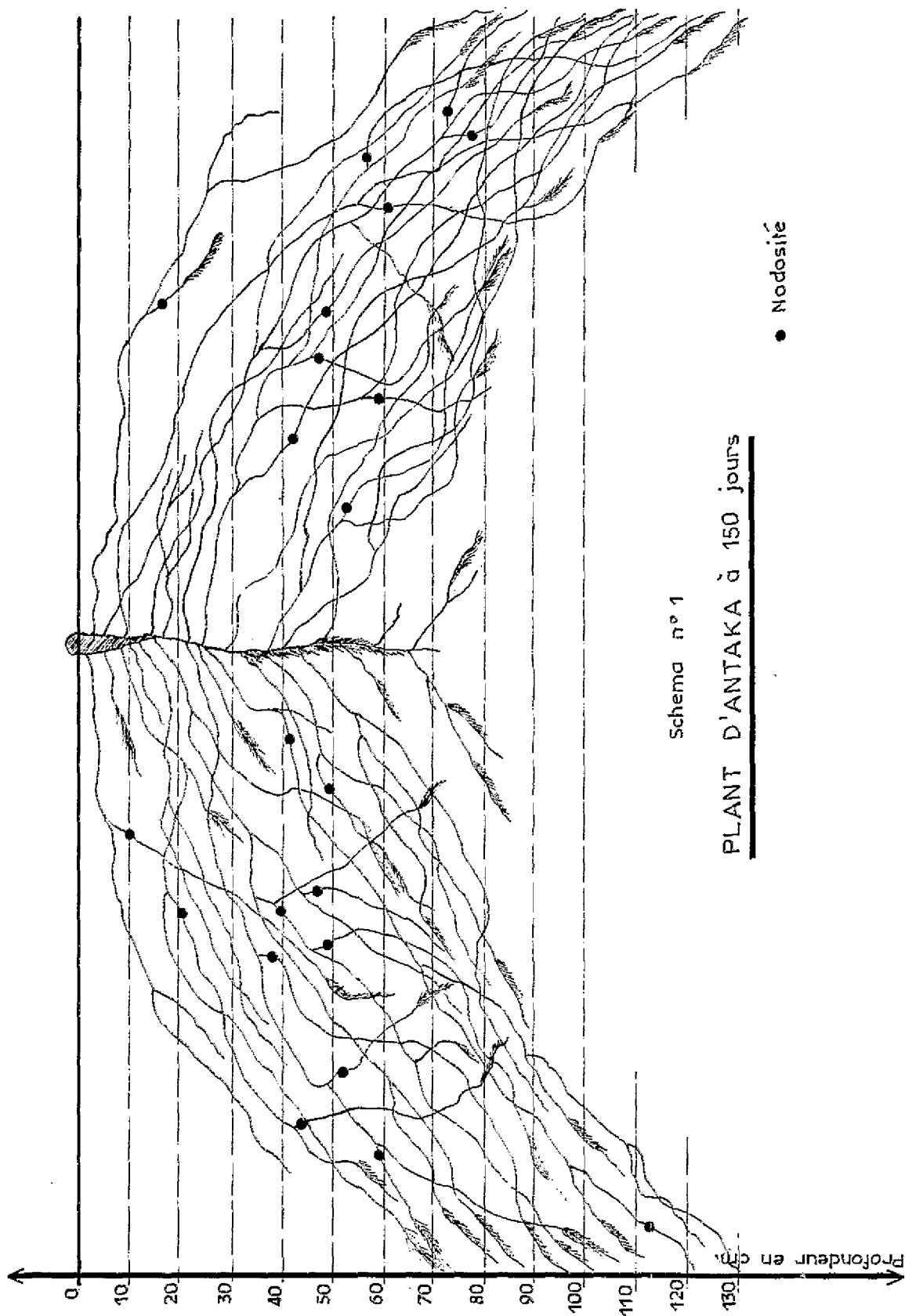
We feel we have permitted to solve a productivity problem and to outline a technique permitting to approach similar cases.

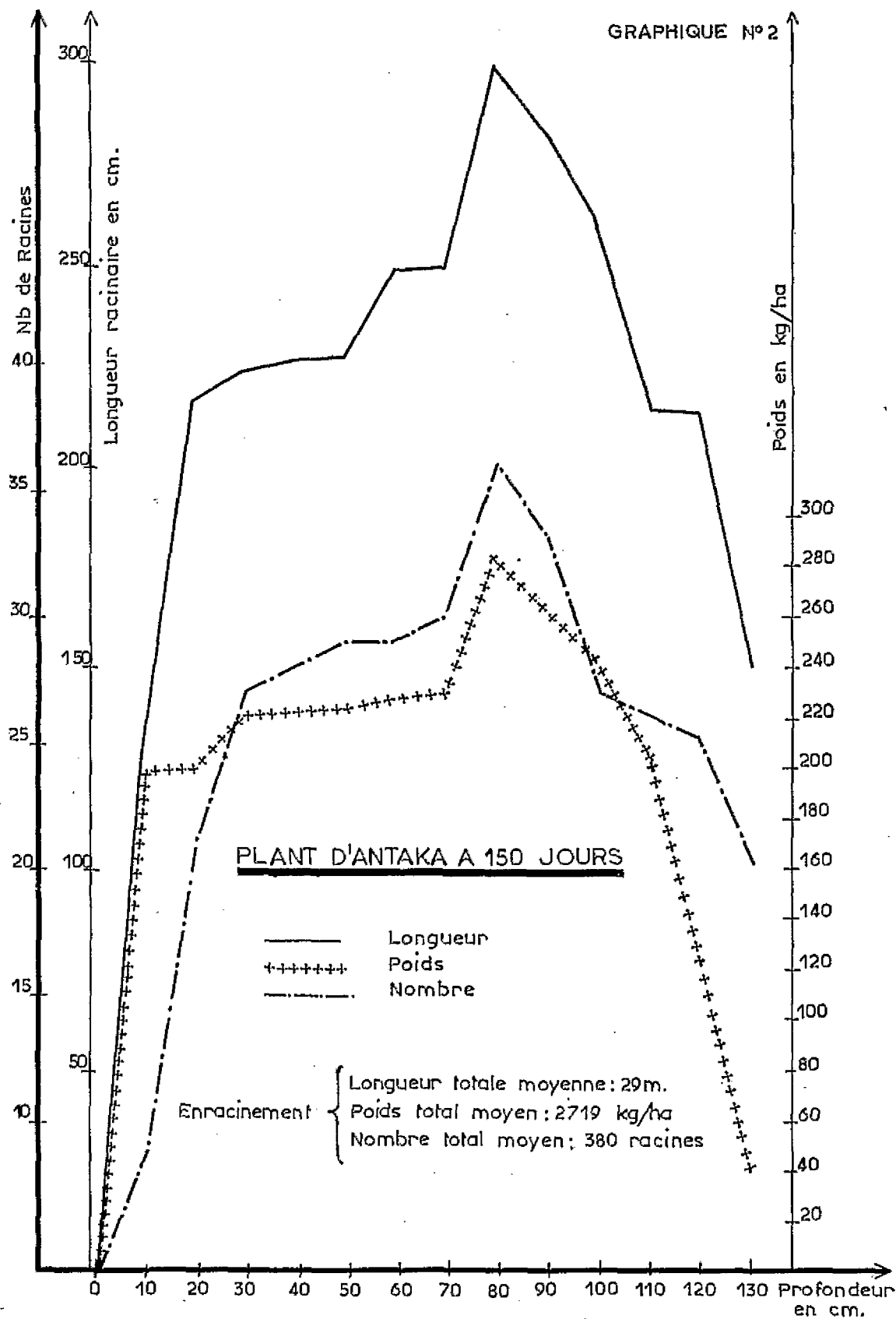
CONCLUSIÓN GENERAL

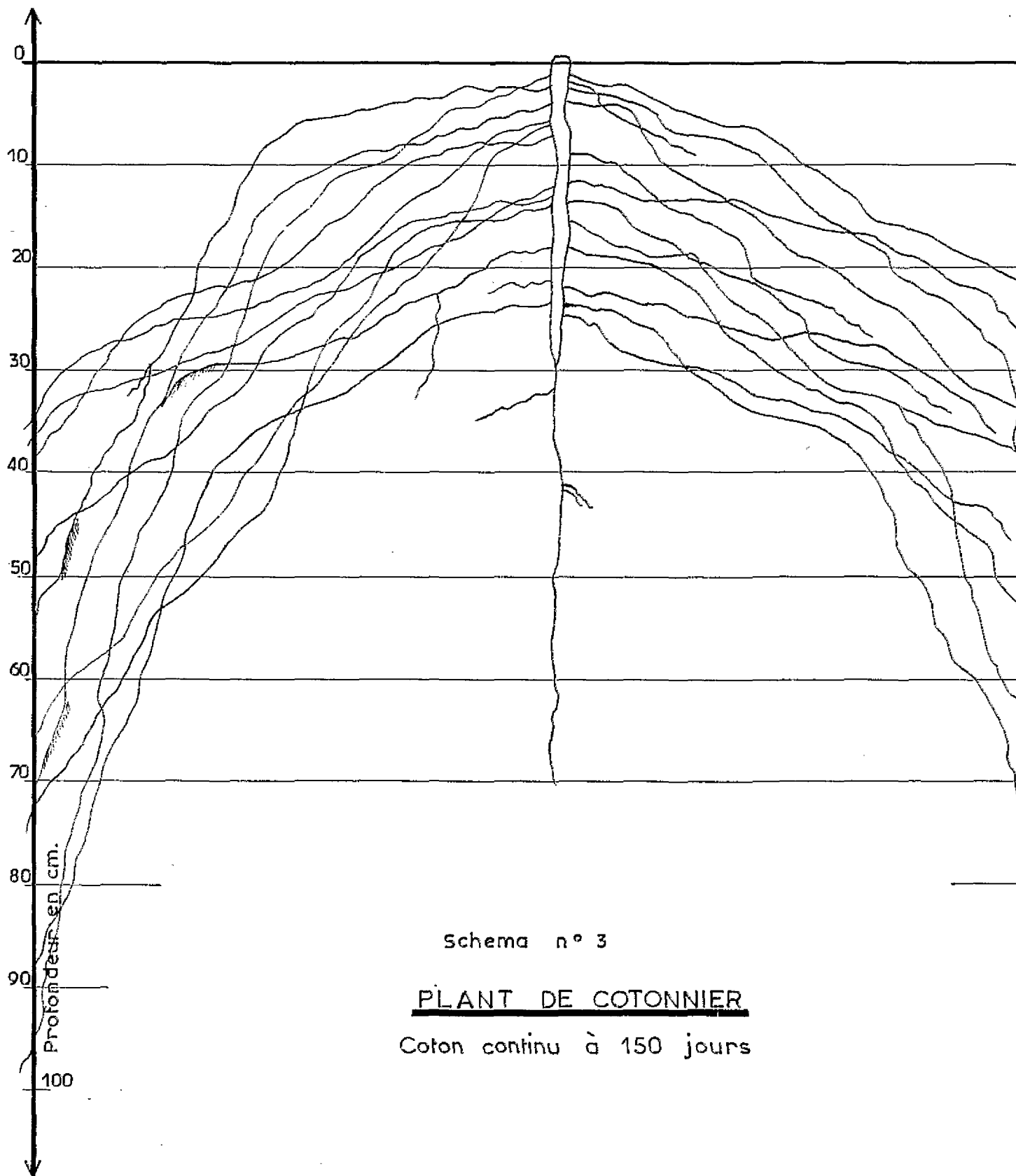
En este estudio, el problema planteado fué de poner a punto para un perimetro irrigado un sistema de cultivo algodonero intensivo. Tomando como base esencialmente una experimentación de investigación aplicada, ha sido posible obtener resultados que proporcionan una solución y un método de trabajo basado principalmente en la relación suelo/planta.

De este modo hemos podido mostrar la importancia de las restituciones orgánicas de una planta para mejoría, y, sobre todo, poner en evidencia el papel primordial del arraigamiento.

Creemos haber facilitado la resolución de un problema de productividad, y, esbozar una técnica que permite abordar casos idénticos.



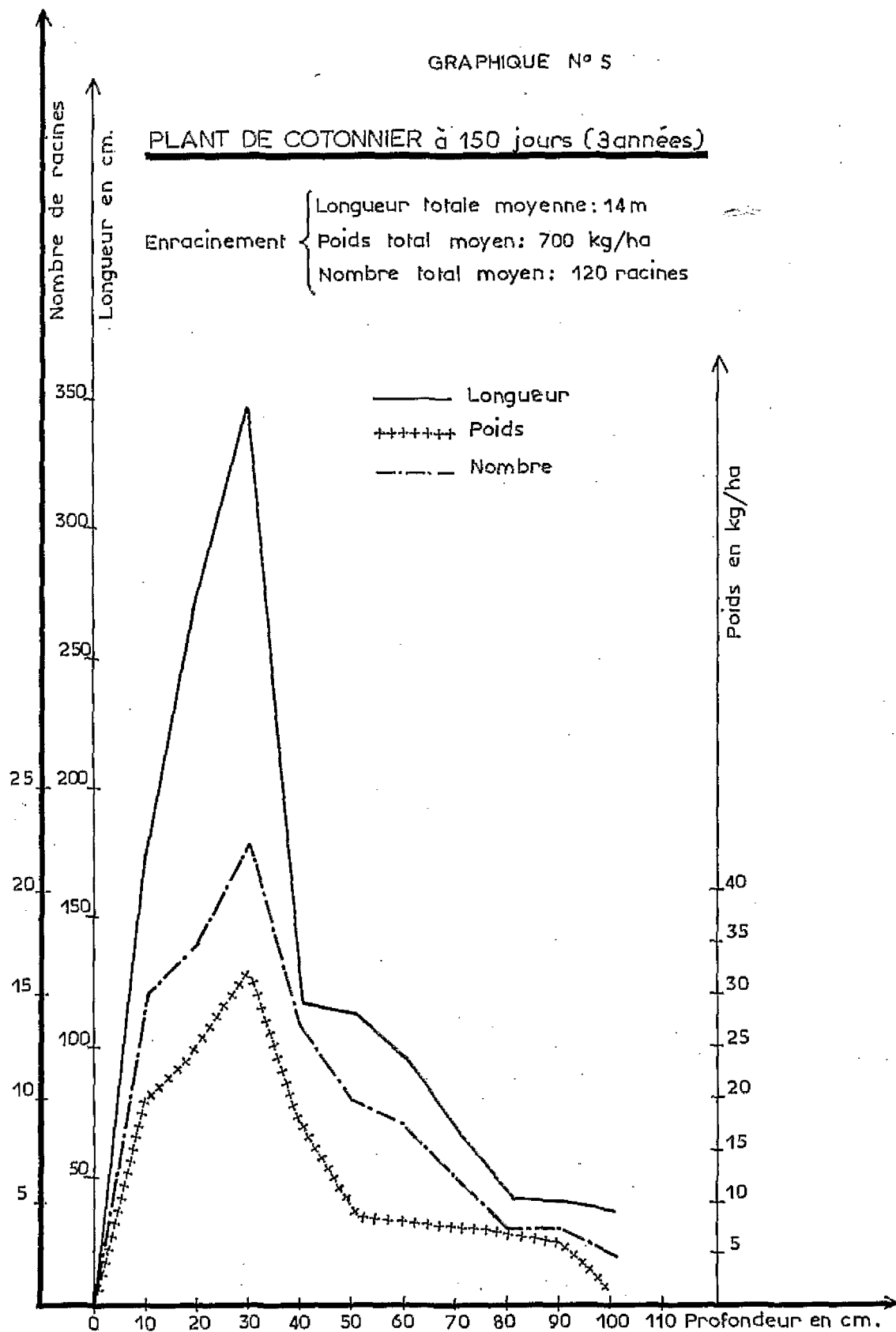


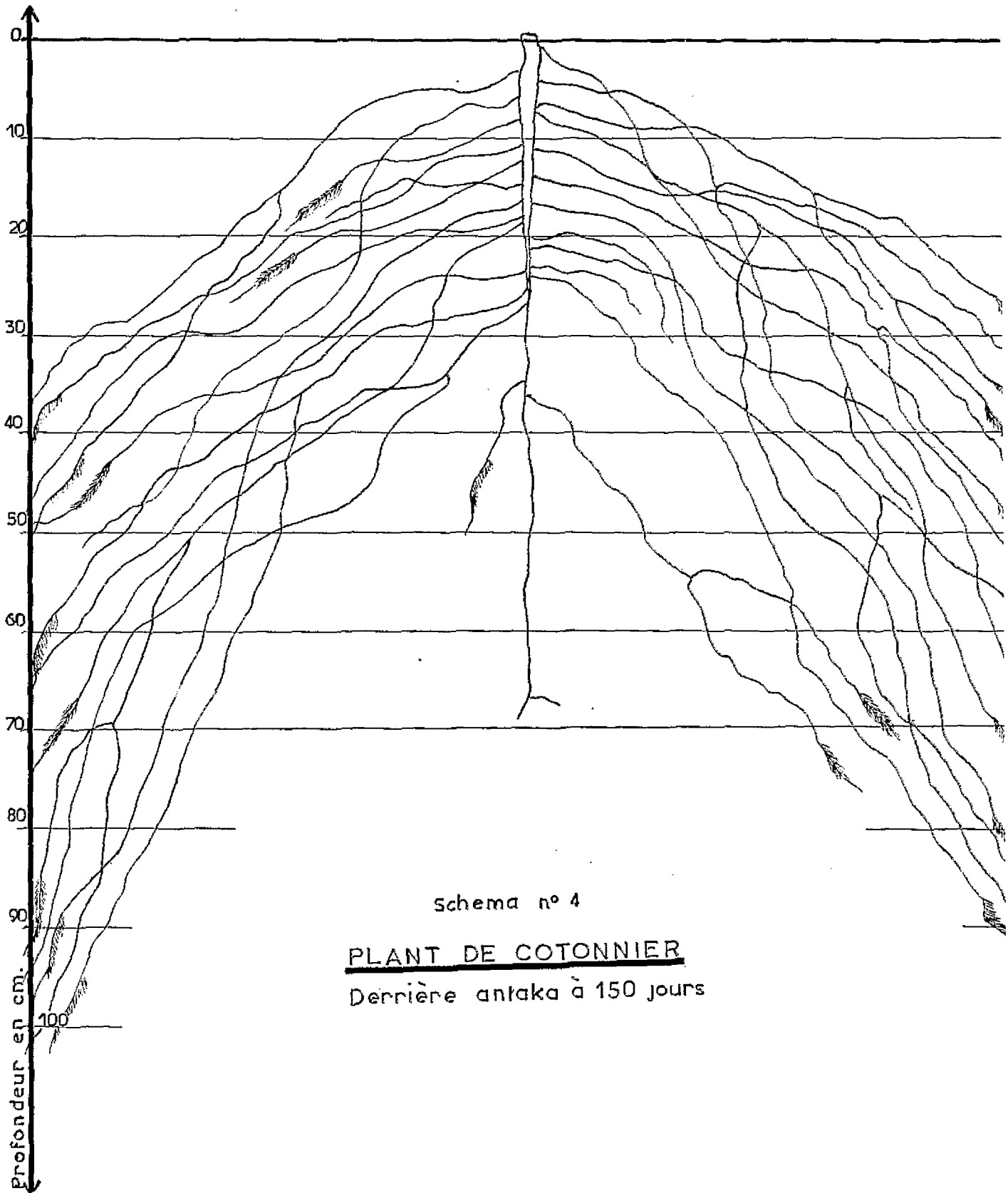


GRAPHIQUE N° 5

PLANT DE COTONNIER à 150 jours (3 années)

Enracinement { Longueur totale moyenne: 14 m
 Poids total moyen: 700 kg/ha
 Nombre total moyen: 120 racines





GRAPHIQUE N°6

PLANT DE COTONNIER à 150 jours

(2 années derrière 1 an Antaka)

Enracinement { Longueur totale moyenne : 19 m.
Poids total moyen : 800 kg/ha
Nombre total moyen : 140 racines

