

CN0100425  
F070  
eH0

1978/130

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
PRIMATUBE

DELEGATION GENERALE  
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET  
TECHNIQUE

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICULES  
(I. S. R. A.)

PROLONGATION DE LA PERIODE DES LABOURS DE FIN DE CYCLE  
GRACE A DES TECHNIQUES D'ECONOMIE DE L'EAU

Application aux sols sableux (Dior) de la zone  
Centre nord du **Sénégal**

Par

J. L. CHOPART<sup>x</sup>

avec la collaboration technique de MM P.O. DIEYE, M. FALL, S.P. SARR

Mai 1978

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES  
(I. R. A. T.)

"Un sol **noirâtre** et gras, soumis au travail profond d'un **soc**, dont la terre est émiettée et meuble, est **généralement** le meilleur, "

VIRGILE (70.19 A.J.C.)

## PLAN DE L'ETUDE

	<u>Pages</u>
<b>I. - <u>INTRODUCTION - CADRE DE L'ETUDE</u></b>	<b>1</b>
1.1. - Le milieu physique	1
1.2. - Le paysage agricole	2
1.3. - Nécessité et objectifs du développement agricole	3
1.4. - Les potentialités du milieu	4
1.5. - Les problèmes à résoudre	4
<b>II. - <u>POSITION DU PROBLEME</u></b>	
2.1. - Le travail du sol	6
2.1.1. - Etat physique naturel du sol	6
<b>2.1.2.</b> - Les effets du travail du sol	6
2.1.3. - Les différentes catégories de travail du sol	9
2.2. - Le <b>problème</b> de la diffusion du labour	9
2.2.1. - Labour de saison des pluies : contraintes relatives aux temps de travaux	10
2.2.2. - Travail en saison sèche : contraintes relatives à l'effort de traction	11
2.3. - Moyens envisageables pour lever les contraintes	13
2.3.1. - Augmentation de la puissance de traction disponible	13
2.3.2. - Réduction des efforts de tractions nécessaires	15
<b>III. - <u>MATERIEL ET METHODES</u></b>	
3.1. - Objectifs	18
3.2. - Conditions générales d'expérimentation	19

3.3.	- Dispositifs <b>expérimentaux</b> - Traitements	20
3.3.1.	- Dispositif <b>principal</b>	20
3.3.2.	- Dispositifs annexes	21
3.4.	- Observations et mesures	22
3.4.1.	- Mesures et observations physiques	22
3.4.2.	- Mesures hydriques	23
3.4.3.	- Mesures des caractéristiques mécaniques	23
3.4.4.	- Mesures <b>dynamométriques</b>	24
3.4.5.	- Mesures biologiques	24
3.5.	- Traitement des <b>données</b>	25
3.6.	- Cadre du <b>présent</b> rapport	26
IV.	- <u>RESULTATS</u>	27
4.1.	- Conditions <b>générales</b> de <b>réalisation</b>	27
4.1.1.	- Culture préliminaire de mil	27
4.1.2.	- <b>Représentativité</b> des conditions climatiques de <b>l'année</b>	27
4.1.3.	- Conditions et contraintes d'application des traitements	28
4.2.	- Influence des traitements sur l'évolution de <b>l'humidité</b> du sol, de sa résistance à la pénétration et des efforts de traction	28
4.2.1.	- Evolution de <b>l'humidité</b> entre 5 et 20 cm de profondeur	28
4.2.2.	- Evolution de la <b>résistance</b> mécanique à la <b>pénétration</b> entre 5 et 20 cm	29
4.2.3.	- Effets des traitements sur les efforts de traction	30
4.3.	- Relations entre les caractères <b>mesurés</b> (humidité, résistance à la <b>pénétration</b> , efforts de traction)	32
4.3.1.	- Relation <b>humidité (H) -résistance mécanique à la pénétration (F)</b>	33
4.3.2.	- Relation résistance mécanique du sol à la <b>pénétration</b> - efforts de traction <b>spécifiques</b>	34
4.3.3.	- Relation humidité du sol entre 5 et 20 cm - Efforts de traction	35

4.4. - Traitements et <b>qualité</b> des interventions	37
4.4.1. - Evolution des stocks d'eau entre 0 et 200 cm après la récolte	37
4.4.2. - Caractérisation des labours	39
<u>DE L'ANNEE</u>	
V. - <u>DISCUSSION</u>	41
5.1. - Traitements et <b>conservation</b> de l'humidité de surface	41
5.2. - Traitements et résistance mécanique du sol à la <b>pénétration</b>	42
5.3. - Traitements et efforts de traction	42
5.4. - Relations entre les <b>caractères</b> mesures	43
5.5. - Qualité des interventions	43
5.6. - Utilisation pratique des relations entre <b>l'humidité</b> , la résistance à la pénétration et les efforts de traction	46
5.7. - Contraintes de réalisation du labour de fin de cycle retardé - Intégration dans les systèmes agricoles	47
5.8. - Critique de la <b>méthode</b>	49
VI. - <u>CONCLUSION</u>	50
<u>ANNEXES</u>	55
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	63

## RESUME

Grâce à des techniques culturales d'économie de l'eau, on cherche à retarder la dessiccation des vingt premiers centimètres d'un sol sableux (Dior), après les récoltes et la dernière pluie. L'objectif est de permettre la réalisation d'un labour pendant la saison sèche, dans un sol légèrement humide, dont la cohésion est restée faible, pour faciliter la diffusion du labour en traction bovine dans le milieu rural.

Les premiers résultats obtenus confirment la relation étroite, déjà décrite par d'autres auteurs, entre l'humidité du sol et la résistance mécanique à la pénétration. On met aussi en évidence de bonnes relations entre la résistance à la pénétration et les efforts de traction, et entre l'humidité et les efforts de traction, au moment de la réalisation des labours.

Dans les conditions de l'année, un simple désherbage chimique ou mécanique, détruisant toutes les repousses d'herbes après la récolte, a eu une action très nette sur la conservation de l'humidité du sol. Sur un traitement non désherbé, le sol est pris en masse sur une profondeur supérieure à 20 cm, un mois et demi après la dernière pluie. Par contre, sur les traitements désherbés, le sol est encore bien humide en dessous de 7-8 cm, trois mois après la dernière pluie. A cette date, la résistance à la pénétration dans l'horizon 5-20 cm varie dans un rapport de 1 à 2,5 entre sol désherbe et non désherbé, et de 1 à 3,5 dans l'horizon 10-20 cm.

Un labour réalisé trois mois après la dernière pluie, nécessite des efforts de traction spécifique de 28 kg/dm<sup>2</sup> sur un traitement désherbé ; ce qui est peu différent de ceux nécessaires pour réaliser un labour dans un sol bien humide (23 kg/dm<sup>2</sup>). Dans le même sol non désherbé, les efforts de traction atteignent 46 kg/dm<sup>2</sup>, soit 200 kg d'effort global pour une profondeur de 17,5 cm. La qualité du travail, appréciée par des profils culturaux, est aussi très différente.

L'action du travail du sol superficiel et du paillage du sol **accompagné** d'un désherbage, ne se **différencient** pas nettement de celle d'un simple désherbage.

Sous réserve de confirmation de ces premiers résultats, la solution technique - nettoyage rapide du terrain après la récolte - labour en demi sec deux **à** trois mois **après** les **dernières** pluies, **paraît** plus facile **à** vulgariser qu'un labour de fin de cycle réalise immédiatement après la récolte, car il intervient lorsque les agriculteurs ont terminé leurs travaux non différables de **récolte** et de battage.

Ce serait aussi un progrès sensible par **rapport** au labour en sec qui commence **à** se développer, car le labour de fin de cycle "retardé" **possède** sur le labour en sec les principaux avantages suivants :

- les efforts de traction sont nettement plus faibles, ce qui permet la réalisation d'un travail plus profond,
- le labour, de **meilleure** qualité, ne nécessite pas de reprise et n'est pas sensible à l'**érosion** éolienne,
- il permet le maintien de **réserves** hydriques appréciables pendant la saison sèche.

## 1. - INTRODUCTION - 'CADRE DE L'ETUDE

L'intégration du travail du sol dans les systèmes agricoles du **Sénégal** pose actuellement des problèmes complexes.

Les moyens envisageables pour faciliter le développement d'un travail **semi-profond** du sol, dépendent des conditions pédoclimatiques et des agrosystèmes en présence. Le problème doit donc être abordé par zones **homogènes**. Celle qui fait l'objet de cette **étude**, se situe dans la partie centre nord du **Sénégal**. Elle occupe une superficie d'environ 20 000 km<sup>2</sup> (figure 1).

### 1.1. - Le milieu physique

L'ensemble des sols de la zone se sont **développés** sur un manteau sableux quaternaire, dont le relief est **très** atténué et l'épaisseur variable de un à dix mètres. Ils se **différencient** suivant leur position topographique.

Sur les anciennes dunes, se trouvent des sols très sableux et peu humifères appelés localement dior et **classés** dans les sols ferrugineux tropicaux faiblement lessives. Dans les interdunes et dans les parties planes et basses du sud de la zone, entre **Bambey** et Fatick, les sols appelés dek sont un peu plus argileux et classés dans les sols bruns calcimorphes.

Les sols dior et dek-dior intermédiaires, sur lesquels porte cette **étude**, occupent de vastes superficies agricoles dans la moitié nord du **Sénégal**. Ce sont les sols les plus anciennement **cultivés** en arachide ; ils constituent encore une partie importante du bassin arachidier.

Leur texture est sableuse avec une large majorité de sables fins. La fraction argileuse (**2 à 5 %**) est surtout constituée de kaolinite. A l'état naturel, la structure est continue et la porosité **médiocre**.

Ils sont faiblement pourvus en éléments minéraux, notamment en **phosphore**. Leur capacité d'échange des **cations** est de 2 à 3 **még/100 g**. Le complexe absorbent est faiblement saturé. On note une tendance à l'**acidi-**



**fication** des sols de vieille culture, due au lessivage et à l'insuffisance des restitutions organiques, ce qui entraîne, en particulier, une perturbation de l'activité biologique et un accroissement de la solubilité de l'aluminium qui peut devenir toxique (PIERI, 1976).

La **pluviométrie** de la zone centre nord du **Sénégal** est **caractérisée** par une opposition tranchée entre une saison **sèche** où la pluviométrie est nulle, et une saison des pluies dont la durée varie de trois à quatre mois. La **pluviométrie** moyenne passe de 420 **millimètres** à Louga dans le nord à 650 - 700 millimètres dans le sud. A Bambey, elle est de 620 mm en trois mois et demi entre le **début** du mois de juillet et la mi-octobre (DANCETTE, 1975). Les **précipitations** sont toutefois extrêmement **irrégulières** d'une année à l'autre. A Louga, la pluviométrie atteinte ou dépassée dans 80 % des cas n'est que de 268 mm. A Bambey, elle est de 484 mm (DANCETTE, 1975). De plus, des périodes de **sécheresse** de deux à trois semaines ne sont pas rares, en **début** de saison de pluies, mais aussi en plein coeur de celle-ci.

### 1.2. - Le paysage agricole

La zone centre nord est une des **régions** rurales les plus peuplées du Sénégal, avec une **densité** de population de 60 à 70 **hab/km<sup>2</sup>** en moyenne, et pouvant dépasser 100 **hab/km<sup>2</sup>** dans certaines parties (pays **sérère**). Sa **natalité** y est élevée et l'exode rural vers les villes est important.

Les **systèmes** agricoles de la zone sont de type familial, les dimensions des exploitations sont de 4 à 10 ha, en parcelles très morcelées, la traction **équine** est très répandue, la traction bovine se développe. L'élevage est assez important, mais son **intégration** aux systèmes agricoles est encore très limitée.

Le mil et l'arachide se partagent la **quasi-totalité** des surfaces cultivées. La jachère d'herbe (friche) qui faisait autrefois partie intégrante de la rotation tend à devenir de plus en plus rare, elle se maintient seulement dans les champs les plus éloignés des villages et sur les zones de parcours des animaux. La rotation mil-arachide est la plus commune, avec toutefois une **prédominance** de la **céréale** dans les champs de cases, situés près des villages et une prédominance de l'arachide dans les champs

plus **éloignés**. On trouve aussi des cultures de niébé et de manioc qui représentent cependant de faibles superficies.

Le niveau de ces rendements est faible : de 400 à 600 **kg/ha** de grains en moyenne pour le mil, et 600 à 1 000 **kg/ha** de gousses pour l'arachide! ce qui représente un revenu moyen par actif très modeste, variant de 25 000 à 50 000 F **CFA/an** (1 F CFA = 2 centimes français).

### 1.3. - Nécessité et objectifs du développement agricole

Les principaux objectifs nationaux en ce qui concerne **l'acti-** vite agricole sont : l'amélioration du revenu des agriculteurs, pour le rapprocher de celui des **salariés**, et la sécurisation de la production céréalière et arachidière pour assurer l'autosuffisance et la sécurité alimentaire. Ces objectifs devraient contribuer à freiner l'exode rural.

L'autosuffisance alimentaire à l'échelon du pays se fera notamment par des aménagements hydro-agricoles et par l'intensification de l'agriculture dans les régions plus privilégiées, comme la vallée du Fleuve **Sénégal** et la Casamance. L'autosuffisance alimentaire des personnes et du cheptel vivant sur, ou autour des exploitations de la zone centre nord, **paraît** toutefois indispensable. Or, la satisfaction des besoins y est actuellement très précaire.

L'augmentation **de la** production céréalière et arachidière ne peut plus se faire par l'augmentation des surfaces cultivées, car les sols cultivables en friches n'occupent plus que des superficies très réduites.

Seule l'augmentation de la productivité de la terre et du travail pourra permettre d'atteindre les objectifs fixés. Il est ainsi prévu de tripler la productivité par paysan **entre** 1973 et l'an 2000.

Mais l'augmentation de la **productivité** doit nécessairement aller de pair avec la conservation et l'amélioration du patrimoine foncier.

#### 1.4. - Les potentialités du milieu

Si la **fertilité** naturelle des sols dior est faible, la **fertilité** potentielle, **obtenue** par l'utilisation de **thèmes semi-intensifs** paraît **beau-**  
coup plus élevée. Des rendements de 2 500 **kg/ha** d'arachide et de mil sont  
obtenus actuellement en grande culture, avec des rendements maxima dépassant  
3 000 **kg/ha**.

Des rendements élevés sont donc possibles, mais il faut pour  
cela lever certaines contraintes qui constituent des facteurs limitants de  
la production.

#### 1.5. - Les problèmes à résoudre

Les problèmes à **résoudre**, pour arriver à l'amélioration de la  
**productivité**, sont nombreux. **Ils** justifient l'effort de recherche entrepris  
au **Sénégal** dans le domaine agricole. On ne **présentera** ici que ceux liés au  
travail du sol :

##### - l'alimentation hydrique

Les **variétés** de mil de la zone ont un cycle de 90 jours et des  
besoins en eau de **300** à 425 millimètres. Les arachides ont des besoins en  
eau de 350 à 450 millimètres pour les **variétés hâtives** de 90 à 95 jours et  
de 500 à 600 millimètres pour les **variétés** de 105 jours (DANCETTE, 1973).

La confrontation des besoins en eau et de la **pluviométrie** fait  
ressortir une probabilité de 60 % à Louga, pour que les conditions **hydri-**  
ques soient globalement favorables à une culture de mil hâtif: alors qu'elle  
atteint 100 % à Bambey. Mais, même dans la zone de Bambey, à **pluviométrie**  
plus favorable, des stress hydriques temporaires en cours de culture peuvent  
avoir une incidence sur la production. En milieu traditionnel, les rende-  
ments de mil et d'arachide restent étroitement **liés** à l'allure des précipi-  
tations de l'année.

L'alimentation hydrique constitue très souvent le facteur limi-  
tant principal du rendement.

**L'amélioration** de l'alimentation hydrique doit se faire au niveau de la plante, par l'adaptation des cycles aux ressources hydriques, et la **tolérance** physiologique à la sécheresse. Cette amélioration des conditions d'alimentation hydrique doit aussi se faire par un **aménagement** du système eau-sol. Il faut en particulier, réduire les pertes d'eau par ruissellement, par évaporation du sol nu, et par consommation des mauvaises herbes. Il faut aussi assurer une bonne utilisation de l'eau du sol par la plante **grâce à** un système "racinaire" vigoureux, à développement rapide, avec une exploration intense du profil **cultural**.

#### - L'alimentation minérale

L'alimentation minérale devient très vite un facteur limitant important dès que l'on veut augmenter le niveau des rendements ; son **amélioration** passe par **la pratique d'une fertilisation minérale** corrigeant les carences et compensant les exportations. Des systèmes racinaires bien **développés** permettent une meilleure interception des éléments **minéraux**.

Dans les zones à pluviométrie irrégulière, l'enfouissement de l'engrais par un **labour** est **préférable** à l'épandage en surface (**CHOPART**, 1975). Il est aussi primordial de maintenir et d'améliorer le statut organique du sol, par des restitutions des résidus de récolte sous forme de pailles ou mieux, de matières **humifiées**.

#### - La préservation du patrimoine

Il est essentiel que l'augmentation de la productivité **n'entraîne** pas un appauvrissement et une dégradation des sols. A cet Egard, la restitution de matières organiques, de préférence enfouies et la fertilisation paraissent indispensables. Il faut aussi réduire l'érosion **éolienne** de saison sèche, qui tend à prendre de plus en plus d'importance dans la zone.

x

x            x

---

\* L'objectif "**racinaire**" ne figure pas dans les dictionnaires d'usage courant. En toute rigueur, il conviendrait d'employer le terme "radical". Cependant, à la suite de nombreux auteurs, on a **préfé**ré conserver "racinaire" plus **aisément** compréhensible.

L'alimentation **hydrique** du **mil** et de l'arachide est donc un des principaux facteurs limitants en agriculture pluviale ; il faut **l'améliorer**, entra autre, par la mise à la disposition de la plante, de stocks d'eau aussi importants que possible dans la zone de développement racinaire et faciliter son utilisation par des systèmes souterrains bien **développés**. La pratique de la fumure minérale et des restitutions organiques est indispensable en agriculture semi-intensive, **mais il** faut valoriser au mieux ces investissements en créant des conditions de production favorables (**variétés**, systèmes de culture, état physique du sol).

Trois thèmes se révèlent donc **particulièrement** importants pour une amélioration rationnelle de la productivité : **l'économie** de l'eau, **l'amélioration** de la fertilité, la conservation du patrimoine. Le travail du sol peut jouer un **rôle très** favorable dans ce domaine.

## II. - POSITION DU PROBLEME

### 2.1. - Le travail du sol

#### 2.1.1. - Etat physique naturel du sol

Dans les sols dior, l'activité structurale est très faible ou inexistante. La **porosité** globale est de l'ordre de 40 %, et la porosité structurale **varie** de 5 à 8 %. Bien que le sol soit très meuble à l'état humide, la faible **porosité** et la texture sableuse **entraînent** des **difficultés** de pénétration racinaire dans le profil. L'arachide et le mil paraissent assez bien adaptés à ce type de sol très sableux. Les systèmes radicaux arrivent à pénétrer en profondeur, mais l'exploitation du profil reste peu intense (**CHOPART - NICOU, 1976**).

#### 2.1.2. - Les effets du travail du sol

Le travail du sol, et particulièrement le labour, permet **d'améliorer** nettement cet état naturel défavorable à l'augmentation de la productivité. Son **rôle** a fait l'objet de nombreux travaux (par **TOURTE, CHARREAU** et **NICOU**, en particulier). Des synthèses ont été **réalisées** par **CHARREAU** et **NICOU (1971)** et par **NICOU (1977)**.

Le retournement du sol a pour effet immédiat d'augmenter la **porosité** et la rugosité du sol, ce qui favorise l'infiltration de l'eau au moment des premières pluies. Le labour, lorsqu'il est **réalisé** en fin de cycle, **après** des cultures à cycle court, permet de préserver de **l'évapo-transpiration**, pendant toute la saison **sèche**, une partie importante de l'eau **résiduelle** non utilisée. Ce stock qui peut atteindre 50 à 80 mm d'eau utile est mis à la disposition de la culture suivante, avec un effet très **bénéfique** en cas de **déficit pluviométrique**.

L'amélioration de la porosité **entraîne** une augmentation de la densité racinaire dans le sol, ce qui facilite l'alimentation hydrique et **minérale**. Le rôle du labour sur **l'économie** de l'eau et sur la meilleure utilisation de celle-ci entraîne une plus grande capacité de traverser sans dommage des **périodes** sans pluie (CHOPART, 1975 ; NICOU CHOPART, 1977).

Le conditionnement du sol par le labour favorise l'activité biologique du sol, en particulier **l'efficience** de la symbiose **arachide-rhizobium** (WEY, OBATON 1978).

Le retournement du sol permet **aussi l'exfouissement** des matières organiques et de l'engrais et **leur** meilleure efficacité (CHOPART, 1975 ; GANRY cité par **GUIRAUD**, 1978). La rugosité des **labours** réalisés en fin de cycle ou en sec a pour résultat une meilleure **résistance** du sol à l'érosion éolienne, lorsqu'ils sont bien faits.

Les effets du labour conduisent à une meilleure productivité des cultures, **en** effet direct, mais **aussi** un effet résiduel (tableaux 1 et 2). Le **rôle** du labour sur **l'économie** de l'eau et la meilleure utilisation de celle-ci permet une plus grande sécurité de production (CHOPART, 1975 ; **NICOU**, 1977). En cas de **forte sécheresse** comme en 1972, le labour de fin de cycle peut permettre un doublement des rendements.

L'amélioration des propriétés physiques du sol par le travail mécanique s'avère donc **être** une des conditions **nécessaires** à l'amélioration de la productivité des **cultures** de la zone et à la sécurisation de la production.

Tableau 1 : Influence du labour sur les rendements de mil et d'arachide  
(effet direct)

	Nombre de résultats annuels	Labour seul			Nombre de résultats annuels	Labour d'enfouissement		
		Rendement témoin	Excédent dû au labour			Rendement témoin	Excédent dû au labour	
			kg/ha	%			kg/ha	%
Mil	37	1639	+ 305	+ 19	15	1416	335	+ 24
Arachide	47	1268	+ 308	- 24	125	1635	155	+ 9

(résultats mis à jour en Février 1978)

Tableau 2 : Effets résiduels de labours sur les rendements de mil et d'arachide dans une rotation arachide - mil (labours sans enfouissement)

	Nombre de résultats annuels	Rendement du témoin kg/ha	Excédents dus au labour	
			kg/ha	%
Labour arachide (effet direct)	2	1787	+ 307	+ 17
Mil (effet résiduel)	2	2389	+ 154	+ 6
Labour (mil effet direct)	2	1799	+ 270	+ 15
Arachide (effet résiduel)	2	1823	-176	+ 10

### 2.1.3. - Les différentes catégories de travail du sol

Différents types de travail du sol sont possibles dans l'agro-système mil arachide. Il s'agit des labours de début ou de fin de cycle **réalisés** en sol humide, peu de temps avant le semis ou après la **récolte** ; du labour en sec, **réalisé pendant la saison sèche** ; et enfin du travail du sol sans retournement, par **grattage**, généralement **réalisé en sec**.

De nombreux travaux ont permis de **montrer** que le labour de fin de cycle est la technique qui **réunit le plus d'avantages** agronomiques (TOURTE et coll., 1967 ; CHARREAU - NICOU, 1971 ; CHOPART, 1975 ; NICOU, 1977).

### 2.2. - Le problème de la diffusion du labour

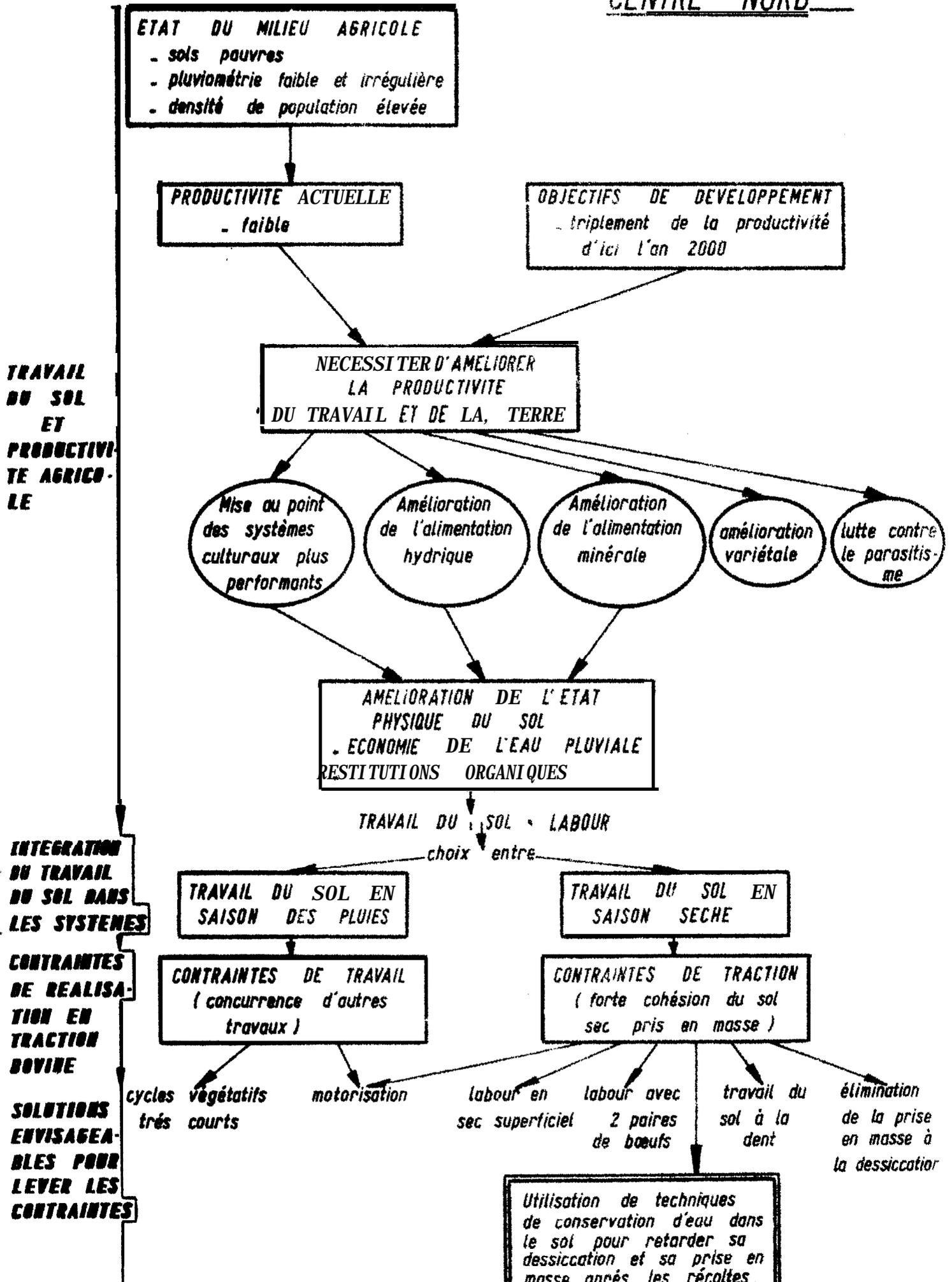
**Traditionnellement**, le paysan ne procède à aucun travail du sol, si ce n'est un nettoyage **superficiel** du sol avant semis, et des sarclages pendant la culture.

Les tentatives d'introduction du labour dans les exploitations agricoles se **heurtent actuellement** à un certain nombre de contraintes et le développement du **travail** du sol **semi-profond** est encore **très** réduit : quelques **centaines d'hectares** dans toute la **zone considérée** (20 000 km<sup>2</sup>).

**Il faut, bien sûr**, que l'agriculteur possède une paire de boeufs, ce qui est **encore** le cas d'une **minorité** dans la zone **étudiée**. Il faut aussi qu'il fasse l'achat d'une **charrue**. Toutefois, le nombre de boeufs de trait se **développe** rapidement et l'achat d'une **charrue** représente en fait, un assez faible investissement.

Les pesanteurs sociologiques et **psychologiques** mises à part, les difficultés techniques les plus importantes proviennent des contraintes de temps de travaux et des contraintes d'efforts de traction, **suivant** que le travail est réalisé pendant la saison des pluies **sur** sol humide ou en saison sèche.

# INSERTION DE L'ACTION DE RECHERCHE ENTREPRISE DANS LES PROBLEMES DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE DE LA ZONE CENTRE NORD



**TRAVAIL  
DU SOL  
ET  
PRODUCTIVITE AGRICOLE**

**INTEGRATION  
DU TRAVAIL  
DU SOL DANS  
LES SYSTEMES**

**CONTRAINTES  
DE REALISATION EN  
TRACTION  
BOVINE**

**SOLUTIONS  
ENVISAGEABLES POUR  
LEVER LES  
CONTRAINTES**

### 2.2.1. - Labour de saison des pluies : contraintes relatives aux temps de travaux

Le **labour** en **traction** bovine nécessite 5 à 6 jours/ha ; il faut donc mobiliser une paire de boeufs et deux **personnes** pendant près d'un mois pour labourer la moitié d'une **exploitation** de 8 hectares.

**Or, il a été** montré sur mil comme sur l'arachide, que **tout retard** au semis après la **première** pluie, **entraîne** des chutes de rendements très importantes. Ceci est dû à des causes diverses (**minéralisation** de l'azote, alimentation hydrique, parasitisme). Dans la zone **considérée**, les semis **précoces en sec** pour le mil et dès la **première** pluie pour l'arachide sont indispensables ; ce qui condamne la pratique d'un labour de **début** de cycle en **traction** bovine, compte tenu des temps de **travaux** nécessaires.

Lorsque les cultures ont été semées **précocement**, les **dernières** pluies interviennent au moment des **récoltes**, ou peu de temps après.

Si l'on fait un labour d'**enfouissement** de pailles de mil, il est **nécessaire** de travailler dans un sol bien humide, pour que la matière **végétale** enfouie subisse une **première décomposition** avant la **dessiccation** du profil. Dans le **cas contraire**, on peut assister à des phénomènes de **phyto-toxicité**, en début de cycle de la culture suivante. Mais sur un terrain **laissé en friche** après la **récolte**, le sol se dessèche **très vite** après la **dernière** pluie. La période pendant laquelle les labours d'**enfouissement** de pailles sont **possibles** après la fin de la **récolte** du mil est donc très courte, **rarement** supérieure à une quinzaine de jours.

Dans le cas d'un labour de fin de cycle après mil sans enfouissement des pailles, ou après arachide, le travail du sol peut théoriquement se prolonger plus longtemps.

Mais, après la récolte du mil de 90 jours, il faut évacuer les pailles du champ, ce qui laisse très peu de temps à l'agriculteur pour labourer, avant la **récolte** de son arachide. Le soulèvement de l'arachide et la mise en meules constituent ensuite un travail assez long. Lorsque la main d'oeuvre commence à être de nouveau plus disponible, un mois environ après les **dernières** pluies, le sol est **généralement** déjà **desséché**, et on se trouve dans des **conditions** de labour en sec.

Dans la zone centre nord, les labours en humide de **début de cycle** sont donc **à déconseiller**, tandis que les labours de fin de cycle **réalisés en humide** peu de temps après la récolte, sont pratiquement **très difficiles à insérer** dans le calendrier des travaux de l'exploitation, au moins en **traction bovine**. Il faut donc reporter les travaux du sol **pendant** la saison **sèche**, malgré les avantages agronomiques du labour de fin de **cycle** réalisé en sol **humide**.

### 2.2.2. - Travail en saison sèche : contraintes relatives à l'effort de traction

A partir des mois de **décembre** ou janvier, et jusqu'au **mois** de mai, l'agriculteur n'est pas **complètement désœuvré** (stockage du **mil**, commercialisation de l'arachide, réparation de l'habitat), mais il est beaucoup moins occupé. Il peut facilement trouver le temps de procéder à un travail du sol. La réalisation du labour pendant la saison **sèche** se heurte alors à une **autre** contrainte, **liée** à la forte **cohésion** du sol à l'**état** sec.

En effet, à une **humidité** proche de la **capacité** au champ, les sols de la zone sont tous très peu **cohérents** et les efforts de traction nécessaires pour **réaliser** un labour de 15 à 18 cm sont très peu supérieurs à 100 kg. Mais la cohésion du sol augmente **corrélativement** avec la dessiccation du sol. A l'**état** sec, les sols **dior** sont "pris en **masse**" dès que la teneur en argile **dépasse** le seuil de 1 à 2 % et la **cohésion** augmente rapidement avec la teneur en **éléments fins** (NICOU, 1975).

Sauf dans le cas particulier de sols **très** sableux appauvris, les efforts de **traction** nécessaires pour réaliser un labour **semi-profond** de 15 à 18 cm, sont **élevés** (de 180 à 300 kg) au dessus des **possibilités** d'une paire de boeufs qui peut **fournir** un effort moyen régulier de **110 à 130 kg**, pendant une journée de travail de 5 à 6 h.

Pour faire un labour **ensec**, il est donc **nécessaire** de diminuer à la fois la **profondeur** de travail du sol et la **durée** de travail journalier de l'attelage (jusqu'à **deux** ou trois heures par jour).

C'est ce qu'on constate actuellement dans les terrains **labourés** en sec par Les **paysans**, avec des **mini-charrues** de 6 pouces. La profondeur de travail varie de 5 à 12 cm **d'après** les **premières** observations. Il est prévu **d'étudier** les effets sur le **sol et** les cultures de tels labours **superficiels**, sous forme **d'enquêtes** agronomiques en milieu rural.

On peut penser que l'effet sur les rendements sera **inférieur à** ce que peut donner un labour en sec motteux de 15 à 18 cm, et **à fortiori** un bon **labour** de fin de cycle.

Le labour en sec **avec** attelage **bovin**, est **actuellement** **vulgarisé** dans les **régions** de **Thiès** et de **Diourbel**. Ce-te technique **commence à se développer**, bien que les **surfaces labourées** **soient** encore très restreintes.

Ce type de labour **réalisé à** une époque où le *paysan* dispose **d'un** temps suffisant, en milieu ou en fin de saison **sèche**, offre la **possibilité** de procéder **à** des cultures **dérobées** de **niébés** **après** la culture principale **d'hivernage**. S'il est **réalisé** peu de temps avant les **premières** pluies, il n'y a pas de risque de dégradation du labour par des **passages d'animaux divagants**.

Il **nécessite** cependant des efforts de traction **élevés**. Le labour est souvent peu profond, d'une **qualité** peu satisfaisante, et dans ce **cas**, les risques **d'érosion éolienne** peuvent **être** aggravés.

Enfin, si le sol a **été** **laissé à l'abandon** **après** la culture, les **réserves hydriques** sont nulles ou faibles au **moment** du labour, qui ne peut alors **jouer son rôle** sur le report des **réserves hydriques**.

La pratique du labour en sec superficiel est une nette **amélioration** par rapport **à l'état antérieur**, mais il est **souhaitable** d'arriver progressivement **à un véritable travail semi-profond supérieur à 12-15** pendant la saison sèche.

Comment y arriver dans la zone centre **nord** du **Sénégal** ?

### 2.3. - Moyens envisageables pour lever les contraintes

La seule **période** pendant laquelle le travail du sol peut **être généralisé** se situe en saison **sèche**. Pour arriver à travailler le sol dans de bonnes **conditions** de profondeur et de qualité pendant cette période, il faut augmenter la puissance **de traction** disponible, ou **réduire** les efforts **de traction demandés à la source d'énergie, tout en conservant la qualité du travail.**

#### 2.3.1. - Augmentation de la puissance de traction disponible

On peut envisager d'augmenter la **puissance de traction disponible** en travaillant avec des attelages **composés de deux paires de boeufs**, ou en introduisant la motorisation.

##### 2.3.1.1. - Travail avec deux paires de boeufs

La paire de boeufs est actuellement **considérée** autant comme une **forme d'embouche** que comme une source de travail. Le prix d'achat est de 60 000 à 70 000 F CFA, et la revente **après deux ou trois ans** de 120 000 à 150 000 F CFA. Pour les exploitations les **plus importantes**, l'achat d'une **deuxième** paire de boeufs devrait donc être un **investissement intéressant**. On peut aussi envisager un **système de prêt** de boeufs de trait entre agriculteurs.

Les efforts de traction fournis par un double attelage de paires de boeufs sont de 200 kg à 220 kg environ, ce qui semble suffisant pour effectuer un **labour en sec** à 15 cm, dans la plupart des sols dior. Des tests en **milieu paysan** seraient souhaitables.

##### 2.3.1.2. - La motorisation

Une paire de boeufs qui travaille **avec** un effort de traction de **120 kg** développe une puissance d'environ 1 cheval vapeur. Dès que l'on passe à la **motorisation, même** avec des motoculteurs **légers**, on dispose de **puissances** supérieures à 5 **chevaux** vapeurs. Des essais de **labour** avec des tracteurs **simplifiés** sont actuellement menés par le **responsable** de la **division** de machinisme agricole avec l'appui du **CEEMAT**.

**Les premiers résultats sont les suivants (GROOS, 1977) :**

- Tracteur **AGRALE** 15 CV (prix 1 300 000 F CFA) **permet** de réaliser des labours à 18 cm en **11-12 h/ha**, en sol humide,
- Tracteur **BOUYER 20** CV (prix 1 500 000 F CFA) effectue le **même** travail en 8 h/ha avec une **bisoc**.

Dans ces conditions, la contrainte de temps de travail se pose avec **moins d'acuité** et l'on peut envisager de **réaliser** des labours de fin de **cycle**. Cependant, après une culture de mil, le **problème** du ramassage **des** pailles subsiste.

D'autre part, des labours en **sec semi-profonds** sont aussi **possibles**, à condition de **travailler** lentement pour ne pas pulvériser le **sol** et d'utiliser une charrue **adaptée**.

La motorisation du travail du sol dans les sols diox est techniquement parfaitement envisageable **pour** lever les contraintes de **réalisation** du labour.

Cependant, Les conditions climatiques, **socio-économiques et les** revenus actuels des paysans ne semblent pas favorables à l'**extension** à court terme de **la** motorisation du travail **du sol dans la zone centre nord**.

Le tracteur commence à **apparaître**, mais il **est surtout** utilisé pour le battage mécanique du mil, sous **forme** de travail **à l'entreprise**.

D'autre part, le labour en **sec** au tracteur ou avec deux paires de boeufs risque de provoquer une usure rapide du **matériel** de travail, bien que **des** mesures précises **n'aient pas** encore **été** faites. Enfin, comme dans tous les **travaux** en sec, il **n'y a pas** d'effet du travail du sol **sur** le report des réserves **hydriques**.

### 2.3.2. - Réduction des efforts de traction nécessaires

La réduction des efforts de traction peut se faire en **réduisant** la surface travaillée et les caractéristiques des **pièces** travaillantes (dents, **minicharrues**) ou en **réduisant** la **résistance** mécanique du sol à la **pénétration**. Cette **réduction** de la **résistance** mécanique du sol peut **être** le **résultat** d'une diminution de la **cohésion** du sol à l'**état** sec, ou de la conservation pendant la saison **sèche** d'une certaine humidité dans le sol, suffisante pour **empêcher** l'apparition de la prise en masse à la **dessiccation**.

#### 2.3.2.1. - Le travail du sol à la dent

Le travail d'une dent sur une quinzaine de centimètres en sol dior sec nécessite des efforts de traction de 60 à 130 kg suivant la forme et la grosseur de la dent, ce **qui est inférieur** à ceux demandés par un labour à la charrue. Des **études comparatives** des effets du labour et du travail à la dent ont **été réalisées** entre 1960 et 1969. Les résultats ont **montré** que le travail à la dent **sous-soleuse dégageait** certaines plus values de rendements par rapport à un **témoin** non travaillé ; mais les **rendements** restaient nettement inférieurs à ceux obtenus sur des **labours en sec** (Tableau 3).

Tableau 3 : Effets moyens **comparés** par rapport à un **témoin** non travaillé du labour en **sec** et du travail à la dent **sous-soleuse**. Profondeur 15 cm environ (d'après **CHARREAU, NICOU, 1971**)

	Nombre de résultats annuels	Rendement témoin	Plus values kg/ha		Plus values en %	
			Dont	Labour	Dent	Labour
Mil	1	562	+ 18	+ 144	+ 3	+ 26
Arachide	8	1030	+ 89	+ 443	+ 9	+ 46

### 2.3.2.3. Modification des propriétés du sol : élimination de la prise en masse à la dessiccation

Dans les sols dior sableux, toute réduction de la prise en **masse** pourra se traduire par une possibilité d'augmentation de la **profondeur** labour. On peut réduire la résistance à la **pénétration** d'un sol sec en améliorant sa structure. C'est ainsi qu'un labour **réalisé** en humide diminue la prise en masse du sol **l'année** ou les deux **années** suivantes, **particulièrement** si l'on a **procédé** à un enfouissement de matière organique (NICOU, 1975). **mis on l'a vu**, le travail en humide est difficile à réaliser. Les effets **résiduels** du labour en sec sur la cohésion du sol semblent moins importants.

Une voie de recherche **explorée** par NICOU (1975) consiste à approfondir la **connaissance des mécanismes** qui régissent la formation de la prise en masse. L'objectif est de trouver des **méthodes** physiques ou chimiques **réduisant** la **cohésion** du sol sec. Les liaisons argile-humine-fer semblent jouer un **rôle important** dans la cimentation du squelette (NICOU, 1977). Les **études** se poursuivent et se situent actuellement dans une phase de recherches de base.

### 2.3.2.4. - Maintien de l'humidité du sol pour effectuer en saison sèche des labours dans un sol pas ou peu pris en masse

La **résistance mécanique** du sol à la pénétration est **étroitement liée** à son état de dessiccation, et la prise en masse du sol ne devient réelle que lorsque son **humidité** se trouve à des valeurs **très** faibles, en dessous de 2 % d'**humidité** pondérale (NICOU, 1975).

Or, les **premières** observations ont **montré** que les sols **sableux** dior ont des **propriétés** auto-mulchantes. Lorsqu'ils sont **dépourvus** de végétation, il se forme rapidement une **couche sèche** en surface qui ralentit **l'évaporation** des horizons plus profonds (DANCETTE, 1975 ; CHOPART, 1975).

D'autre part, certaines techniques se sont **montrées** efficaces dans d'autres pays pour conserver **l'humidité** du sol : il s'agit **du paillage** et du travail du **solsuperficiel**.

Peut-on retarder la date de dessiccation complète du sol **après** la **dernière** pluie, **grâce à** l'utilisation de techniques culturales de **con-**serva**tion** de l'eau dans le sol ?

L'humidité **résiduelle** de surface est-elle alors suffisante pour réaliser un **labour** dans un **sol** pas ou peu pris en **masse**, en pleine saison sèche ? Quelles seront les **caractéristiques** de tels labours ? Dans quelle mesure peut-on conserver les **effets principaux** de labour de fin de cycle ? **Bien** que des observations aient été déjà effectuées sur l'**évolution** de l'**humidité** d'un sol nu en **régime** de **dessèchement**, l'étude des **possibilités** de **réalisation** d'un labour de fin de cycle retardé pendant la saison sèche, n'avait pas encore été **entrepris** de façon **systématique**.

C'est pour répondre à ces questions **qu'une** expérimentation a été mise en place en 1977, dont les premiers **résultats** figurent dans ce mémoire,

### III. - MATERIEL ET METHODES

#### 3.1. - Objectifs

L'objet de l'**étude** est de mettre au point des **conditions** rendant possible le **labour** en saison sèche, en conservant les effets principaux d'un labour **réalisé aussitôt** après les **récoltes** (propriétés physiques du sol, et report des **réserves hydriques résiduelles** après la **récolte**).

Les interventions **expérimentées** devront donc réduire l'**évapora-**tion des horizons de surface après les **dernières** pluies, pour maintenir la faible **cohésion** du sol **humide** ; et aussi de l'ensemble du profil pour que les réserves **hydriques** soient encore **présentes** dans le sol au moment du **labour**.

On tentera de **réduire** le processus de **dessiccation** du sol par **différents** moyens :

- disparition de toute source d'**évapotranspiration** (**essouchement** des **pieds** de mil dès la **récolte**, destruction **des** mauvaises herbes),

- rupture des liens capillaires **par** un travail du sol superficiel (desherbage mécanique),
- réduction de la demande **évaporative** au niveau du sol (**paillage**).

On testera les conditions ainsi **créées**, en **réalisant** des labours pendant la saison sèche, **après** un certain délai entre la **récolte** et la date du labour. On suivra l'**évolution** de l'humidité du sol **et** sa résistance **mécanique** à la **pénétration**. On évaluera **enfin** la **qualité** et l'effet des labours réalisés dans les **différentes** conditions.

Les traitements choisis **tiennent** compte des hypothèses de travail. Le dispositif d'observations et de mesures mis en oeuvre, a pour objet de **contrôler** les facteurs principaux qui vont agir sur les **contraintes** de réalisation des **labours**, et de caractériser la qualité et l'efficacité des interventions.

### 3.2. - Conditions générales d'expérimentation

L'expérimentation a **été implantée** sur le domaine du **CNRA** de **BAMBEY** dans une situation **pédoclimatique représentative** de la zone centre nord **concernée** par l'étude.

La pluviométrie **moyenne** à **BAMBEY** est de 625 mm, elle est en fait plus faible depuis plusieurs années. Le sol dont la teneur **moyenne** en **argile** + limon fin (0-20  $\mu$ ) est de **4,9 %** dans l'horizon 0-20 cm, peut être **considéré** comme un sol dior typique. Ses principales caractéristiques sont **données** en annexe (tableau annexe n° 1).

Le terrain **prévu** pour l'**expérimentation** était en friche depuis **plusieurs** années ; il a été mis en culture homogène de mil (Pennisetum typhoides) pendant la saison des pluies 1977, ce qui a permis un test d'**homogénéité**. On n'a **procédé** à aucun travail du sol avant cette culture, qui a reçu une **fertilisation minérale** (150 kg de 10-21-21 au semis et 100 kg d'**urée** en épandage fractionné).

En 1978, les effets des **traitements appliqués** après la **récolte** du **mil** seront testés sur une culture d'arachide (arachis hypogea). Les **opérations culturales** sont entièrement réalisées en traction bovine.

### 3.3. - Dispositifs expérimentaux - Traitements

#### 3.3.1. - Dispositif principal (tableau 4)

Huit traitements sont en comparaison dans un dispositif en blocs de Fisher avec quatre répétitions. Les dimensions des parcelles sont de 9 x 15 mètres, elles sont séparées par des allées de 3 mètres.

On teste les effets des traitements sur l'évolution de l'humidité du sol, de sa résistance à la pénétration après la récolte, et sur les contraintes de réalisation de labour en saison sèche.

Les différents traitements d'économie d'eau sont : un désherbage chimique maintenant le sol nu (paraquat, ma : 500 g/ha), un désherbage mécanique avec des lames plates travaillant le sol sur 2 à 4 cm de profondeur et un désherbage chimique associé à un paillage réalisé en couchant les tiges de mil produites sur la parcelle.

Tous ces traitements sont mis en place dans les jours qui suivent la récolte de la culture homogène de mil, après l'essouchement des pieds de mil sur l'ensemble des parcelles.

Ils sont comparés à deux témoins : un labour de fin de cycle réalisé immédiatement après la récolte et un témoin pailles de mil essouchées, couchées sur place, sans désherbage.

Toutes les parcelles, sauf un témoin non desherbé, sont labourées aussitôt après la récolte (témoin), un mois et demi après la dernière pluie, ou trois mois après la dernière pluie.

Pour ne pas multiplier les traitements, on a réalisé un labour seulement un mois et demi après la dernière pluie sur les parcelles nues désherbées chimiquement ; tandis que sur les parcelles désherbées mécaniquement, on a réalisé un labour seulement trois mois après la dernière pluie.

Les traitements de l'essai diffèrent donc à la fois par les techniques d'économie de l'eau post-récolte et par la date de réalisation du labour. Leur numérotation figure sur le tableau 4. Le choix des numérotations peut paraître arbitraire ; il répond à des contingences extérieures à notre propos.

Les labours sont effectués avec une paire de boeufs de 870 kg, tirant une charrue de 10 pouces à versoir **cylindro-hélicoïdal** dont le poids total est de 36 kg. Le désherbage **mécanique** est aussi **réalisé** en traction bovine, avec un polycultcur et 7 lames plates de 250 mm travaillant le sol sur une largeur de **140** cm.

Tableau 4 : Numérotations des traitements

Date de réalisation des interventions réalisées aussitôt après la récolte	Pas de labour	Labour aussitôt après la récolte	Labour un mois et demi après la dernière pluie	Labour trois mois après la dernière pluie
Pas de désherbage	1	3	2	6
Désherbage chimique sol nu			7	
Désherbage mécanique sol nu				5
Désherbage chimique + paille couchée sur champs			7	8

### 3.3.2. - Dispositifs annexes

#### - Parcelles extérieures A

Il a été déjà précisé que l'essai principal ne permet pas d'étudier l'effet de l'**essouchement** de tiges de mil sur l'**économie** de l'eau et les conditions de réalisation d'un labour **retardé**. Cependant, le dispositif principal est **situé** à **proximité** immédiate d'un autre essai (30 mètres), dont l'objet est d'étudier les effets du labour en sec. Or, cette expérimentation comprend trois **répétitions** d'un traitement **témoin** jamais labouré cultivé en mil en 1977, dont la seule différence **par** rapport au **témoin** non **désherbé** de l'essai principal est le non **essouchement** des pieds de mil à la récolte. Les **caractéristiques** de sol sont en effet identiques (Tableau annexe n° 1).

Il a paru **intéressant** de suivre l'**évolution** de la résistance **mécanique** à la **pénétration** du traitement jamais **labouré** de cet **essai** annexe, pour avoir des premières indications **préliminaires** sur l'effet de l'**essouche-**ment, en se gardant bien sûr de toute comparaison statistique. Ce traitement supplémentaire, **extérieur** à l'essai, figure sous le nom de "parcelles extérieures **A**".

#### - Parcelles extérieures B

Le labour **immédiat** après la **récolte** est intervenu après une **période sèche** d'une **semaine** environ. Le sol était donc dans une phase d'assèchement en **surface**. C'est pourquoi, il a paru nécessaire de réaliser un labour dans un sol à une **humidité** proche de la capacité de rétention, pour mesurer **les** efforts de traction dans le cas d'un **labour** effectué dans des conditions de cohésion **minimale** du sol. Les **mesures** ont **été** effectuées 24 heures après une **irrigation** de 30 mm, sur **Y parcelles** implantées dans un **sol** très comparable à **celui** du dispositif **principal**. Ce traitement figure sous le nom de "parcelles **extérieures B**".

### 3.4. - Observations et mesures

#### 3.4.1. - Mesures et observations physiques

La **densité** apparente du sol dans l'horizon 5-15 cm au début de l'essai a **été mesurée** en utilisant la **méthode** du cylindre. On a effectué douze **répétitions** réparties sur deux blocs.

On a **caractérisé** l'état physique du profil **cultural** par une description suivant la méthode de **HENIN (HENIN et coll., 1970)**. Après le labour on a **réalisé** des comptages des mottes en surface, en les séparant en trois classes de tailles : **mottes** de plus grande dimension comprise entre 5 et 10 cm, entre 10 et 20 cm, et supérieure à 20 cm. On compte le nombre total de mottes **situées** à l'**intérieur** d'un cadre de un mètre carré lancé au hasard sur la parcelle, avec **deux répétitions** sur chacun des **traitements labourés**.

### 3.4.2, - Mesures hydriques

Les mesures d'humidité en surface entre 0 et 30 cm sont réalisées par **gravimétrie**, avec 4 répétitions sur chaque parcelle. On suit l'**évolution** des stocks d'eau entre la **surface** et deux mètres de profondeur, **grâce** à un **humidimètre à ralentissement** de neutrons et un tubage sur chacune des 8 parcelles d'un **bloc**. Ces mesures sont complétées par des **prélèvements** à la tarière (**2 répétitions** sur **chacunes** des parcelles d'un autre bloc).

### 3.4.3. - Mesures des caractéristiques mécaniques

La **résistance mécanique** du sol à la **pénétration** est **mesurée** par **pénétrométrie** avec un **pénétromètre** à percussion. L'instrument consiste en un barreau métallique de 2 cm de **diamètre terminé** en pointe et muni d'une masse **métallique** de 5 kg, coulissant librement entre deux butées, sur une distance de 35,5 cm. La chute de cette masse enfonce le barreau d'une **certaine** profondeur dans le sol.

A condition que le barreau soit maintenu vertical, le travail effectué par la masse est **directement** proportionnel au nombre de percussions.

On **trace** la **courbe** : travail **effectué** en fonction de la profondeur d'enfoncement du barreau. La **force de résistance** à la **pénétration** est la **dérivée** de cette courbe. Pour une profondeur donnée, on peut calculer la force **moyenne** qu'il a fallu exercer pour réaliser l'enfoncement.

Dans les conditions de l'expérience, la force de résistance à la pénétration du sol est toujours faible dans l'**horizon 0 - 5 cm**, quel que soit l'état du sol. L'observation de profils culturaux montre, en effet, un horizon superficiel meuble, à **tendance particulière** qui est le résultat de l'influence de la longue jachère **précédente** et des **sarclo-binages**. D'autre part, la profondeur de la couche labourée en traction bovine, varie de 15 à 20 cm. Tous les **résultats** de force de résistance à la pénétration sont donc **présentés** en force moyenne de résistance **mécanique** à la **pénétration** entre 5 et 23 cm.

Les mesures **pénétrométriques** ont été réalisées tous les mois environ à partir de la **récolte**, et en particulier **immédiatement** avant les labours, à raison de 8 répétitions sur chacune des parcelles non labourées des blocs I, II, III, Elles ont toujours été couplées avec des mesures d'humidité par gravimétrie (4 répétitions par parcelle) aux profondeurs suivantes :

0 - 5 cm

5 - 10 cm

10 - 20 cm

#### 3.4.4. - Mesures dynamométriques

On a mesuré les efforts de traction développés par la **paire** de boeufs pour tirer la charrue, à l'aide d'un **dynamomètre** à lecture directe,

- L'effort instantané moyen et maximum est mesuré sur une ligne de labour d'un bout à l'autre de la parcelle, après **élimination** de 3 mètres de bordure, en faisant une notation tous les mètres environ (4 répétitions par parcelle),

- Les profondeurs de labour moyenne, maximale et minimale sur chacune des **parcelles** ont été mesurées à partir de 25 mesures élémentaires par parcelle. La **largeur** de la bande **labourée** a été calculée à partir de la largeur d'une bande travaillée après 3 passages de charrue (3 répétitions par parcelle),

Les efforts de traction spécifiques, exprimés en **kg/dm<sup>2</sup>** sont obtenus en divisant **l'effort** global par la section de la bande travaillée (profondeur x largeur).

#### 3.4.5. - Mesures biologiques

- En 1977

On a mesuré le **rendement** parcellaire en pailles, épis et grains de la culture **homogène** de mil. On a aussi pesé la production de matière sèche des herbes **développées** après la récolte.

- En 1978

Aucours de la prochaine\* saison des pluies, il est **prévu** un certain nombre d'observations **et** de mesures sur la culture d'arachide pendant la vbgétation et à la récolte.

. Mesures sur la végétation

- **densité** de pieds levés,
- poids des plantules 15 jours après la levée,
- profils culturaw 15 jours **après** la levée (observations racinaires),
- mesures de densités racinaires au **50<sup>e</sup>** jour. **Méthode** des **prélèvements** par cylindres verticaux décrits **par** ailleurs (**CHOPART, 1975**),
- profils culturaux et observations racinaires au **50<sup>e</sup>** jour.

. Ala récolte

- nombre de pieds **récoltés**,
- poids des gousses,
- poids des pailles,
- rendement au **décorticage**,
- poids de 100 gousses.

3.5, - T!raitement des données

On a **interprété** statistiquement les rendements de mil en 1977 et les résultats des **différentes** mesures, **par** l'analyse de la **variance** et le test de **Keuls**. Les relations entre l'**humidité** de surface, la résistance mécanique à la **pénétration** et les efforts de traction au moment des labours sont étudiées par la recherche des regressions entre ces variables prises deux à deux. On utilise pour cela un mini-ordinateur (HP 9825) qui teste l'ajustement à une série de modèles **méthématiques**, et mesure le degré de liaison qui est **associé** à chaque **modèle (r<sup>2</sup>)**. On retient celui dont le r<sup>2</sup> est le plus fort.

### 3.6. - Cadre du présent rapport

On rappelle que **l'objet** de l'expérimentation mise en place consiste à étudier les effets de différentes techniques **d'économie** de l'eau, appliquées après la **récolte**, sur la possibilité de réaliser des labours de **qualité** pendant la saison **sèche**, nécessitant des efforts de traction compatibles avec ceux d'une **paire** de boeufs.

Les principaux résultats attendus de **l'étude** entreprise concernent :

- **l'évolution** de **l'humidité** et des **caractéristiques mécaniques** du sol avant le labour, en fonction des traitements **d'économie** de l'eau,
- les efforts de traction nécessaires pour **labourer** en saison **sèche**,
- les caractéristiques des labours réalisés,
- l'effet des interventions sur le maintien des **réserves hydriques** pendant la saison **sèche**,
- les conséquences sur le comportement et le rendement de la **culture suivante** (arachide).

L'ensemble des informations attendues n'est pas encore disponible au moment de la rédaction du **présent** rapport. **Il** manque les **résultats** concernant le **développement** et le rendement de la culture d'arachide en 1978, qui constitueront la sanction finale de l'effet des traitements.

Les **résultats présentés** qui **portent** sur les conditions de réalisation des labours en **saison sèche** et leurs caractéristiques forment cependant un ensemble **homogène**, relativement séparé de ceux concernant l'effet **sur les** rendements des **différents** types de labour réalisés.

#### IV. - RESULTATS

##### 4.1. - Conditions générales de réalisation

##### 4.1.1. - Culture préliminaire de mil (tableau annexe n° 2)

Les rendements enregistrés sur la culture homogène de mil sont moyens : 1 550 kg/ha de grains en moyenne. Les conditions d'alimentation hydrique ont été le facteur limitant principal du rendement (aucun travail du sol - réserves hydriques initiales nulles après le précédent jachère et pluviométrie très déficitaire : 370 mm entre le semis et la récolte), Le coefficient de variation de l'essai "à blanc" est de 12,5 %.

Les récoltes ont eu lieu le 5 Octobre et les premiers labours de fin de cycle sur le traitement 3 le 8 Octobre. Les différents travaux post-récolte, désherbage, paillage, travail du sol se sont échelonnés du 7 au 13 Octobre.

##### 4.1.2. - Représentativité des conditions climatiques de l'année

La dernière pluie a été relativement importante 39 mm, et tardive (15 Octobre). Elle est intervenue après les récoltes. Cependant, ces conditions ne s'éloignent pas notablement des conditions moyennes, puisqu'à Bambey, la date moyenne de la dernière pluie supérieure à 10 mm se situe le 9 Octobre, avec une pluviométrie de 50 mm en Octobre. De plus, à partir des données pluviométriques des 55 dernières années, on a calculé que sept années sur dix, la dernière pluie (supérieure à 10 mm) intervient plus de 90 jours après la première pluie de semis, c'est-à-dire après la récolte du mil. La proportion tombe à six années sur dix pour une dernière pluie tombant plus de 35 jours après la pluie de semis.

Les autres conditions climatiques de réalisation de l'essai en 1977 peuvent aussi être considérées comme représentatives des conditions moyennes (tableau annexe n° 3).

#### 4.1.3. \* Conditions et contraintes d'application des traitements

Le **désherbage** chimique avec le paraquat, herbicide de contact, a été très efficace sur l'ensemble des mauvaises herbes.

Le désherbage **mécanique, réalisé** avec une paire de boeufs, a demandé un peu moins d'une **journée** à l'hectare avec des efforts de traction de 90 kg en moyenne. La profondeur travaillée est de 2 à 4 cm.

Dans les traitements **paillés**, on a étalé sur le sol la production de paille de la parcelle, ce qui **représente** de 4 à 5,5 tonnes/ha de **matière sèche**. La couverture du sol par ce paillage est faible, de l'ordre de 25 %, d'après des **estimations** visuelles. Une couverture du sol plus importante **nécessiterait** un ramassage et un transport des produits, ce qui augmenterait les contraintes de réalisation en milieu rural.

La dernière pluie est tombée **après** l'application des traitements, elle a **entraîné** un nouvel enherbement des parcelles désherbées. Sur le traitement 5, on a dû **procéder** à un **deuxième** passage de lames plates le 18 Octobre. Sur les traitements avec désherbage chimique, une nouvelle **pulvérisation** d'herbicide a été **nécessaire**, de même que sur le labour de fin de cycle (T3) qui commençait à être **enherbé**.

Sur les témoins non **désherbés**, la **quantité** de **matière sèche** produite est très variable ; elle est de 400 kg en moyenne. Les quatre **espèces** les plus représentées sont Eragrostis sp (40 %), Boveria stachydea (20 %), Mitracarpus scaber et Cenchrus.

Peu avant la **récolte** du mil, la **densité** apparente du sol entre 5 et 15 cm est de 1,53.

#### 4.2. \* Influence des traitements sur l'évolution de l'humidité du sol, de sa résistance à la pénétration et des efforts de traction

##### 4.2.1. \* Evolution de l'humidité entre 5 et 20 cm de profondeur (figure n° 2 tableau annexe n° 4)

Dans les jours qui suivent la **dernière** pluie du 15 Octobre, l'humidité **superficielle décroît** rapidement sur tous les traitements (phase d'évaporation rapide) ; ensuite, les pertes d'eau dans la couche considérée

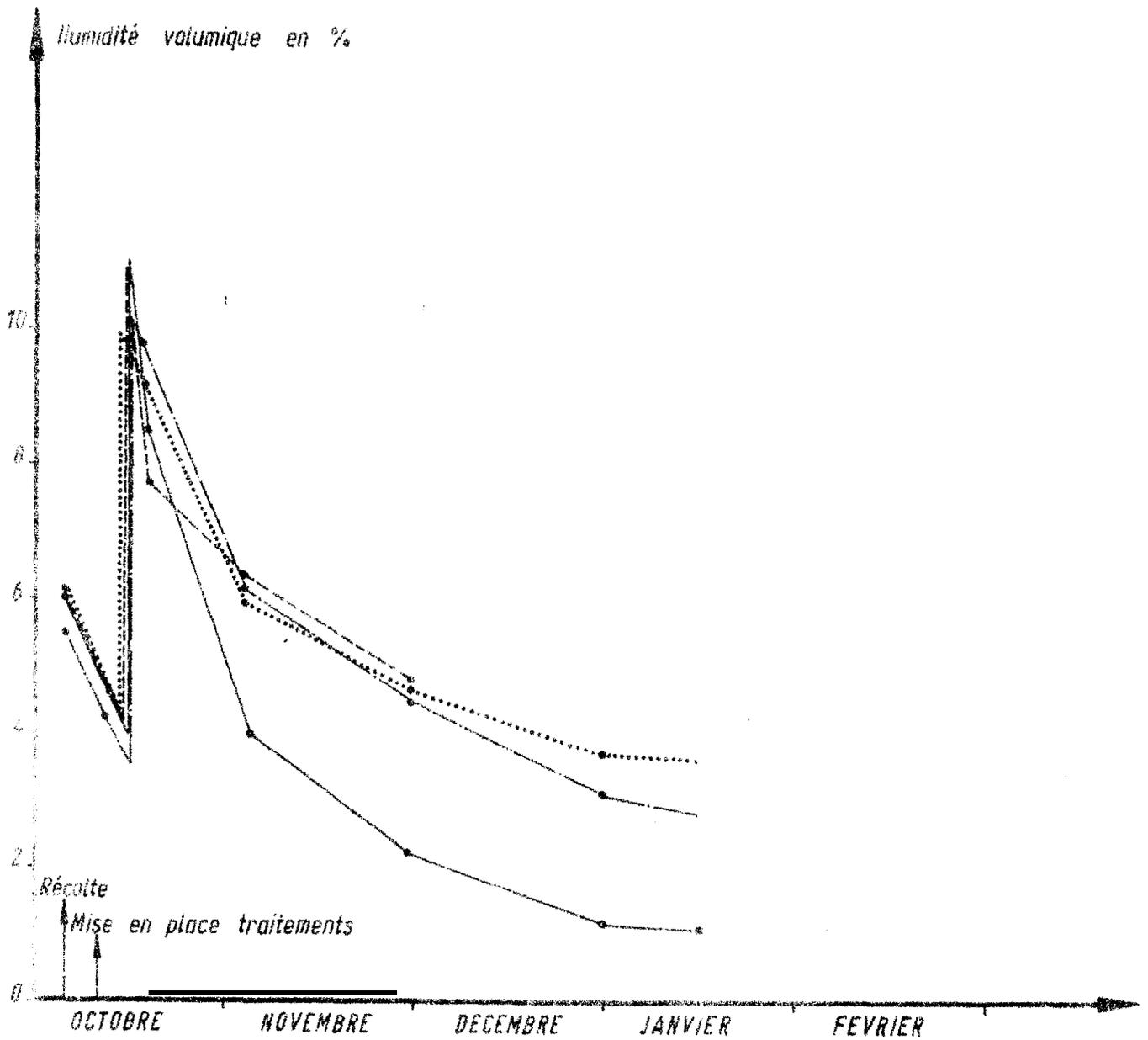


FIGURE n° 2

EVOLUTION DE L'HUMIDITE VOLUMIQUE DU SOL  
ENTRE 5 ET 20cm APRES LA RECOLTE

LEGENDE

- (solid line) — terrain non desherbé
- - - (dashed line) - - - desherbage chimique
- ..... (dotted line) ..... desherbage chimique + portage
- (dash-dot line) — desherbage mécanique

se ralentissent (passage progressif à la phase d'**évaporation** lente), en **même** temps que **l'humidité** devient **différente** suivant les traitements.

Dès le début du mois de Novembre, on observe un net effet de désherbage, sans que l'on puisse noter de **différence** entre les deux modes de **réalisation**, sarclage mécanique (T5) ou désherbage chimique (T4).

Entre 0 et 20 cm, il existe un plus fort **gradient** d'humidité sur les traitements **désherbés** que sur les **témoins** (figure n° 3). Sur des profils culturaux réalisés deux mois **après** la dernière pluie, on observe un changement brutal d'**humidité** entre 6 et 8 cm.

Jusqu'au **début** du mois de **Décembre**, le traitement paillage + désherbage **n'apporte** pas d'effet supplémentaire **par rapport à** un désherbage seul. Ensuite, le traitement paillage + **désherbage** chimique (T8) tend **à** se révéler légèrement supérieur au désherbage **mécanique** (T5).

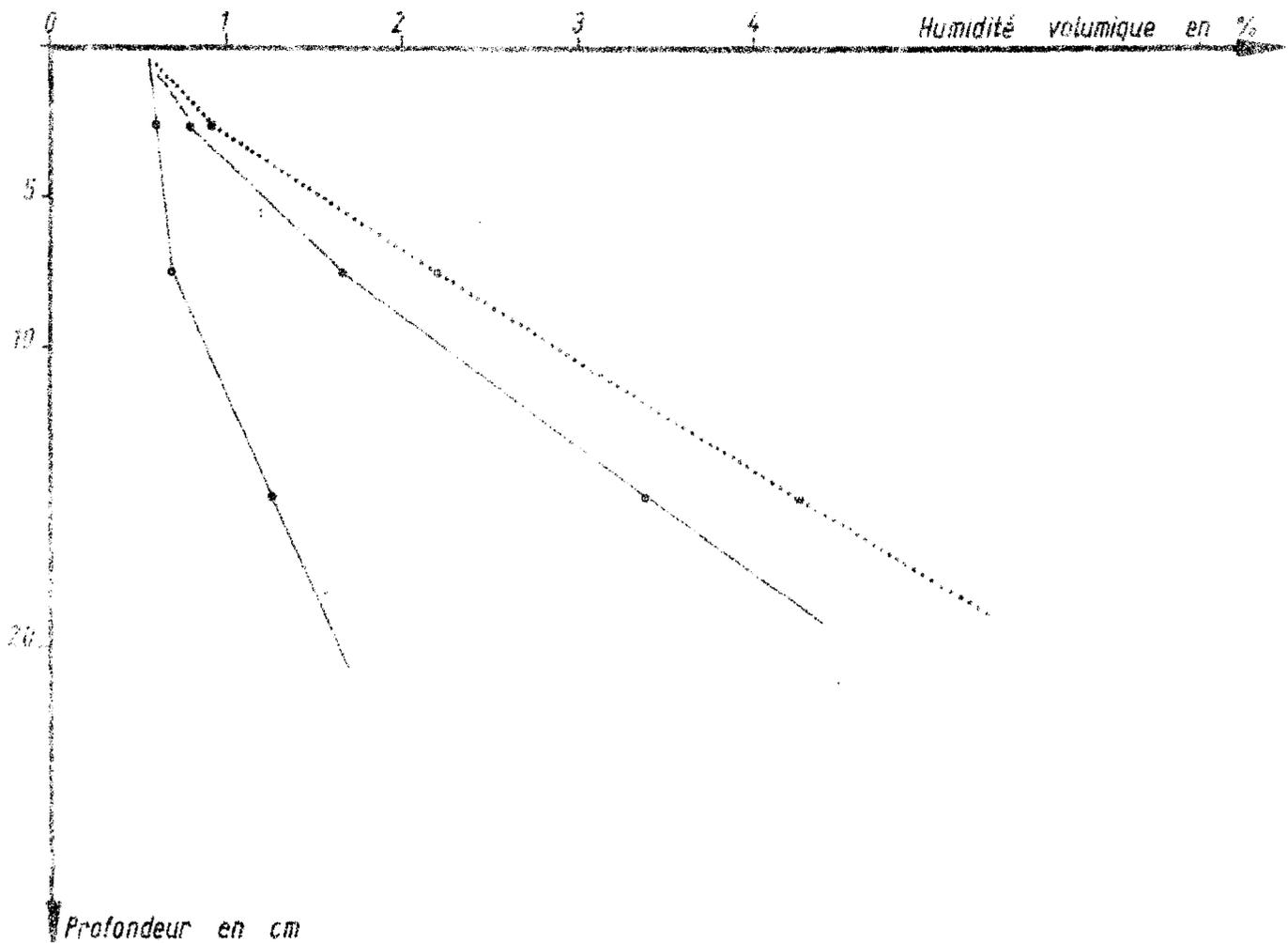
Au moment des labours du début du mois de **Décembre**, **l'humidité volumique** entre 5 et 20 cm varie de 2 % sur les traitements non désherbés à plus de 4 % sur les différents traitements **désherbés** ; on note que, au **même** moment, l'humidité n'est plus que de 1 % sur les parcelles extérieures A dont les tiges de mil n'ont pas été essouchées.

Les mesures **réalisées** au moment des labours de la mi-janvier ont mis en évidence un rapport de 1 3 3 entre **l'humidité** des **témoins** et celle des traitements désherbés.

4.2.2. - Evolution de la résistance **mécanique** à la **pénétration** entre 5 et 20 cm (figure n° 4 et tableau annexe n° 5)

Sur les témoins non **désherbés** de l'essai principal, la **résistance mécanique** à la pénétration commence **à** s'élever **aussitôt** après la dernière pluie, l'accroissement est presque constant pendant les 5 premiers mois de saison sèche.

Lorsque les tiges de mil n'ont pas été essouchées (**parcelles** extérieures A), les résultats sont plus **hétérogènes** ; il semble toutefois que la résistance à la **pénétration** passe d'abord par une phase d'augmentation rapide, puis un mois et demi après la **dernière** pluie, l'évolution se ralentit\*



**FIGURE N° 3**

PROFILS HYDRIQUES ENTRE 0 ET 20 cm LE 15.1.78

LEGENDE

- ..... Témoin non désherbé (1.6)
- Désherbage mécanique
- ..... Paillage + désherbage chimique

Force de résistance à la pénétration  
entre 5 et 20cm ( en kg )

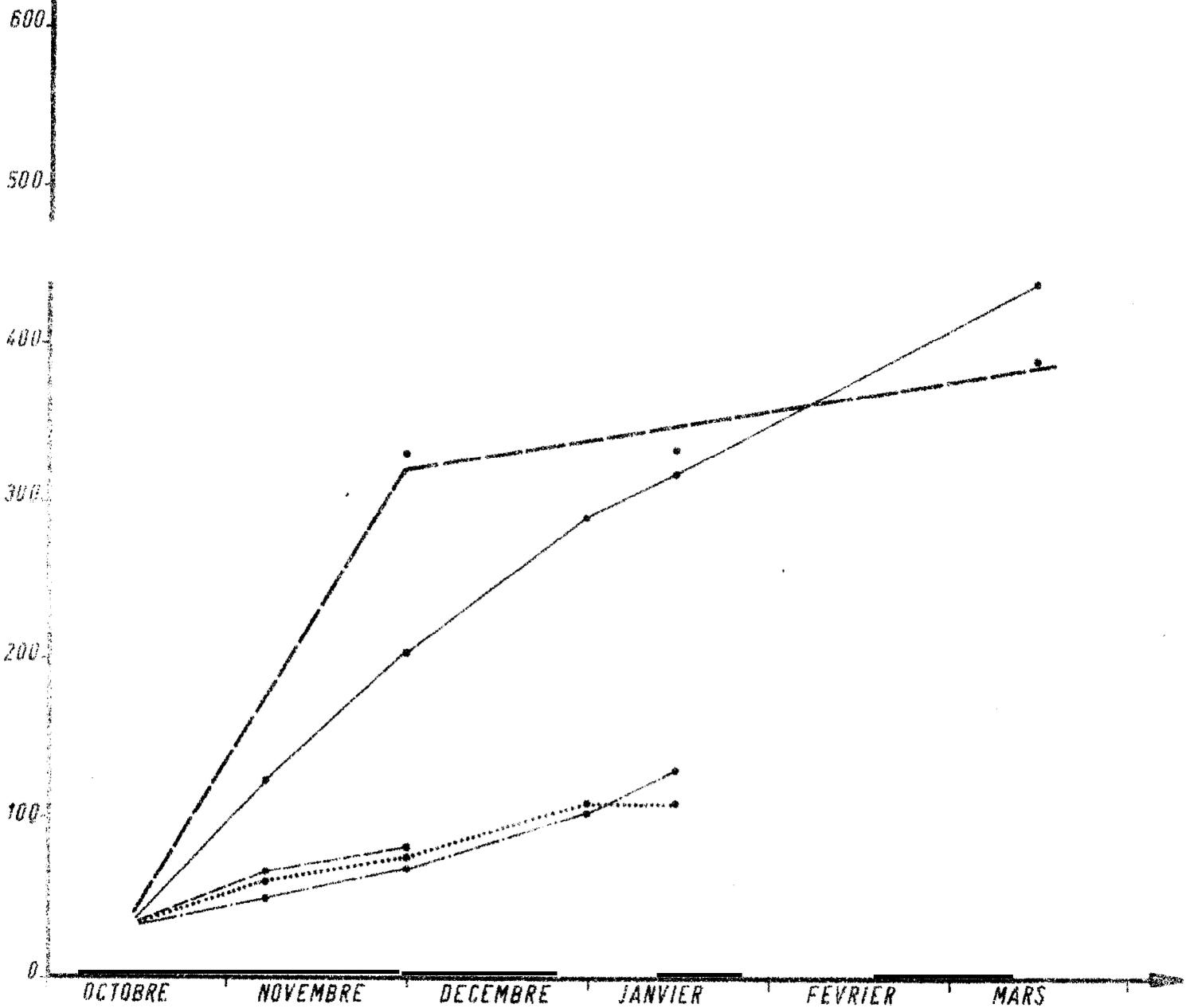


FIGURE n° 4.

EVOLUTION DE LA FORCE DE RESISTANCE A LA  
PENETRATION ENTRE 5 ET 20 cm APRES LA DERNIERE PLUIE

- Témoin non désherbé ( T 1. 2. 6 )
- - - - - Désherbage chimique sol nu T4
- ..... Désherbage chimique sol paille T7.8
- · - · - Désherbage mécanique sol nu T5

Sur les traitements **désherbés**, l'augmentation de la résistance à la pénétration en fonction du temps est linéaire, mais elle est beaucoup plus lente,

La comparaison entre parcelles **essouchées** ou non doit se faire avec prudence car les parcelles ne sont pas situées sur le même dispositif. On note toutefois un effet apparent de l'essouchement sur le ralentissement de l'évolution de la résistance à la pénétration pendant les mois **d'Octobre** et Novembre ; l'effet tendrait ensuite à s'annuler et même à s'inverser.

Le premier **Décembre**, avant les labours, les forces de résistance à la pénétration sont de 80 kg en moyenne sur les traitements **désherbés (T4-5)** et de 205 kg sur les témoins (**T 126**). Les différences sont significatives au seuil de **0,01**. Le **comportement** des différents traitements **désherbés** est **très homogène** ; les forces sont comprises entre 73 et 91 kg suivant les traitements (**différences** non significatives).

Le 15 Janvier, avant la seconde date de réalisation des labours, **l'écart** entre les forces de **résistance à la pénétration** est de 1 à **2,6** suivant qu'il y a eu un désherbage ou non (**différence significative** au seuil de **0,01**). On note une **légère** différence entre le traitement 5 (désherbage par travail du sol superficiel) et le traitement 8 (**paillage** et **désherbage** chimique). Les forces de résistance à la pénétration entre 5 et 20 cm sont de 136 kg dans le **premier** traitement et de 110 kg dans le second. La différence n'est cependant pas significative.

Si l'on calcule les forces de résistance à la pénétration entre 10 et 20 cm (tableau annexe **n° 6**), les effets de traitements sont encore plus manifestes : le 15 Janvier, il existe un rapport de 1 à 3,5 entre le témoin (T6) et le traitement avec désherbage chimique et paillage (T8).

4.2.3. - Effets des traitements sur les efforts de traction (tableau annexe **n° 7** et figure **n° 5**)

Les résultats détaillés des mesures d'effort de traction moyen et maximum, ainsi que des mesures de largeur et de profondeur de labour, figurent dans le tableau annexe **n° 7**. Ces **données** de bases permettent de

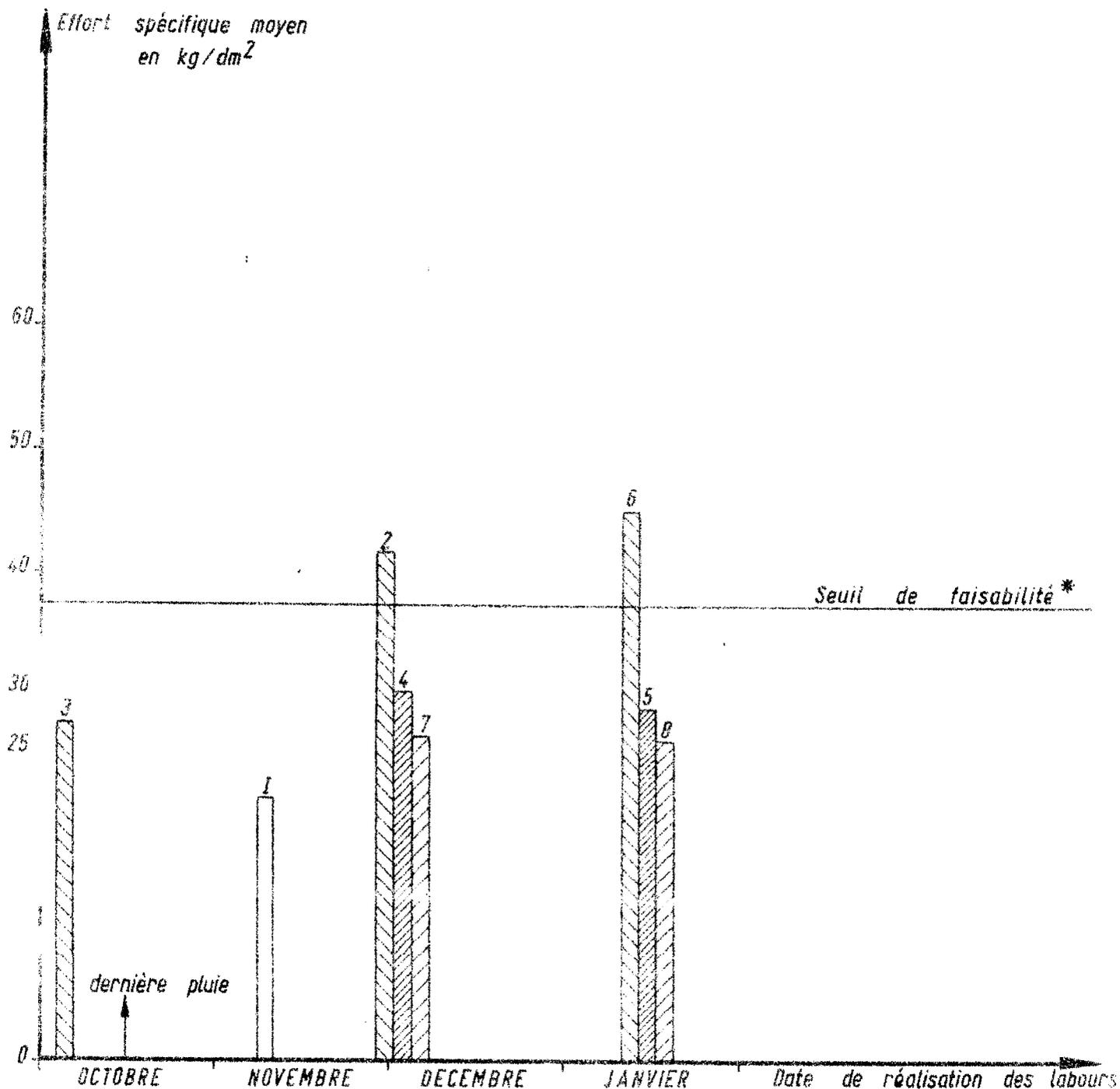


FIGURE n°5

## EFFORTS DE TRACTION SPECIFIQUE MOYENS

### MESURES PENDANT LES LABOURS

#### LEGENDE

\* Seuil de faisabilité calculé en prenant 140 kg comme valeur maximale d'effort de traction moyen d'une paire de bœufs, et 15 cm de profondeur de labour.

- |   |                                  |   |
|---|----------------------------------|---|
| 3 | Labour immédiat après la récolte | } Labour 1 mois et demi après la dernière pluie |
| 2 | Témoïn essouché non désherbé     |   |
| 4 | Désherbage chimique              |   |
| 7 | Désherbage chimique + paillage   | } Labour 3 mois après la dernière pluie         |
| 5 | Désherbage mécanique             |   |
| 6 | Témoïn essouché non désherbé     |   |
| 8 | Désherbage chimique + paillage   |   |

1 Parcelles extérieures - labour immédiat après irrigation de

calculer les efforts de traction spécifiques, dont les valeurs sont plus facilement comparables d'un traitement à l'autre. Les moyennes par **traitement** des efforts spécifiques de traction sont **regroupés** dans le tableau 5 et dans la figure n° 5.

Tableau 5 : Efforts de traction **spécifiques** sur les traitements labourés de l'essai principal.

Date de labour	N° Traitement	Travaux post-récolte avant labour	Efforts de traction kg/dm <sup>2</sup>	Test de Keuls * seuil 0,05	Test de Keuls * seuil 0,01
8 Octobre	3		27,6	a	a
2 Décembre	2	Témoin non désherbé	41,0	b	a
	4	Désherbage chimique	29,5	a	a
	7	Désherbage chimique + paillage	26,4	a	a
17 Janvier	6	Témoin non désherbé	45,8	b	b
	5	Désherbage mécanique	28,1	a	a
	8	Désherbage chimique + paillage	25,7	a	a

\*-Les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement **différentes** au seuil indiqué, d'après le test de Keuls.

Sur le **témoin (T2)**, un mois et demi après la **dernière** pluie, les efforts de traction **mesurés** sont **déjà** très **élevés** et au-dessus des **possibilités** de travail d'une paire de boeufs moyenne, si l'on veut réaliser un labour à plus de 15 cm de profondeur.

Le 17 Janvier, les efforts mesurés sont supérieurs à ceux **enregistrés** le 2 **Décembre (T6)**, mais la différence est faible (+ 12 %) et non significative.

Il n'existe pas de différence significative entre les traitements **désherbés**. En particulier, il n'y a pas d'effet significatif du paillage (comparaison T4-7 et T5-8). Les traitements paillés donnent cependant des résultats **inférieurs** de 10 % environ aux traitements **désherbés** non paillés.

Sur les traitements **désherbés**, les efforts de traction nécessaires pour labourer un mois et demi après la **dernière** pluie (27,9 kg/dm<sup>2</sup>) sont identiques à ceux nécessaires pour effectuer un labour **début octobre** 27,6 kg/dm<sup>2</sup> (différence NS).

Ils sont aussi assez peu différents d'un labour **réalisé** dans un sol proche de la capacité de **rétenion** (parcelles extérieures B : 23 kg/dm<sup>2</sup>).

Dès le 2 **Décembre**, on observe une **différence** significative (+ 47 %) entre les traitements avec ou sans désherbage.

Le 17 Janvier, les efforts de traction enregistrés sur les parcelles non **désherbées** sont **légèrement** plus importants, tandis que les efforts de traction des traitements désherbes sont identiques à ceux des labours **réalisés** le 6 Octobre ou le 2 Xcembre. Ce qui fait qu'à la mi-Janvier, on enregistre une différence d'effort de traction hautement significative de 70 % entre les traitements témoin et désherbés.

#### 4.3. - Relations entre les **caractères mesurés** (humidité, résistance à la **pénétration**, efforts de traction)

A l'examen des **résultats précédents**, on s'aperçoit que la force **de résistance** à la **pénétration** et les efforts de traction **s'élèvent** lorsque l'humidité du sol **décroit**.

Des relations **entre l'humidité** du sol et la résistance mécanique à la **pénétration** ont déjà été mises en **évidence** sur un sol dior (NICOU, 1974). L'étude **des** liaisons entre résistance mécanique à la **pénétration** et efforts de traction, ou entre humidité du sol et efforts de traction n'avait pas encore été abordé au **Sénégal**. Or, le dispositif **expérimental** et les mesures **réalisées**, permettent une telle étude des liaisons entre les **caractères mesurés**.

Il a paru **intéressant** d'aborder cet aspect pour mieux comprendre le mode d'action des traitements, et étudier les possibilités de prévoir les efforts de traction nécessaires pour labourer un sol. **L'interprétation mathématique** ne sera qu'esquissée ; elle pourra être complétée par ailleurs.

On pose les conventions d'écriture suivantes :

H : humidité pondérale du sol entre 5 et 20 cm (en %),

F : force de **résistance** mécanique à la **pénétration** entre 5 et 20 cm **mesurée** par un **pénétromètre** à percussion (en kg),

T : effort de traction spécifique au cours d'un labour en traction bovine avec une charrue **tirée** de 10 pouces (en kg/dm<sup>2</sup>),

n : nombre de couples de la régression,

r : coefficient de **corrél-ation**.

#### 4.3.1. - Relation humidité (H)-résistance mécanique à la pénétra- tion (F)

La force de **résistance** du sol à la pénétration d'un barreau métallique intègre trois caractéristiques mécaniques du **matériau-sol** : la cohésion, l'angle de frottement et l'adhérence du sol sur la pointe et la tige (MANIERE, 1977) . Elle dépend essentiellement de trois facteurs physiques : la texture, la **structure** et l'humidité du sol (MAERTENS, 1964 ; NICOU, 1974).

La relation déterminée à partir de l'ensemble de nos données parcellaires apparaît sur la figure n° 6.

La courbe est très bien décrite par une fonction puissance de la forme :

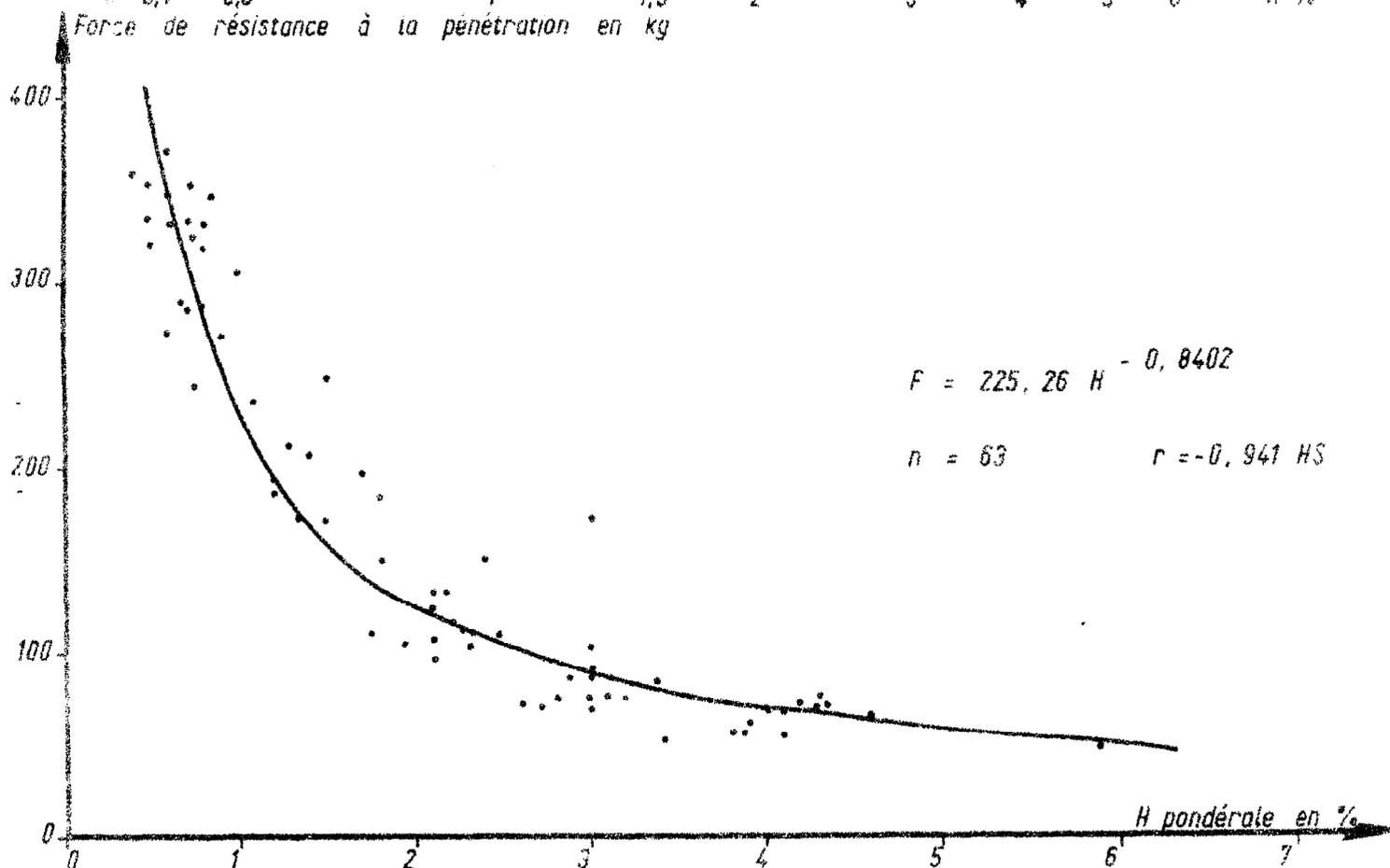
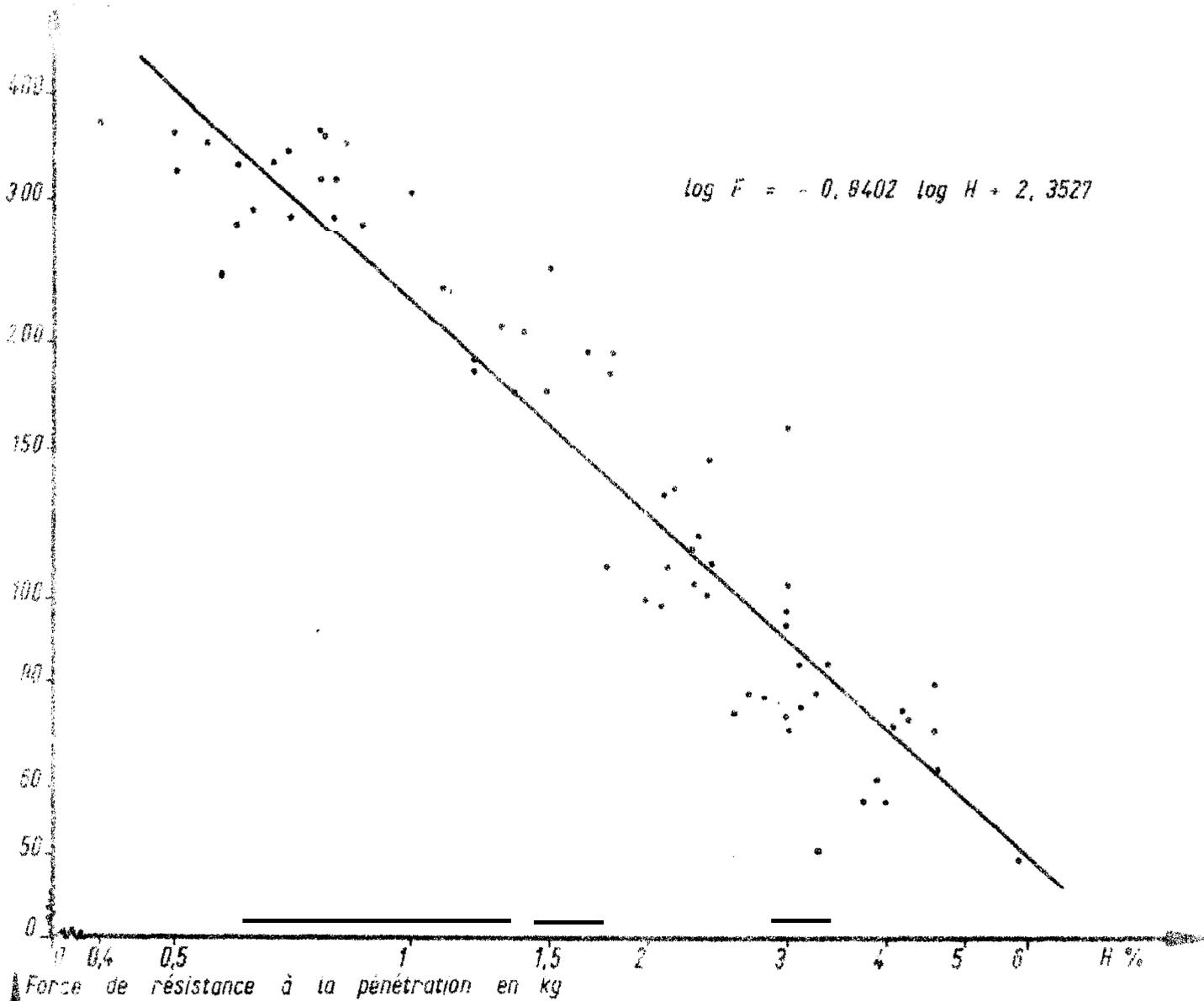
$$F = a_1 H^m \quad (1)$$

avec  $a_1$  : 225,266

$m$  = - 0,8402

n = 63

r = - 0,941



**FIGURE n°6**

RELATION ENTRE L'HUMIDITE PONDERALE ET LA RESISTANCE

On peut **représenter** graphiquement cette relation sous une forme linéaire en transformant les **données** en logarithmes :

$$\log F = m \log H + \log a \quad (\text{figure n}^\circ 6)$$

soit

$$\log F = - 0,8402 \log H + 2,357$$

Les résultats sont en accord avec ceux de **NICOU (1974)**, qui a trouvé en 1371 et 1973 des relations très proches, dans un dior comparable :

$$\text{Année 1971-1972 : } \log F = - 0,84 \log H + 2,13$$

$$\text{Année 1973-1974 : } \log F = - 0,64 \log H + 2,39$$

#### 4.3.2. - Relation résistance mécanique du sol à la pénétration - Efforts de traction spécifiques

Des mesures **pénétrométriques** ont été réalisées **systematiquement** avant les labours, ce qui permet d'**étudier** la relation entre la **résistance mécanique** du sol à la pénétration ou la résistance du sol à l'avancement de la charrue.

Dans les **conditions** de l'expérience, la relation est **linéaire** (figure n° 7) :

$$T = a_2 F + b_1 \quad (2)$$

$$\text{avec } a_2 : 0,07858$$

$$b_1 = 20,15$$

$$n : 23$$

$$r = 0,896$$

La droite de régression ne passe pas par l'origine. Lorsque la résistance mécanique à la pénétration du pénétromètre tend vers zéro (sol à l'état liquide), l'effort de **traction spécifique** tend vers une **valeur minimale** de 20 kg/dm<sup>2</sup>, soit un effort de **traction global mesuré** de 90 kg environ, pour un labour dont la profondeur est de 16 cm et la largeur 25 cm.

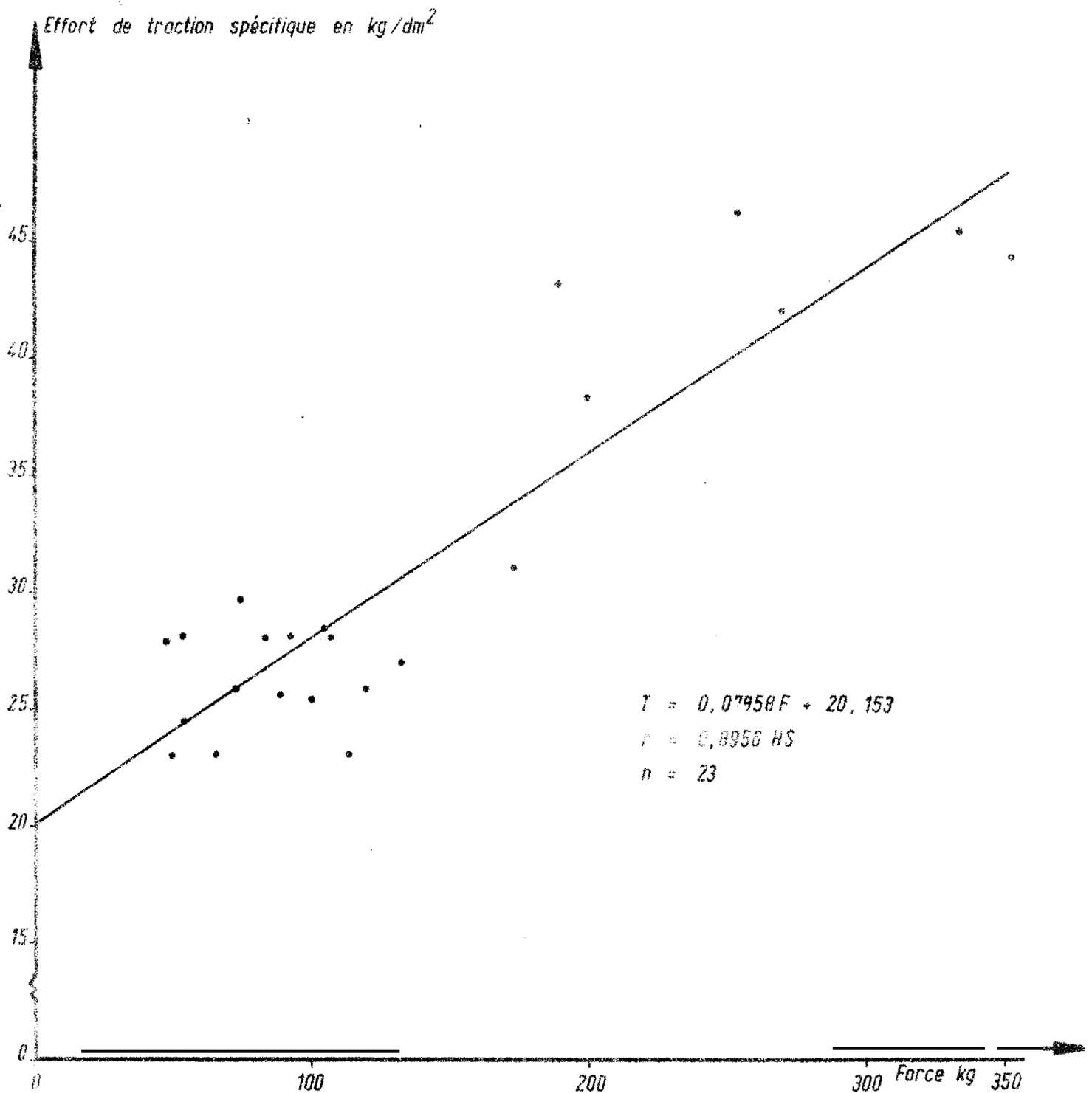


FIGURE n° 1

RELATION ENTRE LA RESISTANCE MECANIQUE A LA  
PENETRATION ET L'EFFORT DE TRACTION SPECIFIQUE

MESURES AU COURS DU LABOUR

SUR SOL DIOR

On ne possède pas de données suffisantes pour expliquer la signification de cette constante. Elle fait sûrement intervenir la force d'inertie de la charrue elle-même, dont le poids est de 36 kg, et la force d'inertie de la masse de sol travaillée en dehors de toutes forces de liaisons interparticulaires.

L'adhérence du matériau sur l'instrument de travail du sol doit aussi avoir un certain rôle, bien que celle-ci varie avec l'humidité du sol. Cependant, dans les sols dior très sableux, l'adhérence est toujours faible et elle intervient aussi dans la mesure de la force de résistance à la pénétration.

La relation expérimentale déterminée est à rapprocher de la formule de BINESSE (citée par MANIERE, 1977):

$$T = a c \frac{0,85 \sin \phi}{\cos \phi} + b$$

avec a : coefficient caractérisant la charrue

c : cohésion du sol mesurée avec une boîte de cisaillement 3 effet rotatif

$\phi$  : angle de frottement du sol

b : coefficient dépendant de la charrue : 10 kg/dm<sup>2</sup> pour une charrue trainée, 5 kg/dm<sup>2</sup> pour une charrue portée

(Cette formule n'est valable que pour une vitesse d'avancement d'environ 1 m/s).

#### 4.3.3. - Relation humidité du sol entre 5 et 20 cm - Efforts de traction (figure n° 8)

On a obtenu des relations entre l'humidité du sol et la force de résistance à la pénétration d'une part (1), et la force de résistance à la pénétration et les efforts de traction mesurés d'autre part (2) :

$$F = a_1 H^m \quad (1)$$

$$T = a_2 F + b_1 \quad (2)$$

Effort de traction spécifique en kg/dm<sup>2</sup>

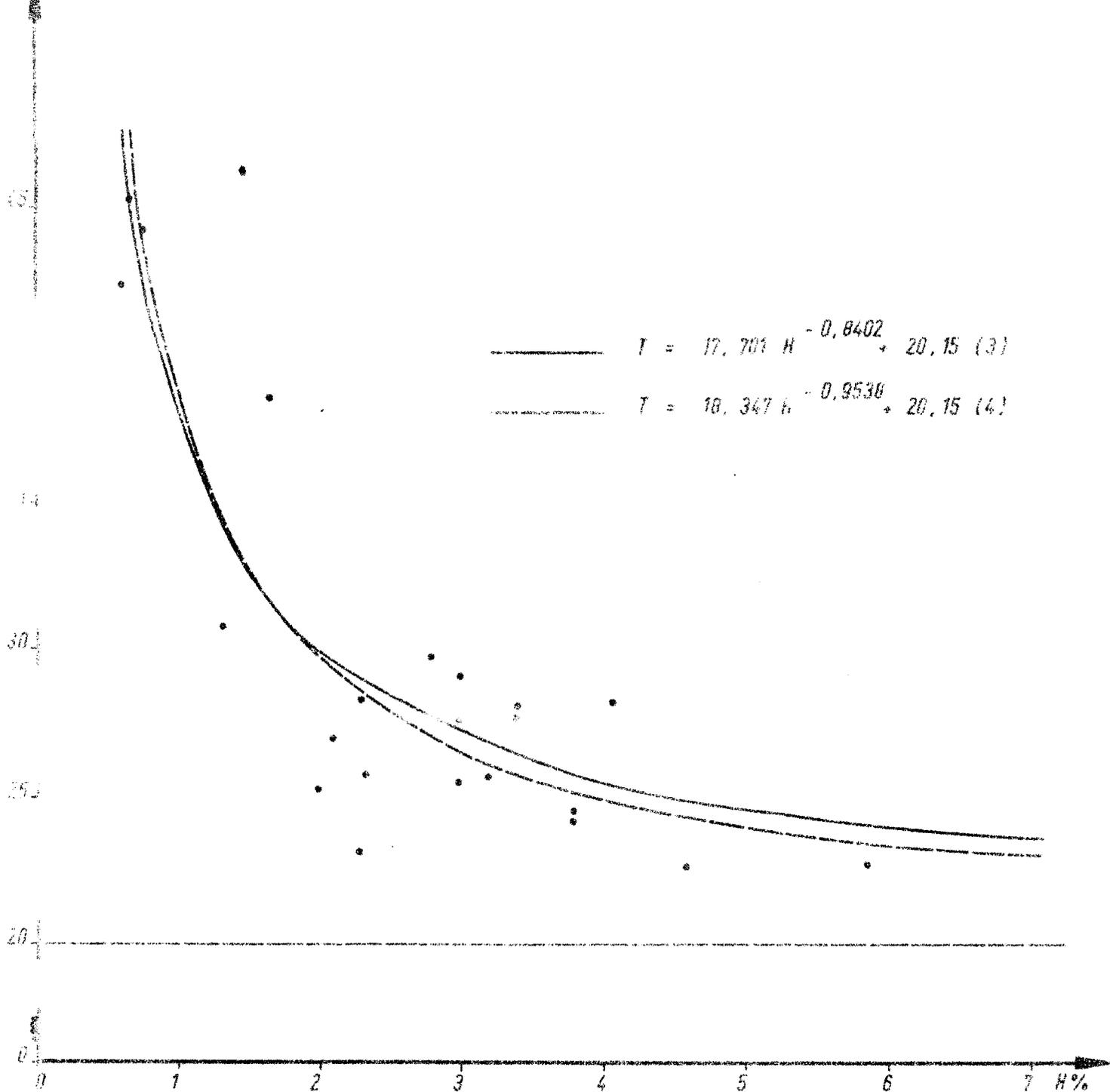


FIGURE n° 8

RELATION ENTRE L'HUMIDITE PONDERALE DE L'HORIZON  
5 - 20 cm ET L'EFFORT DE TRACTION SPECIFIQUE MOYEN  
MESURES AU COURS DU LABOUR

En combinant (1) et (2) on obtient :

$$T - b_1 = a_2 (a_1 H^m) \text{ avec } m < 0$$

Lorsque H tend à prendre des valeurs très grandes : T tend vers une valeur minimale :  $b_1$ .

On devrait donc avoir une relation entre T et H de la forme :

$$T = a_3 H^m + b_1 \quad (3)$$

$$\text{avec } a_3 = a_1 \times a_2 = 225,266 \times 0,07858 = 17,701$$

$$b_1 = 20,15$$

$$m = -0,8402$$

En traitant les 23 couples sur lesquels on a mesuré H et T, et en retranchant la constante  $b_1$  à chacune des valeurs de T, on obtient une courbe décrite par la fonction puissance, comme le laissait prévoir les considérations précédentes (figure n° 8).

$$T - 20,15 = 18,3469 H^{-0,9538} \quad (4)$$

$$n = 23$$

$$r = -0,788$$

Les coefficients a et m sont toutefois légèrement différents dans l'équation (3) calculée par combinaison des régressions (1) et (2) et dans la régression (4) obtenue à partir des données expérimentales.

Ceci s'explique par le fait que dans la relation calculée (3) on a fait intervenir la régression (1) qui comprend toutes les mesures effectuées (65 en tout incluant des mesures de H et de T réalisées en dehors de la période des labours) ; alors que la relation (4) ne comprend nécessairement que les mesures effectuées au moment des labours (23 mesures). Les courbes obtenues sont toutefois très comparables (figure n° 8).

On obtient aussi une relation significative entre  $H$  et  $T$ , sans tenir compte de la constante  $b_1$  :

$$T = 39,10 H^{0,3237}$$

$$n = 23$$

$$r = - 0,898$$

Cette relation a toutefois le désavantage de ne pas être cohérente avec les deux premières : (1) et (2).

La relation entre  $H$  et  $T$  est moins bonne qu'entre  $F$  et  $T$ , ce qui est normal, car la résistance à la pénétration d'un barreau métallique est sensible aux mêmes caractéristiques mécaniques du sol que la résistance à l'avancement de la charrue : cohésion, angle de frottement, adhérence, dont les valeurs dépendent de l'humidité, mais aussi de la texture et de la structure : ces deux derniers facteurs étant susceptibles de légères fluctuations au niveau du même témoin d'essai.

#### 4.4. - Traitements cl: qualité des interventions

##### 4.4.1. - Evolution des stocks d'eau entre 0 et 200 cm après la récolte

Les résultats détaillés figurent dans le tableau annexe n° 8. L'évolution dans le temps des stocks d'eau est présentée dans la figure n° 9.

On constate que les réserves hydriques du sol sont encore importantes au moment de la récolte, malgré la pluviométrie déficitaire. Elles sont comprises entre 125 et 150 mm sur 2 mètres. A titre indicatif, les valeurs des stocks d'eau dans le sol à pF 4,2 sont de l'ordre de 50 à 60 mm.

Après les dernières pluies, l'humidité du sol ~~du témoin~~ diminue régulièrement. Au début du mois de mars, l'humidité moyenne entre 0 et 200 cm est très proche de l'humidité au pF 4,2.

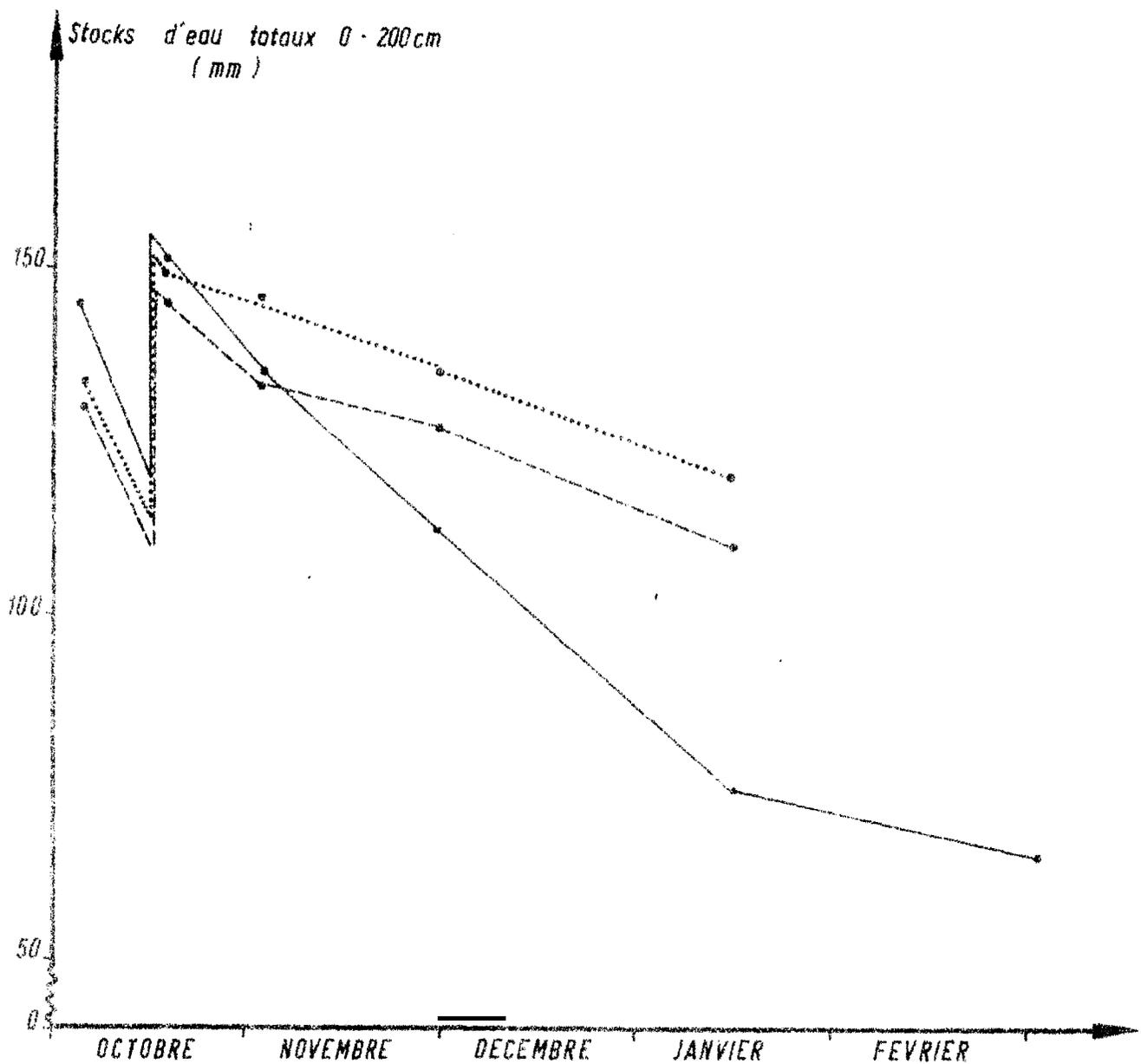


FIGURE n° 9

EFFET DU DESHERBAGE POST - RECOLTE SUR  
L'EVOLUTION DES STOCKS D'EAU TOTAUX 0 - 200cm

LEGENDE

- Pas de désherbage (T1 2.6)
- - - Désherbage (4.5.7.8)
- ..... Labour de fin de cycle immédiat (T3)

Lorsque le sol a été désherbé, les pertes sont beaucoup moins importantes. Pendant la première moitié de la saison sèche, l'évolution de l'humidité du sol sur 2 mètres est très comparable lorsque le sol a été labouré en fin de cycle, simplement désherbé, ou désherbé et paillé.

Une partie des pertes d'eau enregistrées sur les parcelles labourées en fin de cycle semble due des percolations en dessous de deux mètres de profondeur. Les mesures à la sonde 3 neutrons ont été réalisées jusqu'à 260 cm ; et on a, en effet, constaté une augmentation de l'humidité entre 200 et 260 cm sur ce dernier traitement (tableau 6).

Tableau 6 : Différences de stocks d'eau entre le 18 Octobre 1977 et le 8 Mars 1978 en profondeur (200 - 260 cm)

	Témoin T 1.6	Labour de fin de cycle-3	Désherbage post- récolte T 5.8
Différence de stocks d'eau entre le 18-10 et le 18-1 dans la tranche 200 et 260 cm (mm)	- 1	+ 8,6	+ 3,4

Les différences de stocks d'eau dans les deux premiers mètres entre la récolte et le 8 Mars, c'est à dire en 5 mois figurent dans le tableau 7.

Tableau 3 : Différence de stocks d'eau entre la récolte et le 8.3.78 sur une profondeur de 20 cm (en mm)

Traitement post-récolte	Labour	N° traitement	Stock récolte - Stock 8.3.78
Témoin non désherbé	aucun labour	1	79
	labour 2.12.77	2	41
	labour 17.1.78	6	85
	labour aussitôt après la récolte	3	23
Désherbage chimique	labour 2.12.77	4	26
Désherbage + paillage		7	27
Désherbage mécanique	labour 17.1.78	5	37
Désherbage + paillage		8	22

#### 4.2.2. -- Caractérisation des labours

Les labours ont été réalisés dans des conditions variées d'humidité du sol, ce qui a eu pour conséquence de créer un état structural différent d'un traitement à l'autre (photos 1 à 12, tableau 8). Tous les labours, réalisés en sec ou en humide, sont dressés. Ils sont mieux fermés lorsque le travail a été effectué sur sol humide, que sur un sol sec.

Sur le témoin non labouré, le sol est pulvérulent en surface. Dans les trois ou quatre premiers centimètres, la structure est très meuble à tendance particulière ou lamellaire, avec quelques agrégats arrondis de 0,5 à 1,5 cm. En dessous, entre quatre et douze centimètres, la structure est continue, moyennement cohérente. On passe progressivement à une structure continue, massive, à forte cohésion.

Lorsque le labour a été réalisé aussitôt après la récolte, il a reçu la dernière pluie de 39 mm du 15 Octobre. Il s'est formé une croûte de battance de quelques millimètres en surface ; mais en dessous, la structure est bien conservée. Les éléments structuraux sont de forme arrondie, très meublés, de taille comprise entre 0,3 et 2 cm. On trouva

aussi quelques rares mottes de plus grandes dimensions. Entre 15 et 20 cm, c'est à dire au fond de la couche labourée, le soi est encore légèrement humide au mois de Février, la structure a tendance à devenir plus fondue, les éléments sont moins individualisés, mais la porosité de l'ensemble reste très bonne.

Sur les témoins non désherbés, les labours réalisés un mois et demi ou trois mois après la dernière pluie, créent des états structuraux assez peu différents. La partie superficielle de l'horizon labouré est essentiellement constituée de grosses mottes polyédriques à angles vifs ce qui confère à la surface un relief accentué. Dans la partie inférieure du labour, les mottes sont un peu plus petites, mêlées à du sol à structure particulière. Le fond du labour est souvent plus irrégulier, car le soc de la charrue avait tendance à prendre une position inclinée, à cause des difficultés de pénétration.

Lorsque le sol est désherbé, les grosses mottes sont moins nombreuses (tableau 8). L'horizon labouré est essentiellement constitué de petits éléments de taille inférieure à 5 cm, ce qui correspond à du sol travaillé en humide, et de quelques mottes plus grosses de forme polyédrique, généralement allongée, ce qui correspond à la partie sèche de surface au moment du labour. La quantité de grosses mottes de longueur supérieure à 5 cm varie d'une parcelle à l'autre, suivant le date des labours et les traitements post-récolte appliqués, tout en restant inférieure à celle des parcelles labourées en sec (T2, T6). Le paillage du sol semble avoir pour effet de réduire la quantité de grosses mottes

Tableau 8 : Nombre de mottes de dimension supérieure à 5 cm en surface sur différents traitements labourés (par m<sup>2</sup>)

		Labour retardé 45 jours après la dernière pluie			Labour retarde 3 mois après la dernière pluie		
		T2	T4	T7	T6	T5	T8
		!Désherb. !chimique		!Désherbage!+paillage!		!Désherb. !mécanique!	
		!témoin!		!témoin!		!témoin!	
Nombre de mottes	5 à 10 cm	13	9	7	15	11	9
	10 cm	15	7	7	17	16	12
	Total	28	16	14	32	27	21

La **profondeur moyenne de la couche de sol labourée, mesurée au moment** de la réalisation du labour, est **légèrement** plus importante sur les traitements avec **désherbage post-récolte**, que sur les **témoins** (tableau annexe n° 7).

## V. - DISCUSSION

L'étude a été menée sur un sol **dier sableux**, et **après** une culture de mil de 90 jours dont la **récolte** est intervenue avant la dernière pluie. Les indications que l'on pourra tirer des premiers résultats ne concernent que ces conditions de réalisation.

### 5.1. - Traitements et conservation de l'humidité de surface

Lorsqu'on a **enlevé** toute **mèche évaporante** (**essouchement** des pieds de mil, **destruction** des mauvaises herbes), la couche **superficielle s'assèche rapidement** sur quelques centimètres après la dernière pluie. Cette couche forme un **écran** qui fait obstacle à l'évaporation des horizons **plus profonds**, car la **conductivité hydraulique**, qui dépend de l'**humidité**, y est très faible. Les transferts hydriques ne peuvent se faire que sous forme de **vapeur d'eau**. L'**humidité** moyenne entre 5 et 20 cm continue à **décroître**, mais très lentement et elle se maintient toujours à un niveau nettement **supérieur** à celle des **traitements non désherbés**, dont la végétation **épouse rapidement** et presque **complètement** les faibles réserves hydriques.

Un travail du sol sur 2 à 4 cm **ne** apporte pas d'effet **supplémentaire** marqué. Un travail un peu **plus profond** pourrait **peut être** avoir un effet plus **important**, mais il faudrait alors **réduire** la largeur de la bande **travaillée** et donc augmenter le temps de travaux, à une époque où l'agriculteur est **très occupé**.

Si on laisse les **pailles** sur le champ après les avoir **essouchées**, le **paillage** ainsi réalisé n'assure qu'une **couverture** très **incomplète** du sol. Son effet sur le maintien de l'**humidité** paraît réduit **pendant** les premières semaines ; il tend ensuite à augmenter - Son **action**

semble liée à la réduction de la température du sol en surface, et donc à la demande évaporative. Les mesures de ce paramètre n'ont pas pu être réalisées, mais l'action d'un mulch pailleux sur la réduction de la température du sol a déjà été montrée par d'autres auteurs (LAL, 1975).

## 5.2. - Traitements et résistance mécanique du sol à la pénétration

Le maintien d'une certaine humidité du sol pendant les trois premiers mois de saison sèche lorsque le terrain est désherbé, entraîne le maintien d'une faible résistance à la pénétration dans les vingt premiers centimètres, car la résistance mécanique à la pénétration est dépendante de l'humidité du sol.

## 5.3. - Traitements et efforts de traction

Lorsque le sol n'a pas été désherbé, l'humidité diminue rapidement dans les vingt premiers centimètres. Un mois et demi après la dernière pluie, on réalise un labour on sec, et les efforts de traction spécifiques sont en moyenne de 43 kg/dm<sup>2</sup>, c'est à dire déjà au dessus des possibilités de la plupart des paires de boeufs en milieu rural, si l'on veut travailler le sol à 15 cm. Le seuil peut, en effet, être fixé à environ 37 kg/dm<sup>2</sup> (effort global 140 kg, profondeur du labour 15 cm, largeur 25 cm). Cette limite est en fait assez variable en fonction du poids de la paire de boeufs, de sa nourriture, et de la durée du travail. Entre un mois et demi et trois mois après la dernière pluie, le sol s'est encore légèrement asséché et les efforts de traction atteignent 46 kg/dm<sup>2</sup>.

Lorsque le sol a été désherbé, les efforts de traction sont nettement réduits. Trois mois après la dernière pluie, ils sont de 28 kg/dm<sup>2</sup> sur un terrain nu désherbé mécaniquement et de 26 kg/dm<sup>2</sup> sur un terrain paillé, désherbé chimiquement ; c'est à dire très peu supérieurs à un labour réalisé sur un terrain ayant reçu une irrigation 24 heures avant (23 kg/dm<sup>2</sup>). Le paillage a donc une certaine action mais celle-ci est faible et non significative.

#### 5.4. - Relations entre les caractères mesurés

A la suite des travaux de NICOU (1974), on a pu mettre en évidence une relation étroite entre l'humidité de surface (5 - 20 cm) et la résistance mécanique à la pénétration.

La relation humidité-résistance à la pénétration, n'est cependant pas linéaire, c'est une fonction puissance décroissante concave, ce qui fait que pour un passage d'une humidité forte à une humidité moyenne, l'augmentation de la résistance à la pénétration est faible. Ce n'est qu'à partir d'un niveau d'humidité assez bas (environ 1,5 3 d'humidité pondérale) que la pente devient forte, et donc que l'augmentation de la résistance à la pénétration devient importante, pour une faible variation d'humidité. Cela ressort bien de la courbe d'évolution de l'humidité en fonction du temps (figure n° 2) et de celle de l'évolution de la résistance à la pénétration (figure n° 4). La première passe d'abord par une phase d'évolution rapide, qui se ralentit ensuite, tandis que la courbe d'évolution de la résistance à la pénétration est presque linéaire.

Il apparaît donc qu'il n'est pas nécessaire de maintenir le sol dans un état de forte humidité. Pour que la résistance à la pénétration reste faible il suffit que l'humidité pondérale ne baisse pas en dessous de 1,5 à 2 %, ce qui représente une valeur très légèrement supérieure à l'humidité au pF 4,2.

Un simple désherbage du sol permet d'atteindre cet objectif, pendant les trois premiers mois de saison sèche.

#### 5.5. Qualité des interventions

Le désherbage du sol après la récolte permet de retarder la dessiccation du sol entre 15 et 20 cm. En fait, la réduction des pertes par évaporation se fait sentir bien au delà de 20 cm.

Entre la récolte et le 12 Janvier, l'évolution des réserves hydriques situées entre 0 et 200 cm sur les traitements désherbés est comparable à celle des parcelles labourées aussitôt après la récolte, alors que

sur les parcelles non désherbées les pertes sont nettement plus importantes. Le 8 Mars, la différence entre le témoin et le traitement avec désherbage mécanique, est de 50 mm d'eau sur 2 mètres.

Après la réalisation des labours, les pertes sont faibles. Les différences observées au 8 Mars devraient se retrouver en grande partie à la fin de la saison sèche. La technique du désherbage post-récolte, suivi d'un labour retardé pendant le mois de Janvier, permet un report des réserves comparable à la technique du labour de fin de cycle immédiat. De plus, sur ce dernier traitement labouré avant la dernière pluie, il y a eu des repousses d'herbes qui ont dû être éliminées rapidement par un désherbage chimique. Sinon, on aurait assisté à une disparition des réserves comme sur les traitements non désherbés.

Les caractéristiques des labours réalisés sont variables en fonction des traitements. Les interventions post-récolte ont plus d'effet sur l'aspect des labours retardés que la date de réalisation du labour.

La dernière pluie est tombée après le Labour de fin de cycle immédiat, ce qui a provoqué un glaçage en surface. La structure très poreuse est cependant bien conservée en dessous de la croûte de battance.

Sur les parcelles non désherbées, un mois et demi après la dernière pluie, on réalise en fait un labour en sec ; tandis que sur les parcelles désherbées, trois mois après la dernière pluie, le sol est encore humide en dessous de 7-8 cm. Le soc de la charrue pénètre dans la couche restée humide. Après le labour, on observe quelques grosses mottes, dont la densité apparente n'a pas changé. Elles proviennent de la couche sèche de surface. La plus grande partie de la couche labourée possède une structure finement motteuse, très aérée, meuble, ce qui correspond à la partie du sol humide au moment du labour.

Il n'y a pas de soi à l'état pulvérulent en surface, contrairement aux parcelles labourées en sec, où l'on trouve une proportion non négligeable d'éléments particuliers.

Il n'a pas été possible de procéder à une évaluation de la sensibilité à l'érosion éolienne. Il est cependant très probable que les risques d'érosion éolienne sont plus importants sur un labour en sec que sur un labour de fin de cycle retardé.

Tous les traitements labourés dont la surface est motteuse paraissent nettement moins sensibles à l'érosion que les témoins non labourés dont le sol est à l'état puvirent sur les deux ou trois premiers centimètres de surface.

Enfin, le labour de fin de cycle retardé, comme le labour en sec permet l'enfouissement de foin, de compost ou d'engrais.

A partir de ces observations, ajoutées à d'autres obtenues par ailleurs, il semble que l'on puisse prévoir l'état du sol après les labours en fonction des interventions post-récolte et de la date du travail de sol :

- Labour immédiat après la récolte. Le travail est de très bonne qualité : mottes de faibles dimensions, augmentation de la densité apparente jusqu'au niveau de l'agregat, mais il y a des risques de formation d'une croûte de battance, et d'un envahissement par les mauvaises herbes, s'il pleut après le labour.

- Labour de fin de cycle retardé après un désherbage post-récolte, dans un délai de un à trois mois après la dernière pluie. La couche labourée est constituée d'un sol à structure finement motteuse, très poreuse. La seule différence avec un labour de fin de cycle est la présence d'un certain nombre de grosses mottes en surface. La quantité de ces éléments structuraux très grossiers augmente avec l'intervalle de temps entre la date de la dernière pluie et celle du labour. Au bout de trois mois, elles peuvent occuper le quart de la couche labourée. Le paillage a tendance à limiter la part de ces grosses mottes.

- Labour en sec : le profil travaillé est constitué d'un mélange de grosses mottes dont la densité apparente n'a pas été modifiée, et d'éléments à l'état particulier. En traction bovine, le rapport entre ces deux constituants dépend surtout de la teneur en argile du sol et de la profondeur de travail.

### 5.6. - Utilisation pratique des relations entre l'humidité, la résistance à la pénétration et les efforts de traction

Les relations obtenues entre humidité, résistance à la pénétration et efforts de traction, devraient permettre de prévoir les efforts de traction nécessaires pour réaliser un labour, à partir de mesures d'humidité ou de pénétrométrie.

Actuellement, les relations ne sont valables que dans les conditions expérimentales, en particulier pour une teneur en argile de 3 à 3,5 % en surface. Les études devront être poursuivies dans d'autres conditions. Il est certain que les valeurs des coefficients de la liaison humidité - effort de traction seront assez variables en fonction de la texture.

Par contre, il est possible que la liaison résistance mécanique à la pénétration - efforts de traction soit relativement indépendante de la texture, au moins lorsque les états structuraux sont comparables.

Après de telles vérifications, on pourrait envisager de cartographier les zones où le labour *est* possible à partir de mesures pénétrométriques et de la relation résistance mécanique à la pénétration - effort de traction ou éventuellement de la relation texture - efforts de traction.

On pourrait aussi suivre l'évolution de la prise en masse sur un même terrain et déterminer la limite de réalisation d'un labour retardé à une profondeur donnée.

C'est ainsi que dans les conditions de l'essai, pour pouvoir réaliser un labour à 15 cm avec des efforts de traction limités à 140 kg, les courbes obtenues montrent qu'il faut travailler un sol dont la résistance mécanique à la pénétration est inférieure à 220 kg entre 5 et 20 cm et l'humidité pondérale moyenne de 1,1 % dans cette tranche de sol.

Sur les traitements non désherbés, le sol se trouvait dans cet état dans la première décade de décembre. Lorsque le sol a été désherbé et débouché, la résistance à la pénétration est largement inférieure à 220 kg au 15 Janvier. Si l'on tente d'extrapoler à partir de la droite

d'évolution de la résistance à la pénétration entre la dernière pluie et le 15 Janvier, on obtient une valeur inférieure à 226 kg jusqu'au début du mois d'Avril. Toutefois, il n'est pas sûr que l'évolution de la résistance à la pénétration reste linéaire dans la deuxième moitié de la saison sèche.

#### 5.7. - Contraintes de réalisation du labour de fin de cycle retardé - Intégration dans les systèmes agricoles

Pour pouvoir réaliser un labour de fin de cycle retardé, il faut réunir un certain nombre de conditions.

Il est nécessaire que le sol soit encore bien humide au moment de la récolte, ce qui est souvent le cas à Bambey, où sept années sur dix il tombe plus de 10 mm après la récolte du mil. Dans l'extrême nord de la zone, la probabilité tombe cependant à 55 % des cas.

Le sol doit être essouché. Actuellement, cette technique connaît un assez grand développement, car cela facilite la récolte et le transport ultérieur des pailles.

Il faut effectuer un désherbage le plus tôt possible après la récolte, ce qui peut poser un certain nombre de problèmes.

En abord, le désherbage chimique tel qu'il a été testé dans l'expérimentation, pour séparer les effets désherbage et binage, paraît prématuré dans les conditions actuelles de la zone étudiée.

Le désherbage devra se faire suivant la technique habituelle, avec un instrument de sarclo-binage. Si le paysan dispose d'un matériel de sarclage à grand rendement (polyculteur ou ariana avec une barre d'extension), il pourra travailler comme on l'a fait sur une largeur de 140cm. Le travail sera alors rapide : environ une journée à l'hectare. S'il utilise un petit matériel en traction équine, les temps de travaux seront alors plus longs, mais ils seront de toutes façons nettement inférieurs à ceux nécessaires pour réaliser un labour,

Dans le cas d'un labour de fin de cycle retardé, les pailles peuvent être laissées sur place, ce qui risque de poser des problèmes pour effectuer le désherbage mécanique, être rapportées du champ, ce qui pose des problèmes de temps de travaux, ou encore être assemblées en andains tous les trois ou quatre mètres à la main ou avec des dents de canadien ce qui paraît la solution la plus avantageuse. Elles pourraient ensuite être exportées après les sarclages. Il serait aussi possible de les laisser sur place pour former un mulch et de les enlever peu de temps avant le labour, ce qui, on l'a vu, permet une légère amélioration du stockage de l'eau et une diminution des efforts de traction.

Le désherbage après la récolte interdit la pratique de la pâture des repousses d'herbes pour les animaux. La production fourragère de cette jachère dérobée est faible (300 à 600 kg) avec seulement la moitié de la végétation qui est réellement bien appétée, mais elle ne doit pas être négligée, car dans la zone étudiée la jachère a presque disparu et la nourriture des animaux est un problème important.

La destruction de toute mèche évaporante pour conserver l'eau interdit aussi la pratique de la culture du niébé dérobé, qui se développe actuellement dans les environs de Bambo. Celle-ci consiste à semer du niébé (Vigna unguiculata) entre les pieds de mil à la fin du mois d'août ou au début du mois de Septembre ; la culture utilise les réserves hydriques du sol après la récolte du mil pour se développer. La récolte intervient à la fin du mois de Décembre. La production est faible et variable en fonction de la pluviométrie (200 à 400 kg/ha) mais le niébé est un aliment recherché, riche en protéines, dont le prix est assez élevé.

Faut-il garder les réserves hydriques résiduelles après les récoltes pour permettre la réalisation d'un labour de fin de cycle retardé et faciliter l'alimentation hydrique de la culture suivante, ou bien vaut-il mieux utiliser immédiatement les réserves en laissant la végétation naturelle se développer après la récolte ou en cultivant un niébé dérobé ? Dans ces deux derniers cas, seul le travail du sol en sec est possible.

En fait, ce choix devra être fait par l'agriculteur lui-même et il serait judicieux qu'il utilise chacune de ces différentes solutions techniques au niveau de la même exploitation, pour étaler ses travaux et gérer avec prudence son "capital eau". Il est certain que dans le noyau de la zone à très faible pluviométrie, il faut absolument assurer *au moins* la réussite de la culture de saison des pluies, tandis que, au sud de Bambeï, où la pluviométrie est plus favorable, le choix est plus ouvert. Par ailleurs, si la pratique du labour de fin de cycle retardé est aussi possible après une culture d'arachide hâtive, comme c'est très probable, il serait souhaitable de réaliser plutôt le labour de fin de cycle retardé après l'arachide à la suite de laquelle on ne cultive pas de niché dérobé. D'autre part, la récolte de l'arachide par soulèvement réalise un travail du sol qui limite le développement de la végétation naturelle en début de saison sèche.

Le labour de fin de cycle retardé risque d'être dégradé par le passage d'animaux à l'événement. Il s'agit là d'un problème commun à tous les types de travail du sol réalisés en fin de cycle ou en saison sèche. Mais il est d'autant plus important que le travail devra rester plus longtemps exposé au piétinement. Il ne pourra être résolu que par la sédentarisation du bétail, ou par la création d'obstacles à la pénétration des animaux dans les champs labourés. Certaines informations recueillies laissent cependant penser que les risques seraient surtout importants pendant les deux ou trois premiers mois de saison sèche, au moment où les troupeaux transhumants extérieurs à l'exploitation viennent pâturer les champs récoltés. Ces troupeaux deviendraient ensuite plus rares, au moins dans la zone considérée.

### 5.8. - Critique de la méthode

On a essayé d'évaluer avec précision l'évolution des caractéristiques physiques du sol, les contraintes de réalisation et les caractéristiques des labours. Il s'avère cependant que certaines insuffisances se sont révélées au cours de réalisation.

Il aurait été intéressant de pouvoir suivre l'évolution de l'humidité du sol et de sa résistance à la pénétration sur les traitements désherbés après le 15 Janvier, pour savoir jusqu'à quelle date l'effet des traitements se fait sentir. En effet, le 30 Mars sur une autre expérimentation, l'humidité entre 5 et 20 cm passe de 0,25 % d'humidité pondérale sur un témoin non désherbé à 0,9 % sur un traitement désherbé avec paillage de 8 tonnes de tiges de mil. La résistance à la pénétration passe de 514 kg à 433 kg. A cette date et sur cet essai, l'effet du désherbage et du paillage se fait donc encore un peu sentir.

Il n'a pas été possible d'évaluer les effets des différents labours sur l'érosion éolienne. L'appareil qui devait être mis au point n'a pu être construit à temps. Il s'agissait d'une soufflerie portative, composée d'un ventilateur et d'un tunnel de un à deux mètres, au bout duquel se trouve un dispositif destiné à recueillir les particules de sol déplacées par le courant d'air. L'appareil sera testé et utilisé prochainement.

Les efforts de traction sont donnés avec une certaine incertitude sur le résultat. En effet, on a utilisé un dynamomètre à lecture directe d'une précision moyenne. Il eut été préférable de travailler avec un dynamomètre enregistreur. Il se peut que les moyennes soient entachées d'une certaine erreur systématique due à l'appareil lui-même, et à la façon de lire les valeurs affichées, compte tenu des fortes variations instantanées. Néanmoins, les chiffres gardent toute leur valeur comparative car ils ont été mesurés par la même personne. Une amélioration de la précision des mesures d'effort de traction aurait sûrement permis d'obtenir des liaisons plus étroites, avec l'humidité du sol et la résistance à la pénétration.

## VI. - CONCLUSION

Les premiers résultats obtenus paraissent assez encourageants. Grâce à un simple désherbage mécanique et un essouchement des pieds de mil, on a pu réaliser des labours au mois de Janvier, avec des efforts de traction comparables à ceux d'un labour de fin de cycle effectué aussitôt après la récolte, au début du mois d'Octobre. La qualité du travail paraît satisfaisante, et le maintien des réserves hydriques dans le sol est peu différent de celui d'un labour de fin de cycle classique.

De plus, cette année, on a été obligé de réaliser un désherbage après le labour du mois d'Octobre, qui commençait à être enherbé ; ce qui fait qu'au total, le travail a été le même sur le labour de fin de cycle immédiat et sur le labour différé. Le désherbage a simplement été réalisé avant le labour dans un cas et après le labour dans d'autre cas.

Le thème du labour de fin de cycle retardé empêche cependant la culture de niébé dérobés, et l'utilisation des quelques repousses d'herbes comme fourrage d'appoint. Un choix devra donc être fait au niveau de l'exploitation. Le problème de la dégradation du labour par le passage d'animaux divagants n'est pas non plus complètement résolu.

Les propriétés auto-mulchantes naturelles du sol d'ior sableux se confirment. Le facteur essentiel du maintien de l'humidité du sol pendant les premiers mois de saison sèche, en dessous d'une couche sèche de 5 à 8 cm en surface, est l'enlèvement de toute couche évaporante (chaumes, repousses d'herbes). L'effet supplémentaire obtenu en couchant sur le sol des pailles de mil (4 à 5 t/ha), est assez réduit. Le désherbage chimique, sans aucun travail du sol, semble aussi efficace que le désherbage par un travail du sol sur 2 à 4 cm.

La résistance mécanique du sol à la pénétration et la force nécessaire pour tirer la charrue ne deviennent élevées qu'à partir d'un seuil d'humidité assez bas, de l'ordre de 1,5 % d'humidité volumique dans l'expérimentation. Il n'est donc pas nécessaire de maintenir une forte humidité dans les horizons de surface pour réaliser des labours avec des efforts de traction comparables avec les possibilités d'une paire de boeufs. En extrapolant à partir des mesures disponibles, on peut estimer que l'effet des traitements aurait pu se prolonger jusqu'au début du mois d'Avril dans les conditions de l'année.

Il est toutefois encore prématuré de tirer des conclusions définitives sur l'intérêt agronomique de l'utilisation de techniques d'économie de l'eau pour prolonger pendant la saison sèche la période des labours de fin de cycle. Des résultats complémentaires, obtenus dans d'autres conditions expérimentales, seront nécessaires pour porter un jugement plus global.

Pendant la **prochaine** saison des pluies, l'ensemble du dispositif expérimental sera cultivé en arachide. ce, qui permettra d'étudier les effets des différents labours sur cette culture. Après la récolte, on étudiera de nouveau le rôle du désherbage post-récolte sur le maintien de l'humidité du sol et sur les difficultés de réalisation du labour en saison sèche. De plus, le dispositif permettra de comparer l'évolution de l'humidité et de la résistance à la pénétration du sol de deux traitements désherbés ou non, jusqu'à la saison des pluies suivante. En cas de confirmation, il est prévu de passer rapidement à des études en milieu rural.

x

x x

Les premiers résultats ne concernent que les sols de la zone centre nord du Sénégal. Plus au sud, on trouve des sols sablo-argileux dont la prise en masse à la dessiccation est nettement plus importante que celle des sols d'ici.

Dans cette zone se développent des cultures telles que le cotonnier et le maïs, très sensibles à l'état physique du profil cultural. Leur productivité est nettement améliorée par le labour, mais cette technique est actuellement irréalisable en saison sèche, sauf en grosse motorisation, à cause de la prise en masse du sol. Le problème de la réduction de la cohésion des sols de cette région y est donc encore plus aigu que dans la zone centre nord. Il est prévu de l'aborder en 1978, en y expérimentant des techniques comparables à celles déjà essayées à Bambey, ce qui permettra un début de généralisation des résultats.

A partir de l'ensemble de ces données, et de quelques travaux complémentaires, on devrait aboutir à une connaissance suffisante des relations : caractéristiques physiques du sol x efforts de traction, pour délimiter les zones où le labour en sec est possible, à un seuil d'énergie disponible donné. Ceci correspond à un souhait de certains responsables du développement agricole.

x

x x

L'utilisation de techniques d'économie de l'eau n'est pas la seule voie envisageable pour résoudre le problème de l'introduction du travail semi-profond du sol dans les systèmes agricoles. On en a déjà énuméré d'autres : l'augmentation de la puissance de traction (doublement de la paire de boeufs, motorisation) ; la réduction des efforts demandés (travail à la dent, réduction de la prise en masse à l'état sec), ou encore la création de variétés à très court cycle.

Or, ces moyens qui font l'objet de différents travaux de recherche ; loin d'être exclusifs les uns des autres, paraissent au contraire tout à fait complémentaires.

Ceci est particulièrement évident dans les régions où la cohésion du sol est très forte à l'état sec. Dans ces zones, pour travailler le sol dans de bonnes conditions en saison sèche, on pourra augmenter la puissance de traction, grâce à la motorisation ; mais il faudra aussi réduire les forces de résistance à l'avancement de l'instrument de travail du sol, pour des raisons économiques (consommation, usure). Ce sera le rôle des techniques de maintien de l'humidité près de la surface, si les premiers résultats se trouvent confirmés. Celles-ci pourront être complétées par la réduction de la prise en masse du sol sec, lorsque les méthodes seront au point, et par l'utilisation de matériels dont le rapport travail réalisé / puissance demandée est le meilleur. Il faut toutefois veiller à maintenir la qualité indispensable du travail, et conserver la possibilité de procéder à des enfouissements de matières organiques.

X

x

X

Dans la zone centre nord la combinaison de l'utilisation de cultures à très court cycle, du désherbage post-récolte et du labour avec deux paires de boeufs devrait créer des conditions favorables à la réalisation d'un travail du sol de qualité jusqu'au milieu de la saison sèche, ce qui laisserait le temps à l'agriculteur de terminer tous ses travaux de récolte, d'évacuation des produits et d'épandage de matière organique avant le labour. Il serait même possible et souhaitable d'ajouter, par le labour, la fumure phospho-potassique.

Il faudra, bien sûr, étudier dans quelle mesure ces solutions techniques peuvent former des ensembles cohérents susceptibles d'être facilement intégrés dans les différents systèmes agricoles, et acceptés par les agriculteurs.

A N N E X E S

Tableau annexe n° 1 : Caractéristiques principales du sol de l'essai

Profondeur (cm)	pH eau	PF 4,2	Granulométrie en %					Carb. %.	Sommes des bases échang. en méq/100g.	Capacité d'échang méq/100g
			< 2 $\mu$	2-20 $\mu$	20- 50 $\mu$	50- 200 $\mu$	200- 2000 $\mu$			
1 0 - 10	6,1	2,0	3,2	1,6	4,4	67,2	23,3	3,34	1,41	1,75
1 10 - 20	5,6	1,6	3,0	1,5	4,3	67,4	23,6	2,41	0,93	1,52
1 20 - 40	5,5	1,5	4,2	2,0	4,1	65,8	23,9	1,70	0,80	1,72
2 0 - 10	6,0	1,8	3,2	1,7	4,3	66,0	24,4	2,88	1,38	1,71
2 10 - 20	5,6	1,5	3,3	1,6	3,9	67,6	23,4	2,07	0,88	1,51
2 20 - 40	5,4	1,5	3,7	1,8	4,3	67,1	23,2	1,72	0,78	1,66
3 0 - 10	6,2	2,1	3,4	1,8	4,1	65,9	24,5	3,24	1,39	1,77
3 10 - 20	5,6	1,4	3,2	1,6	3,7	66,6	24,7	2,26	0,85	1,48
3 20 - 40	5,4	1,5	3,9	2,0	3,8	65,4	24,8	1,60	0,71	1,70
4 0 - 10	6,1	2,0	3,2	1,6	4,0	66,3	24,6	3,22	1,39	1,75
4 10 - 20	5,7	1,5	3,3	1,7	3,8	66,3	24,8	1,99	0,93	1,58
4 20 - 40	5,5	1,6	3,8	2,0	3,8	65,4	25,0	1,75	0,87	1,79
5 0 - 10	6,1	2,0	3,1	1,6	4,1	65,7	25,2	3,24	1,51	1,93
5 10 - 20	5,5	1,5	3,2	1,5	4,2	66,5	24,2	2,31	1,01	1,80
5 20 - 40	5,5	1,6	4,3	2,2	4,1	65,4	24,0	1,76	0,88	1,97
6 0 - 10	6,1	2,1	3,5	1,8	4,6	66,5	23,3	3,49	1,50	1,97
6 10 - 20	5,6	1,5	3,4	1,7	4,2	66,2	24,3	2,29	0,89	1,69
6 20 - 40	5,5	1,5	4,1	2,0	4,2	65,8	23,8	1,72	0,88	1,90
7 0 - 10	6,1	2,0	3,3	1,7	4,0	66,7	24,2	3,32	1,41	1,76
7 10 - 20	5,7	1,6	3,0	1,5	3,9	67,9	23,5	2,36	0,97	1,56
7 20 - 40	5,4	1,6	4,1	2,0	3,9	66,4	23,5	1,59	0,76	1,77
8 0 - 10	6,0	2,1	3,5	1,7	4,4	65,5	24,7	3,12	1,46	1,96
8 10 - 20	5,5	1,5	3,7	1,9	4,5	66,1	23,6	2,23	0,93	1,85
8 20 - 40	5,4	1,7	4,6	2,3	4,2	65,3	23,6	1,74	0,93	2,10
0 - 20 Parcelles ext. A	6,0		4,2					-		
0 - 20 Parcelles ext. B	-		4,8					2,03		

Tableau annexe n° 2 : Test d'homogénéité de l'essai avant la mise en place des traitements.

Rendements du mil (grains et, pailles) en kg/ha

	1	2	3	4	5	6	7	8
Rendement grains	1553	1474	1618	1610	1700	1366	1470	1631
Rendement pailles	4840	4650	5180	5020	5530	4886	5120	4670

Tableau annexe n° 3 : Principales caractéristiques climatiques pendant la période de l'étude (Octobre 1977 - Mars 1978)

Mois	Décade	Pluviométrie (mm)	Evaporation Bac (mm/j)	Température moyenne journalière (en C°)	Humidité relative moyenne en %	Insolation (en heures par jour)
Octobre	1	38,7	6,5	29,4	70	7,7
	2		7,5	29,3	70	8,8
	3		8,4	28,9	54	9,3
Novembre	1	-	8,2	27,6	41	9,8
	2	-	9,0	26,5	40	10,4
	3	-	8,4	27,0	40	7,7
Décembre	1	-	9,1	27,4	31	7,3
	2	-	7,7	26,0	39	5,3
	3	-	7,7	25,2	41	7,7
Janvier	1	-	8,3	25,9	47	8,6
	2	-	7,7	24,8	46	6,8
	3	-	11,6	26,2	16	9,2
Février	1	-	7,8	25,3	47	8,9
	2	-	9,4	25,7	48	10,6
	3	-	9,8	27,3	51	10,4

Tableau annexe n° 4 : Evolution de l'humidité volumique entre 5 et 20 cm  
(en %)

Traitements Dates	1	2	3	4	5	6	7	8
5.10.77	6,6	6,4	5,9	6,0	5,5	5,4	5,8	6,7
12.10.77	4,8	4,7	4,1	4,5	4,3	4,4	4,4	4,8
18.10.77	8,1	8,6	7,0	7,7	9,7	8,7	9,4	8,4
4.11.77	2,2	4,7	4,1	6,4	6,3	5,0	6,5	5,8
30.11.77	2,2	2,6	3,7	4,8	4,5	1,9	4,7	4,8
30.12.77	1,0				3,1	1,2		3,7
15.1.78	1,2				2,8	1,1		3,6
1.3.78	0,6							

Tableau annexe n° 5 : Evolution de la résistance à la pénétration entre 5 et 20 cm (en kg)

Dates	1	2	3	4	5	6	7	8	Parcelle extér. A	Parcelle extér. B
5 Octobre	67		55							52,5
8 Novembre	133		116	68,5	51,5	130	77,5	65		
30 Novembre	209 <sup>a</sup>	211 <sup>a</sup>		82 <sup>b</sup>	73 <sup>b</sup>	195 <sup>a</sup>	91 <sup>b</sup>	75 <sup>b</sup>	330	
29 Décembre	302				106	289		105		
15 Janvier	317 <sup>c</sup>				136 <sup>d</sup>	321 <sup>c</sup>		112 <sup>d</sup>	330	
15 Mars	442								389	

Les mesures du 30.11 et du 15 Janvier ont fait l'objet d'une interprétation statistique (test de **Keuls**) . Les résultats suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de **0,01**.

Tableau annexe n° 6 : Forces de résistance à la pénétration entre 10 et 20 cm le 15.1.78

	1	6	5	8	Parcelles extérieures A
15.1.78	377	383	123	108	396

Tableau annexe n° 7 : Efforts de traction et section de sol travaillé

		2	3	4	5	6	7	8	Parcelles extérieures B
Effort de traction moyen (kg)	B I	174	126	138	150	199	138	120	114
	B II	195	110	152	136	190	130	140	117
	B III	193	<b>122</b>	134	138	195	134	134	
	B IV	160	128	140	143	209	110	141	
	Moyenne	<b>180,5</b>	<b>121,5</b>	141	142	198	128	134	<b>115,5</b>
Effort de traction maximum (kg)	Moyenne	259	182	<b>189</b>	204	256	<b>185,5</b>	187	165
Profondeur moyenne (cm)	B I	<b>19,1</b>	17,9	19,9	19,5	18	19,8	20,7	20,0
	B II	16,9	18,0	20,4	21,5	18	20,4	21,7	20,4
	B III	17,8	17,4	20,8	20,5	17,3	18,9	20,8	
	B IV	16,7	17,2	16,1	19,6	16,2	18,4	20,1	
	Moyenne	<b>17,6</b>	<b>17,6</b>	<b>19,3</b>	<b>20,3</b>	<b>17,4</b>	<b>19,4</b>	<b>20,8</b>	<b>20,2</b>
Largeur de travail (cm)	Moyenne	25	25	25	25	25	25	25	25
Effort de traction spécifique (kg/dm <sup>2</sup> )	B I	<b>36,4</b>	<b>28,1</b>	<b>27,7</b>	<b>30,8</b>	<b>44,2</b>	<b>27,9</b>	<b>23,2</b>	<b>22,8</b>
	B II	<b>46,4</b>	<b>24,5</b>	29,8	25,3	<b>42,2</b>	<b>25,5</b>	<b>25,8</b>	<b>22,9</b>
	B III	<b>43,3</b>	<b>28,2</b>	<b>25,8</b>	<b>26,9</b>	<b>45,1</b>	<b>28,3</b>	<b>25,8</b>	
	B IV	<b>38,3</b>	<b>29,7</b>	<b>34,7</b>	<b>29,2</b>	<b>51,6</b>	<b>23,9</b>	<b>28,1</b>	
	Moyenne	41,0	<b>27,6</b>	<b>29,5</b>	<b>28,1</b>	<b>45,8</b>	<b>26,4</b>	<b>25,7</b>	<b>22,9</b>

Tableau annexe n° 8 : Evolution des stocks entre 0 et 200 cm entre la  
récolte et le 8.3.78 (en mm)

	1	2	3	4	5	6	7	8
4-10	144	141	133	127	118	144	142	136
12-10	135	133	122	112	117	126	142	121
18-10	150	150	143	128	141	149	174	141
3-11	127	128	145	128	110	141	153	140
28-11	116	106	111	124	109	119	142	135
13-1	74	104	121	110	96	66	98	123
8-3	65	101	110	102	82	59	115	115

. . . . .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **CHARREAU C., NICOU R., 1971** - L'amélioration du profil **cultural** dans les sols sableux et **sablo-argileux** de la zone tropicale **sèche** Ouest Africaine et ses incidences agronomiques  
Agronomie Tropicale n° 2 - 5 - 9 - 11
  
- **CNOPART J-L., - 1975.** - Influence du labour et de la localisation de l'engrais en profondeur, sur l'adaptation à la **sécheresse** de différentes cultures **pluviales** au **Sénégal**.  
**Doc. mult. ISRA CNRA BAMBEY 132 p.**
  
- **CHOPART J-L., NICOU R., 1976.** . Influence du labour sur le développement rndiculaire de **différentes** plantes **cultivées** au **Sénégal** - Conséquences sur leur **alimentation** hydrique.  
Agronomie **Tropicale** XX/X Nov. page 7 - 28.
  
- **DANCETTE C., 1973.** - Les **besoins** en eau des plantes de grande culture au **Sénégal**.  
**Doc. mult. IRAT Sénégal CNRA BAMBEY**
  
- **DANCETTE C., NICOU R., 1974.** - **Economie** de l'eau dans les sols sableux du Sénégal.  
**Doc. mult. IRAT Sénégal (doc de travail)**
  
- **DANCETTE C., 1975.** - Carte d'adaptation à la saison des pluies des mils à cycle court dans la **moitié** Nord du Sénégal.
  
- **DANCETTE C., 1977.** - Agroclimatologie **appliquée** à l'**économie** de l'eau en zone **soudano-sahélienne**  
**Doc. mult. ISRA CNRA BAMBEY 41 pages.**

- GUIRAUD E., 1978. - Compte rendu de mission au Sénégal  
Doc. mult. CE: Cadarache
  
- GROOS A., 1977. - Rapport de mission "essais de microtracteurs et politique de petite motorisation au Sénégal".  
Doc. mult. CEEMAT 46 pages
  
- HENIN S., GRAS R., MONNIER G., 1969. - Le profil cultural - l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques.  
Masson et Cie, édit. Paris, 332 pages.
  
- LAL R., 1975. - Role of Mulching Techniques in Tropical Soil and Water management.  
Technical bulletin n° 3. IITA IBADAN Nigéria 37 pages.
  
- MANIERE G., 1976. - Cours de mécanique du sol ENSA Montpellier. DEA-DAA Agronomie - pédologie.
  
- MAERTENS C., 1964. - La résistance mécanique à la pénétration, ses facteurs et son influence sur l'enracinement.  
Ann. Agron. 15 (5) pp. 539-554
  
- NICOU R., 1975. - Le problème de la prise en masse à la dessiccation des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche.  
Agronomie Tropicale XXX 4, pp. 325-343
  
- NICOU R., 1977. - Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal Motivations contraintes.  
Doc. mult. ISRA CNRA DAMBEY 50 pages.
  
- NICOU R., 1977. - La prise en masse des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest Africaine  
Doc. Mult. ISRA/GERDAT Montpellier 11 pages