

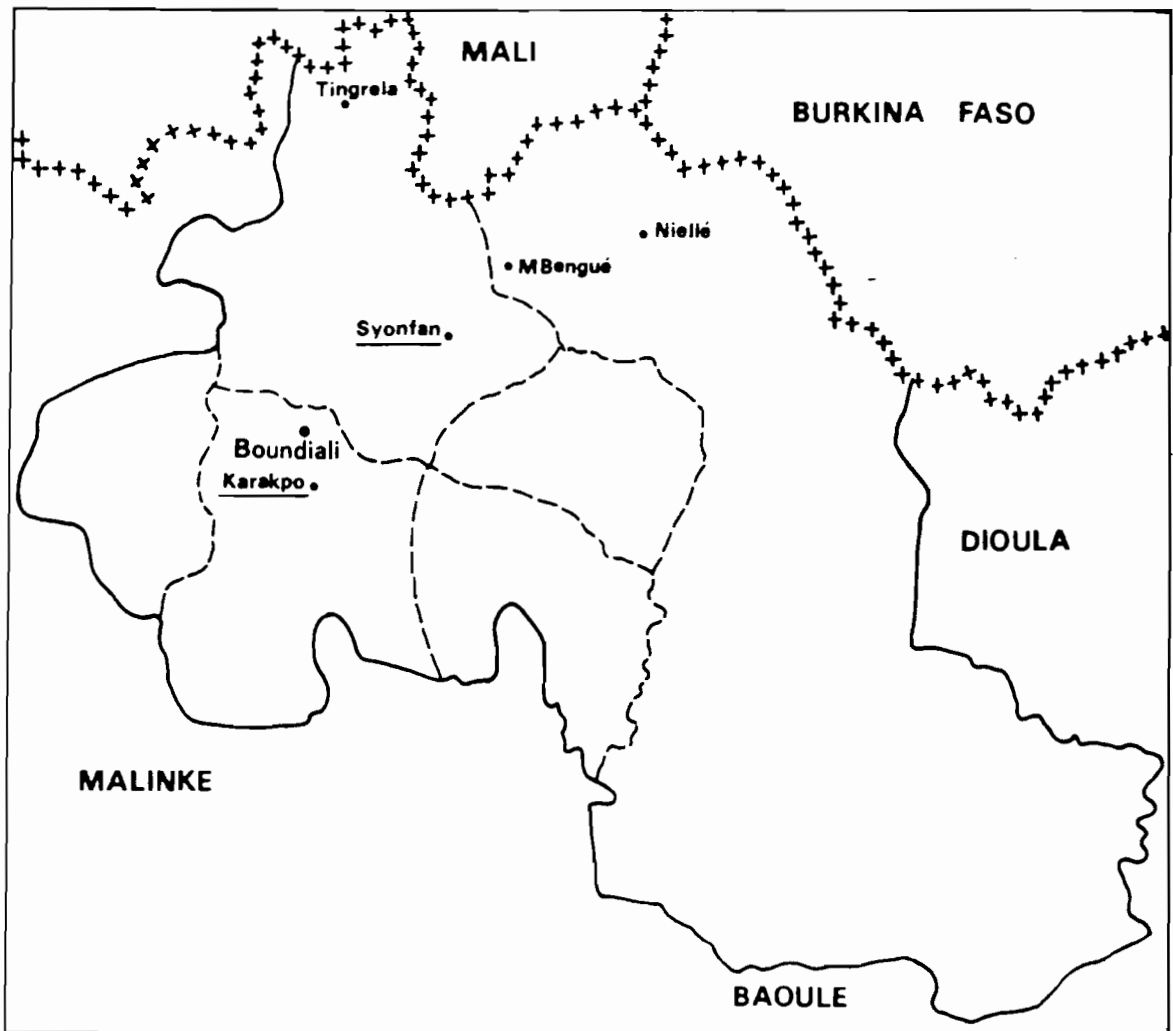
**INFLUENCE DU LABOUR  
SUR LA RESISTANCE A LA PENETRATION  
ET LA CONCENTRATION DES ELEMENTS  
GROSSIERS EN SURFACE  
AU NORD DE LA COTE D'IVOIRE**

**Par**

**YORO Oballou  
Maitre de Recherche  
I.I.R.S.D.A  
BP V51 Abidjan**

*Smiller 1990*

FIG.1 : CARTE DE SITUATION



ECHELLE : 1/2000000

- ++++ Frontière Mali - Burkina Faso
- Limite du pays Sénoufo en Côte d'Ivoire
- Découpage régional du pays Sénoufo

INFLUENCE DU LABOUR SUR LA RESISTANCE A LA PENETRATION  
ET LA CONCENTRATION DES ELEMENTS GROSSIERS EN SURFACE  
AU NORD DE LA COTE D'IVOIRE

## INTRODUCTION

Les sols du département de *Boundiali*, nord de la Côte d'Ivoire (fig.1), sont très gravillonnaires (BEAUDOU et SAYOL, 1980; YORO, 1989). Ces types de sol sont d'ailleurs très représentatifs de l'ensemble du nord de la Côte d'Ivoire (ESCHENBRENNER et BADARELLO, 1978; POSS, 1982; YORO, 1982; LEVEQUE, 1983; CAMARA, 1983). Les paysans Sénoufo du département les mettent en valeur en confectionnant des billons soit à la houe en culture traditionnelle, soit à la traction animale en culture attelée, soit au tracteur en culture motorisée.

Ces pratiques culturelles, connues à travers le monde, exercent une influence sur l'évolution des caractères des sols (BLIC, 1976; MOREAU, 1983; ROOSE, 1983; AZONTONDE, 1989; YORO, 1989). Leurs effets étudiés sur des parcelles d'expérimentation concernent généralement les caractéristiques physiques (Is, granulométrie, densité apparente ou porosité...), chimiques (pH, capacité d'échange, bases échangeables,  $Al^{+++}$  échangeable...) et biologiques (matière organique, activité phosphatasique...).

Pour des sols très gravillonnaires dont la mise en valeur fait apparaître un lit de gravillons en surface, il nous a semblé important, dans cette étude qui fait suite à "*la caractérisation morphologique des sols de deux terroirs villageois: Syonfan et Karakpo*" (YORO, 1989), d'évaluer la concentration des éléments grossiers dans les 10cm supérieurs en fonction du mode de labour pratiqué dans le département. En effet, au-delà de 50% de leur poids les éléments grossiers jouent de façon négative sur la réserve en eau du sol (BOA, 1989).

L'étude a été réalisée en milieu paysan et s'est intéressée aussi à la résistance à la pénétration pour apprécier la profondeur de sol travaillé.

## I. LE TRAVAIL DU SOL AU NORD

Le travail du sol effectué par le paysan Sénoufo, comme d'ailleurs par la majorité de la population du nord, se fonde essentiellement sur la confection des billons pour la mise en place de toutes les cultures vivrières et annuelles, exception faite du riz semé à la volée et de l'igname plantée dans des buttes. Ces billons sont façonnés à la houe en culture traditionnelle, ou à la traction animale en culture attelée, ou au tracteur en culture motorisée (*le tracteur est ici le bouillet conçu pour les paysans*).

Les résultats recherchés à travers ces techniques de préparation répondent aux mêmes objectifs, à savoir: ameublir et aérer le sol pour permettre une bonne levée des semences, lutter contre les mauvaises herbes, favoriser l'infiltration des eaux de pluie et réduire ainsi l'érosion (ROOSE, 1981, 1983; YORO et FOFANA, 1988).



La culture attelée et la culture motorisée sont d'introduction récente et permettent surtout d'accroître la superficie exploitée.

## II. METHODOLOGIE

### 2.1. Choix des parcelles d'observation

L'étude a été réalisée en milieu paysan dans les villages de *Karakpo* et de *Syonfan* où LE ROY (1989) s'intéresse à l'évolution des systèmes agraires des deux communautés Sénoufo du département de *Boundiali*. Dans chacun de ces deux villages nous avons choisi trois champs cultivés respectivement à la houe, à la traction animale et au tracteur.

Compte tenu de l'hétérogénéité spatiale d'une part, et de la dispersion aléatoire des champs d'observation sur le terroir d'un village, d'autre part, un seul témoin n'aurait pas traduit de façon fidèle l'état initial de chacun des trois champs. Ainsi avons-nous couplé chaque champ d'un témoin implanté en milieu naturel. Un champ comprend trois parcelles de 100m<sup>2</sup> délimitées par des repères. Les trois parcelles permettent d'avoir, pour chaque mode de préparation, des répétitions car il nous a été impossible de trouver dans un champ de paysan les trois techniques de préparation du sol. Nous ne pouvons pas parler de bloc, car chaque champ a son passé et son itinéraire culturels traduits ici en durée de mise en valeur (Cf. tableau 1).

Il existe également trois parcelles témoin pour chaque mode de préparation. Nous avons ainsi dans chacun des deux villages 18 parcelles d'observation de 100m<sup>2</sup>.

Toutes les parcelles sont installées sur des sols gravillonnaires très représentatifs de la région (YORO, 1990).

### 2.2. Paramètres étudiés

#### 2.2.1. La résistance à la pénétration

La résistance à la pénétration a été déterminée exclusivement sur les billons grâce au pénétromètre à percussion qui convient surtout aux sols tropicaux (BILLOT, 1982; YORO, 1984). Nous avons volontairement omis d'effectuer les mesures dans les espaces compris entre les billons car ils présentent un microrelief hétérogène (CASENAVE et VALENTIN, 1989). Une précédente étude (YORO, 1984) a d'ailleurs montré l'existence d'un microhorizon entre les billons. Celui-ci est caractérisé par une épaisseur variable (2 à 6cm) et une faible résistance à la pénétration. Il repose sur un horizon compact.

Les mesures ont été réalisées au cours d'une année de campagne agricole, soit de mai 1989, immédiatement après les labours, à mars 1990 quelques mois après les récoltes. Dix répétitions ont été effectuées sur chaque parcelle, soit 30 par champ et par témoin.

D'habitude, la tige pénétrométrique exploite les 50cm supérieurs du sol (YORO, 1989 et 1990) mais dans le cadre de cette étude nous nous sommes limités aux 20 ou 30cm pour éviter la cuirasse en profondeur. La cuirasse est, en effet, très fréquente sur les plateaux et les bas de versant des paysages de la région (BEAUDOU et SAYOL, 1980; YORO, 1990).

La résistance à la pénétration se calcule à partir de la formule empirique dite "des Hollandais" (BILLOT, 1982)

$$R = P^2H/2(P+p)ES$$

où  $R$  : est la résistance à la pénétration en  $\text{kg}/\text{cm}^2$

$P$  : le poids du mouton (masse) en kg

$p$  : le poids de la tige et de l'enclume en kg

$S$  : la section de la pointe conique en  $\text{cm}^2$

$H$  : la hauteur de chute du mouton en cm

$E$  : l'enfoncement par chute du mouton en cm

### 2.2.2. La concentration des éléments grossiers

Pour l'évaluation des taux pondéraux des éléments grossiers nous avons procédé de la manière suivante:

- dix prélèvements composites à l'aide d'un tube cylindrique de 5cm de diamètre sur chaque parcelle (champ et témoin),
- les prélèvements concernent les 10cm supérieurs car l'essentiel de la concentration se manifeste en surface,
- dans les parcelles cultivées, les échantillons ont été pris uniquement sur les billons pour être en conformité avec les résultats pénétrométriques.

Les premiers prélèvements ont eu lieu en mai 1989 et les seconds en mars 1990.

Les échantillons récoltés sont séchés à l'air, ensuite débarrassés des débris végétaux, pesés, tamisés à 2mm pour séparer les éléments grossiers ( $\varnothing > 2\text{mm}$ ) et la terre fine; les éléments grossiers recueillis sont lavés puis suffisamment séchés à l'air avant d'être pesés.

La concentration est déterminée selon la formule

$$C = (p/P) \times 100 \quad \text{où}$$

$C$ : est la concentration ou le taux pondéral

$p$ : le poids des éléments grossiers lavés et séchés à l'air

$P$ : le poids de l'échantillon composite prélevé sur chaque parcelle

#### Remarque

Que ce soit pour la pénétrométrie ou pour la concentration des éléments grossiers les précautions suivantes sont nécessaires, voire indispensables, pour l'obtention des résultats fiables:

- effectuer les mesures et les prélèvements dans un laps de temps très court non interrompu par la pluie. Recommencer si l'on a manqué cette chance car les deux paramètres sont très influencés par les eaux de pluie,

- laver rapidement les éléments grossiers pour éviter de trop les tremper dans l'eau car les gravillons ferrugineux s'en imbibent assez facilement (BOA, 1983), au besoin après séchage, entreprendre des pesées successives jusqu'à l'obtention d'un poids de refus stable.

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Résistance à la pénétration

Les résultats pénétrométriques sont groupés par mode de préparation de sol et présentés sur les figures 1 à 6. Compte tenu de l'influence de l'humidité du sol sur la résistance à la pénétration (MAERTENS, 1964; VALENTIN, 1981) l'examen de ces figures sera fait par période de mesure. Nous aurons ainsi  $R_0$  et  $R_1$  en mai 1989,  $R'_0$  et  $R_2$  en mars 1990.  $R_1$  est la résistance mesurée immédiatement sur les billons après le labour;  $R_2$  la résistance mesurée sur les billons après la récolte;  $R_0$  et  $R'_0$  les résistances sur les parcelles témoin.

A Karakpo,  $R_1$  est inférieure à  $1\text{kg/cm}^2$  dans les 10-13cm supérieurs travaillés à la houe (fig.1) et à la traction animale (fig.2). Dans les sols labourés au tracteur elle reste en-dessous de cette valeur jusqu'à 18cm de profondeur. En revanche, dans le même temps,  $R_0$  oscille entre 1 et  $2\text{kg/cm}^2$  dès les premiers 5cm des parcelles témoin.

Après la récolte la résistance ( $R_2$ ) devient supérieure à  $6\text{kg/cm}^2$  à 10cm de profondeur des billons confectionnés à la houe (Cf. fig.1) d'une part et à la traction animale d'autre part (Cf. fig.2). Elle est, en revanche, à cette même profondeur, inférieure à  $4\text{kg/cm}^2$  dans les sols labourés au tracteur. Sur les parcelles témoin la résistance ( $R'_0$ ) dépasse  $12\text{kg/cm}^2$  à 10cm de profondeur.

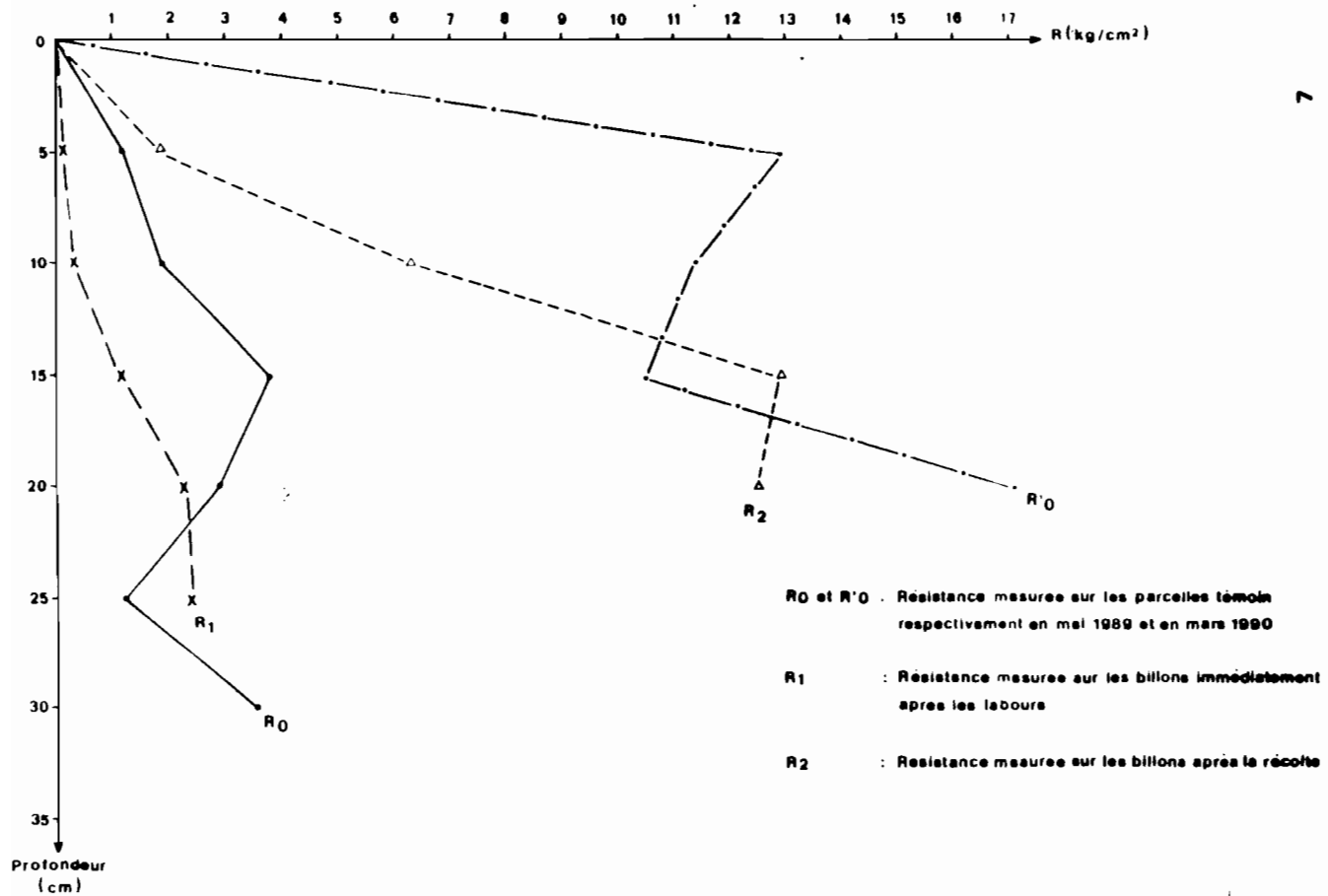
A Syonfan,  $R_1$  est également inférieure à  $1\text{kg/cm}^2$  dans les 10-12cm superficiels des billons façonnés soit à la houe (fig.4) soit à la traction animale (fig.5). Dans les sols travaillés au tracteur  $R_1$  dépasse  $1\text{kg/cm}^2$  à partir de 15cm de profondeur (fig.6). Sur les parcelles témoin correspondantes,  $R_0$  oscille, dès les premiers 5cm, entre 2 et  $3\text{kg/cm}^2$ .

$R_2$ , à 10cm de profondeur, est respectivement de  $3,4\text{kg/cm}^2$  en culture manuelle,  $9,5\text{kg/cm}^2$  en culture attelée et  $4,1\text{kg/cm}^2$  en culture motorisée. A cette même profondeur  $R'_0$  correspondante accuse des valeurs supérieures à  $14\text{kg/cm}^2$ .

Ces résultats indiquent que:

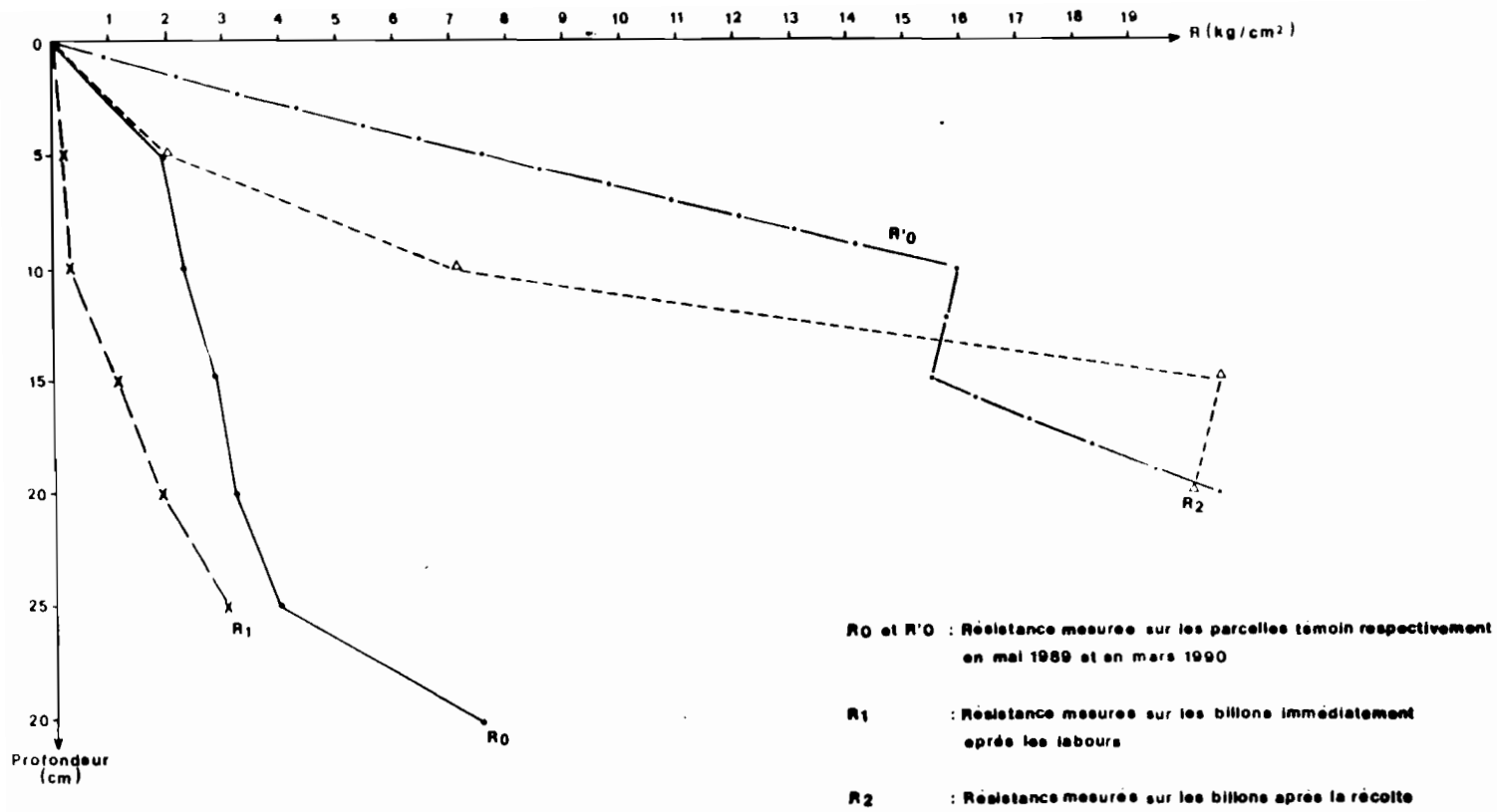
- le labour, qu'il soit façonné dans le cadre d'une culture manuelle, ou d'une culture attelée, ou d'une culture motorisée, diminue la résistance à la pénétration des horizons superficiels et provoque ainsi une discontinuité verticale entre la couche ameublie et l'horizon sous-jacent non affecté;

- l'épaisseur de la tranche de sol travaillée dépend plus ou moins de la technique de façonnement du labour: elle atteint les 15cm, voire plus, en culture motorisée (Cf. fig.3 et 6) alors qu'elle est de 10cm en culture manuelle (Cf. fig.1 et 4) et en culture attelée (Cf. fig.2 et 5); la différence entre ces deux dernières techniques de préparation ne réside donc pas dans la profondeur de sol travaillée mais plutôt, comme le souligne AZONTONDE (1989), dans la vitesse d'exécution du travail;

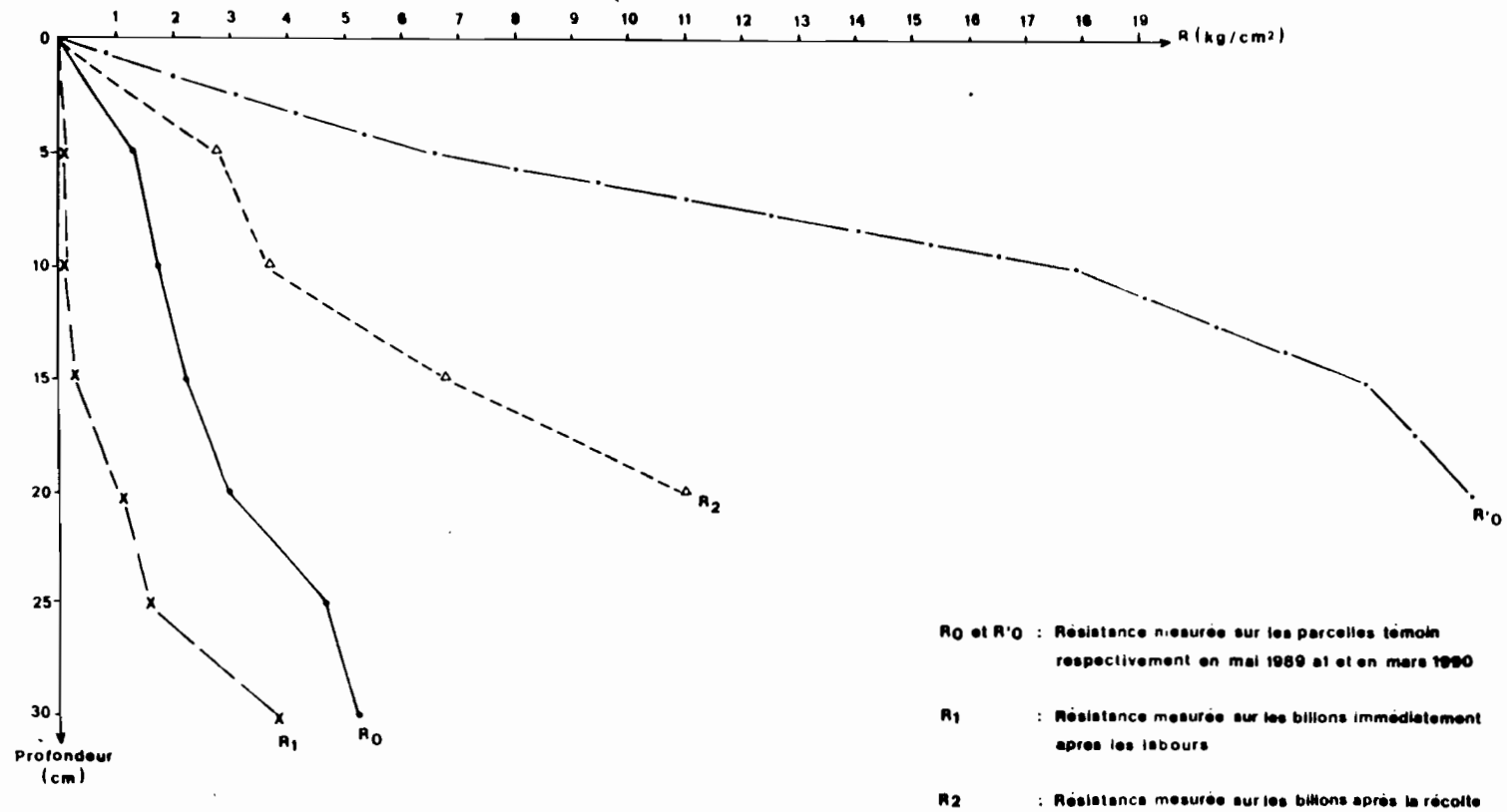


**FIG. 1 : RESISTANCE A LA PENETRATION DES HORIZONS SUPERIEURS (0-25CM)  
LABOURES A LA HOUE A KARAPKO**

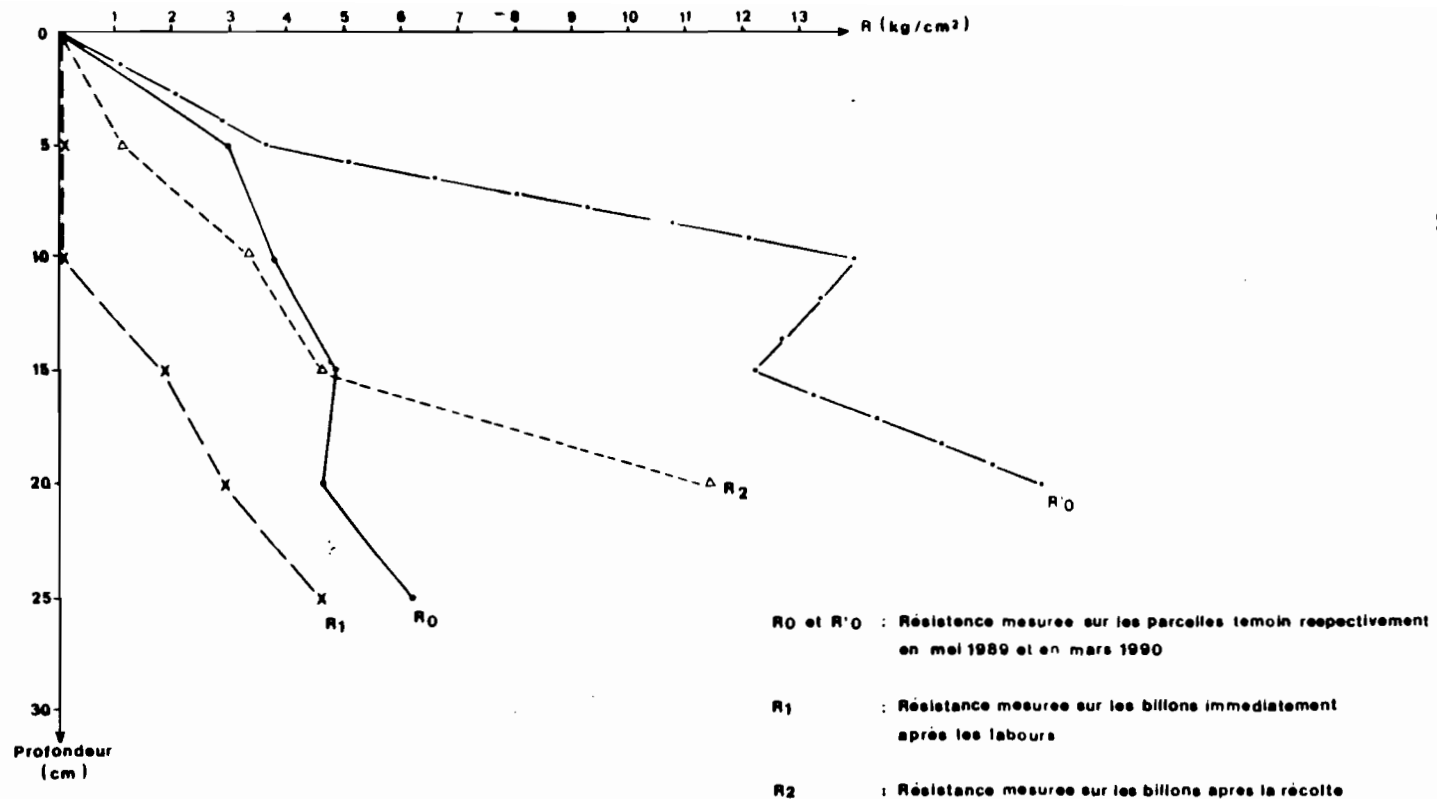




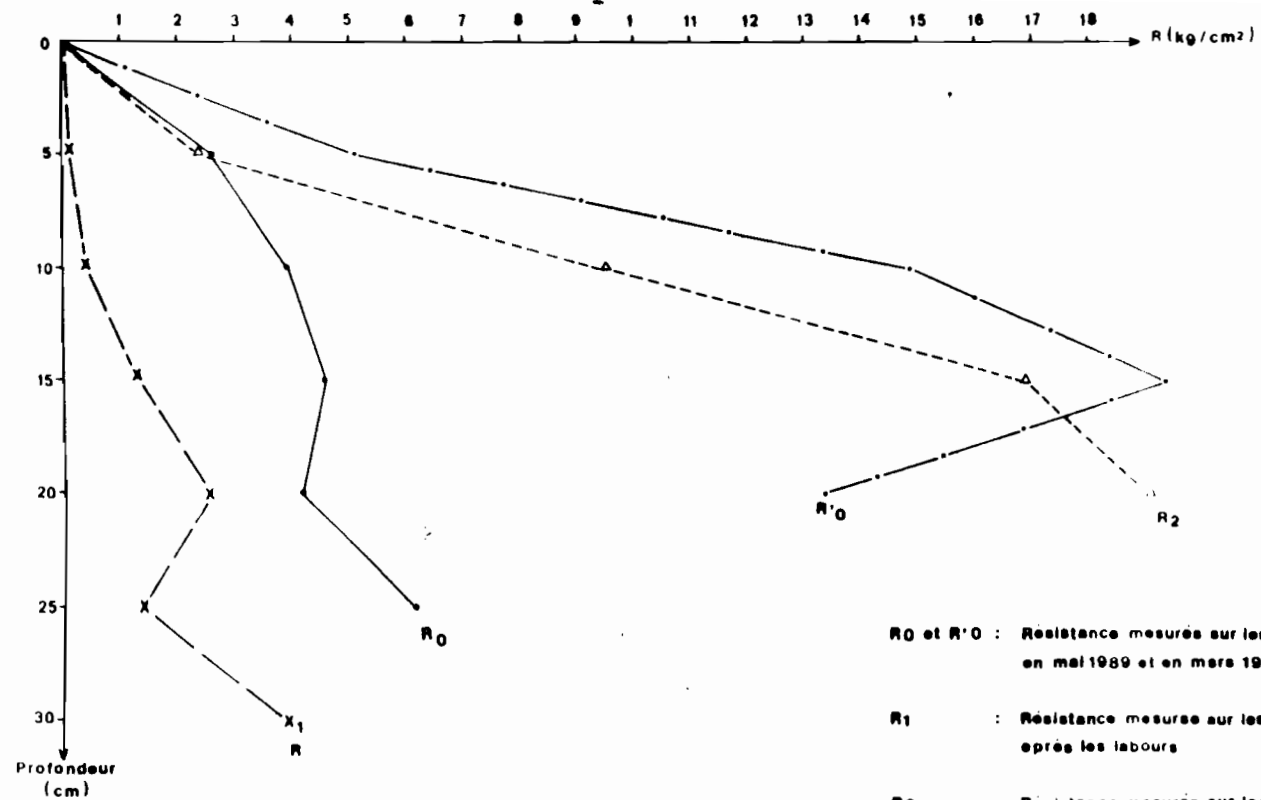
**FIG. 2 : RESISTANCE A LA PENETRATION DES HORIZONS SUPERIEURS (0-25CM)  
LABOURES A LA TRACTION ANIMALE A KARAKPO**



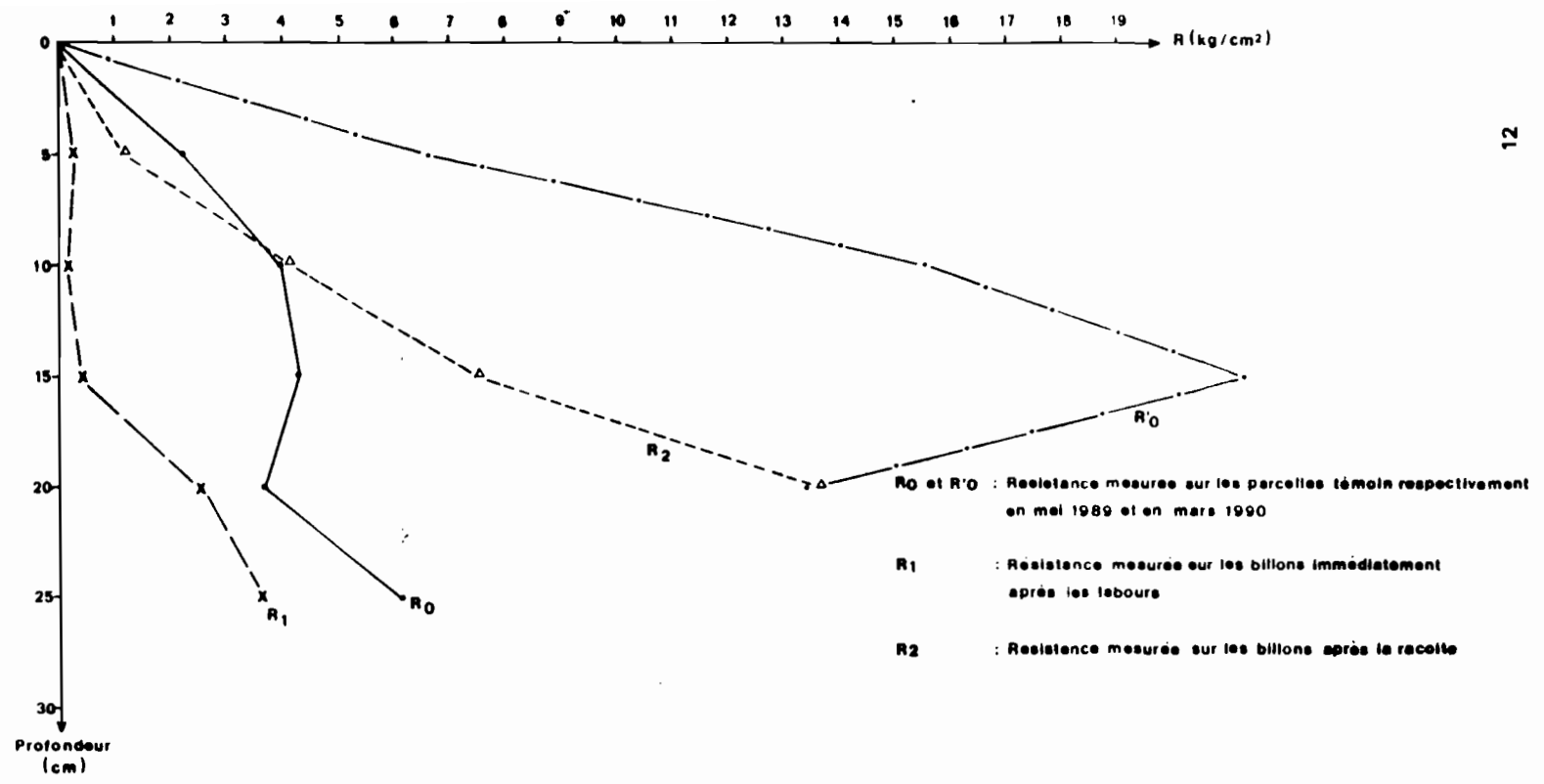
**FIG. 3 : RESISTANCE A LA PENETRATION DES HORIZONS SUPERIEURS (0-25CM)  
LABOURES AU TRACTEUR A KARAKPO**



**FIG. 4 : RESISTANCE A LA PENETRATION DES HORIZONS SUPERIEURS (0-25CM)  
LABOURE A LA HOUE A SYONFAN**



**FIG. 5 : RESISTANCE A LA PENETRATION DES HORIZONS SUPERIEURS (0-25 CM)  
LABOURES A LA TRACTION ANIMALE A SYONFAN**



**FIG. 6 : RESISTANCE A LA PENETRATION DES HORIZONS SUPERIEURS (0 - 25 CM)  
LABOURES AU TRACTEUR A SYONFAN**

Tableau 1: Taux pondéraux d'éléments grossiers dans les horizons superficiels des sols gravillonnaires soumis à trois modes de labour à Karakpo.

MODE DE LABOUR	DUREE DE MISE EN VALEUR	1989		1990	
		T0	T1	T2	T3
Manuel	1an	39,5	41,3	40,2	46,3
		37,0	38,1	38,0	43,8
		36,8	37,2	37,5	44,2
	$\mu$	37,8	38,9	38,6	44,8
Attelé	6ans	42,5	48,8	43,2	56,7
		45,6	52,0	45,8	59,3
		47,1	52,8	49,0	63,2
	$\mu$	45,0	51,2	46,0	59,7
Motorisé	14ans	49,3	59,8	50,8	71,3
		52,4	63,1	53,2	76,5
		51,8	61,0	52,6	72,3
	$\mu$	51,2	61,3	52,2	73,6

T0 et T2: taux pondéraux estimés sur les parcelles témoin respectivement en mai 1989 et en mars 1990.

T1: taux pondéraux déterminés immédiatement sur les billons après labour.

T3: taux pondéraux évalués sur les billons après la récolte.

$\mu$  = moyenne

Tableau 2: Taux pondéraux d'éléments grossiers dans les horizons superficiels des sols gravillonnaires soumis à trois modes de labour à Syonfan.

MODE DE LABOUR	DUREE DE MISE EN VALEUR	1989		1990	
		T0	T1	T2	T3
Manuel	2ans	38,7	43,8	39,3	50,5
		37,0	45,2	37,8	52,6
		36,3	42,6	37,0	48,9
	$\mu$	37,3	43,6	38,0	50,7
Attelé	10ans	49,1	57,3	48,8	65,6
		46,3	55,6	47,1	67,3
		51,1	60,3	49,7	68,8
	$\mu$	48,8	57,7	48,5	67,2
Motorisé	S	45,1	58,4	46,2	67,8
		47,0	61,2	48,3	71,0
		43,8	57,7	45,1	68,2
		$\mu$	45,3	59,1	46,5
	V	50,6	67,5	51,8	79,7
		48,8	65,5	49,3	78,0
		52,3	69,2	54,0	82,4
		$\mu$	50,6	67,4	51,7

S = Sommet  
V = Versant  
 $\mu$  = moyenne

Tableau 3: Analyse de la variance (Karakpo)

SOURCE DE VARIATION	SCE	DDL	CMN	CMD	F	ALPHA
Totale	3747,70000	35				
Facteur durée	2285,90167	2	1142,95083	4,54722	251,35	0,0000
Facteur traitement	1101,07333	3	367,02444	4,54722	80,71	0,0000
Int. traidure	251,59167	6	41,93194	4,54722	9,22	0,0000
Residuelle	109,13333	24	4,54722			

Tableau 4: Analyse de la variance (Syonfan)

SOURCE DE VARIATION	SCE	DDL	CMN	CMD	F	ALPHA
Totale	6550,96667	47				
Facteur durée	2486,50833	3	828,83611	3,27854	252,81	-0,0000
Facteur traitement	3649,98833	3	1216,66278	3,27854	371,10	0,0000
Int. traidure	309,55667	9	34,39519	3,27854	10,49	0,0000
Residuelle	104,91333	32	3,27854			



- l'effet bénéfique du labour sur la résistance à la pénétration diminue fortement ( $R_2 > R_1$ ) mais ne disparaît pas; il persiste essentiellement dans les 5cm supérieurs des sols soumis aux cultures traditionnelles et aux cultures attelées; en culture motorisée il continue de se manifester jusqu'à 10cm de profondeur; dans les sols labourés de Syonfan (Cf. fig.4 à 6) où  $R_2$  est inférieure à  $R_0$ , cet effet semble se conserver relativement mieux que dans les sols de Karakpo;

- l'humidité du sol exerce effectivement une influence sur la résistance à la pénétration; elle est, en effet, responsable de la différence observée entre  $R_0$  et  $R'_0$  à Syonfan et à Karakpo.

### 3.2. Concentration des éléments grossiers

Les taux pondéraux des éléments grossiers (E.G.) évalués dans les 10cm superficiels des sols gravillonnaires sont consignés dans les tableaux 1 et 2. Ils représentent chacun la moyenne de dix mesures. Nous précisons que:

- \*  $T_0$  et  $T_2$  sont les taux pondéraux des E.G. estimés sur les parcelles témoin respectivement en mai 1989 et en mars 1990;
- \*  $T_1$ : taux pondéraux déterminés immédiatement sur les billons après labour;
- \*  $T_3$ : taux pondéraux évalués sur les billons après la récolte.

Une analyse de la variance a permis de mieux apprécier leur évolution sous l'influence d'une technique de préparation de sol.

Dans cette étude il ne sera pas possible de comparer les taux des E.G. estimés dans les trois champs travaillés respectivement à la houe, à la traction animale et au tracteur. Ces champs diffèrent, en effet, aussi bien à Karakpo qu'à Syonfan, par leur passé cultural. Les résultats de l'analyse de la variance consignés dans les tableaux 3 et 4, confirment cette différence et précisent que les taux pondéraux déterminés à la même période dans les trois champs sont très distincts les uns des autres. Nous nous attacherons donc à comparer les taux d'E.G. d'un même champ c'est-à-dire  $T_0, T_1, T_2$  et  $T_3$  évalués à partir d'un seul mode de préparation de sol.

#### Karakpo

La matrice des écarts entre moyennes (tableau 5) obtenues à Karakpo sur les parcelles labourées à la houe et leur témoin, révèle:

- des différences hautement significatives entre  $T_3$  et  $T_0$ ;  $T_3$  et  $T_2$ ;  $T_3$  et  $T_1$
- et des différences non significatives entre  $T_1$  et  $T_0$ ;  $T_1$  et  $T_2$ ;  $T_2$  et  $T_0$ .

Ceci signifie qu'à Karakpo le labour à la houe a provoqué une augmentation des taux des E.G. (de  $T_0$  à  $T_3$ ) dans les 10cm supérieurs des sols.

Tableau 5: Matrice des écarts entre moyennes (chiffres supérieurs: écart;  
chiffre inférieur: valeur Q observé)  
Labour à la houe à Karakpo

	T0	T2	T1
T3	7,0000 7,3878	6,2000 6,5435	5,9000 6,2268
T1	1,1000 1,1609	0,3000 0,3166	
T2	0,8000 0,8443		

Q théorique à 5% : 4,26

Q théorique à 1% : 5,62

Tableau 6: Matrice des écarts entre moyennes (chiffres supérieurs: écart;  
chiffre inférieur: valeur Q observé)  
Labour à la traction animale à Karakpo

	T0	T2	T1
T3	14,6667 9,4141	13,7333 8,8150	8,5333 5,4773
T1	6,1333 3,9368	5,2000 3,3377	
T2	0,9333 0,5991		

Q théorique à 5% : 4,26

Q théorique à 1% : 5,62

Tableau 7: Matrice des écarts entre moyennes (chiffres supérieurs: écart;  
chiffre inférieur: valeur Q observé)  
Labour au tracteur à Karakpo

	T0	T2	T1
T3	22,2000 20,0806	21,1667 19,1460	12,0667 10,9147
T1	10,1333 9,1659	9,1000 8,2313	
T2	1,0333 0,9347		

Q théorique à 5% : 4,26

Q théorique à 1% : 5,62

Cette augmentation se produit même au cours d'une campagne agricole. Les taux passent en effet de  $T_1$  à  $T_3$  (38,9 à 44,8). Nous remarquons cependant qu'en début de mise en valeur les taux des E.G. sont statistiquement égaux sur les parcelles fraîchement labourées à la houe ( $T_1$ ) et sur les parcelles témoin ( $T_0$ ,  $T_2$ ) correspondantes.

Sur les parcelles labourées à la traction animale, la matrice des écarts entre moyennes (tableau 6) fait ressortir les mêmes différences observées entre les taux des E.G. évalués sur les parcelles labourées à la houe. Le labour à la traction animale a donc provoqué, lui aussi, une augmentation des taux des E.G. dans les horizons supérieurs (0-10cm) travaillés. Nous remarquerons ici que la différence entre  $T_1$  et  $T_0$  ou  $T_2$  est proche du seuil de la signification ( $Q$  théorique = 4,26). Cette tendance peut être due à la durée de mise en valeur consécutive qui est de 6 ans.

Sur les parcelles labourées au tracteur, la matrice des écarts entre moyennes (tableau 7) montre, en plus des différences hautement significatives observées précédemment, des écarts également hautement significatifs entre  $T_1$  et  $T_0$ ,  $T_1$  et  $T_2$ . Le labour au tracteur a donc provoqué, comme celui façonné à la houe ou à la traction animale, une concentration des E.G. dans les couches superficielles (0-10cm). Cette concentration s'est amplifiée progressivement au cours des 14 années de mise en valeur de telle sorte que le taux pondéral ( $T_1$ ) des E.G. contenus dans les billons frais est très nettement supérieur à celui des parcelles témoin ( $T_0$  ou  $T_2$ ). Le labour n'a donc pas permis de rééquilibrer les fractions terre fine-éléments grossiers (E.G.).

### Syonfan

L'examen des matrices des écarts entre moyennes (tableaux 8 à 10) met en évidence, comme à Karakpo, des différences hautement significatives entre  $T_3$  et  $T_1$ ,  $T_3$  et  $T_0$  ou  $T_2$  et ceci quelle que soit la technique de fabrication du labour. Des différences hautement significatives sont en outre observées entre  $T_1$  et  $T_0$ ,  $T_1$  et  $T_2$  déterminés sur les parcelles témoin et celles travaillées respectivement à la houe, à la traction animale et au tracteur.

Nous relevons donc, comme à Karakpo, que le labour sur un sol gravillonnaire, qu'il soit réalisé dans le cadre d'une culture manuelle, ou d'une culture attelée, ou d'une culture motorisée, favorise la concentration des E.G. dans les horizons superficiels (0-10cm). Cette concentration a tendance à se manifester beaucoup plus rapidement à Syonfan qu'à Karakpo. En effet, après 2 années consécutives de culture manuelle, la différence entre  $T_0$  et  $T_1$  apparaît hautement significative à Syonfan alors que celle-ci ne l'est pas après 6 années de culture attelée à Karakpo.

Le processus de concentration des E.G. en surface, sous l'effet des labours, semble ainsi, pour une même technique de préparation, être en relation avec le type de sol, le passé cultural ou la durée de mise en valeur, la topographie et la pluviométrie. A propos du dernier facteur nous rappelons qu'il tombe 1500mm de pluie à Syonfan contre 1400mm à Karakpo (YORO, 1989). En ce qui concerne la topographie, nous avons à titre indicatif, évalué à Syonfan, les taux des E.G. dans les parcelles labourées au tracteur en distinguant le sommet plan et le haut de versant qui lui est directement rattaché. L'analyse des résultats (tableau 11) montre que, pour une même technique de préparation du labour, sous un même microclimat et

**Tableau 8: Matrice des écarts entre moyennes (chiffres supérieurs: écart;  
chiffre inférieur: valeur Q observé)  
Labour à la houe à Syonfan**

	T0	T2	T1
T3	13,3333 16,3062	12,6333 15,4501	6,8000 8,3162
T1	6,5333 7,9900	5,8333 7,1340	
T2	0,7000 0,8561		

Q théorique à 5% : 4,26

Q théorique à 1% : 5,62

**Tableau 9: Matrice des écarts entre moyennes (chiffres supérieurs: écart;  
chiffre inférieur: valeur Q observé)  
Labour à la traction animale à Syonfan**

	T2	T0	T1
T3	18,7000 16,3055	18,4000 16,0439	9,5000 8,2835
T1	9,2000 8,0219	8,9000 7,7604	
T0	0,3000 0,2616		

Q théorique à 5% : 4,26

Q théorique à 1% : 5,62

**Tableau 10: Matrice des écarts entre moyennes (chiffres supérieurs: écart;  
chiffre inférieur: valeur Q observé)  
Labour au tracteur à Syonfan**

	T0	T2	T1
T3	23,7333 21,6916	22,4667 20,5628	9,9000 9,0610
T1	13,8000 12,6306	12,5667 11,5017	
T2	1,2333 1,1288		

Q théorique à 5% : 4,26

Q théorique à 1% : 5,62

Tableau 11: Matrice des écarts entre moyennes (chiffre supérieur: écart; chiffre inférieur: valeur Q observé)

Labour au tracteur au Sommet et sur le Versant à Syonfan.

	St0	St2	Vt0	Vt2	St1	Vt1	St3
Vt3	34,7333 31,7899	33,5000 30,6611	29,4667 26,9696	28,3333 25,9323	20,9333 19,1594	12,6333 11,5628	11,0333 10,0983
St3	23,7000 21,6916	22,4667 20,5628	18,4333 16,8712	17,3000 15,8340	9,9000 9,0610	1,6000 1,4644	
Vt1	22,1000 20,2272	20,8667 19,0984	16,8333 15,4068	15,7000 14,3695	8,3000 7,5966		
St1	13,8000 12,6306	12,5667 11,5017	8,5333 7,8102	7,4000 6,7729			
Vt2	6,4000 5,8576	5,1667 4,7288	1,1333 1,0373				
Vt0	5,2667 4,8204	4,0333 3,6915					
St2	1,2333 1,1288						

S : Sommet

V : Versant

pendant une même durée de mise en valeur, les taux des E.G. augmentent beaucoup plus rapidement dans les horizons superficiels des sols de versant que dans ceux des sols situés au sommet.

### 3.3. Incidences des labours dans les sols gravillonnaires

Nous venons de montrer dans les chapitres précédents que le labour, qu'il soit réalisé à la houe, à la traction animale ou au tracteur, diminue la résistance à la pénétration mais favorise la concentration des E.G. dans les 10cm supérieurs des sols gravillonnaires.

Nous remarquons donc que le labour provoque deux types d'effet: l'un positif et l'autre négatif. La diminution de la résistance à la pénétration constitue, assurément, une amélioration de la fertilité des sols et vient en complément des autres aspects positifs tels que: ameublir et aérer le sol, lutter contre les mauvaises herbes, favoriser l'infiltration des eaux de pluie et réduire ainsi l'érosion (ROOSE 1981, 1983; YORO et FOFANA, 1989). En revanche, la concentration des E.G. dans les 10cm supérieurs et particulièrement en surface se révèle comme une contrainte de mise en valeur. En effet, au-delà de 50% de leur taux pondéral, les E.G. réduisent la réserve en eau du sol (BOA, 1989). En outre en surface "ils présentent une infiltrabilité nulle" (POHE, 1981). Ainsi les E.G., même s'ils réduisent la détachabilité (VALANTIN, 1981) et jouent quelquefois le rôle d'un mulch (POHE, 1981) constituent avec la discontinuité verticale, les aspects négatifs du labour. Les horizons sous-jacents non travaillés se comportent, en réalité, comme des obstacles et limitent la pénétration des racines (MEREDITH et PATRICK, 1961; BARLEY et GREACEN, 1967; BLIC, 1976).

La concentration des E.G. dans les horizons superficiels (0-10cm) des sols gravillonnaires doit être en relation avec la quantité des eaux de pluie, agent principal de l'érosion. C'est celle-ci qui expliquerait la différence hautement significative entre  $T_1$  et  $T_0$  déterminés sur les parcelles de Syonfan où il tombe plus de 100mm de pluie qu'à Karakpo. La durée de mise en valeur et la position topographique semblent également avoir une influence sur l'accroissement du taux des E.G. en surface. La terre fine, régulièrement exportée chaque année après labour ( $T_3 > T_0$ ) finit par être insuffisante dans la couche 0-10cm de telle sorte qu'une remontée par labour ne permet plus de rétablir l'équilibre entre elle et les E.G. ( $T_1 > T_0$ ). L'influence de la topographie intervient par le ruissellement et/ou l'infiltration. Sur le sommet plan, l'infiltration l'emporte sur le ruissellement. la perte en terre fine ( $\phi < 2\text{mm}$ ) y est donc moins que sur le versant où le ruissellement est particulièrement dominant ( $VT_3 > ST_3$ ).

Les résultats de l'étude mettent aussi en évidence que dans la région nord de la Côte d'Ivoire, l'épaisseur de sol travaillée à la houe en culture manuelle et à la traction animale en culture attelée est la même et oscille autour de 10cm. la différence entre ces deux techniques culturales résiderait donc essentiellement dans le délai d'exécution des travaux de préparation de sol. la culture attelée permet d'alléger les travaux et d'accroître la superficie exploitée (WURTZ, 1979; LE ROY, 1980; AZONTONDE, 1989). En culture motorisée, la profondeur de sol affectée par le labour atteint 15 à 20cm, voire plus. L'incidence de ces épaisseurs de sol, estimées grâce au pénétromètre à percussion (BILLOT, 1982), n'a pas été identifiée à cause de l'approche réalisée en milieu paysan où il nous a été impossible de trouver sur un même site ou dans un même champ les trois techniques de préparation de sol. Elle sera précisée dans une étude en cours en zone forestière.

## CONCLUSION

A partir de deux méthodes simples nous avons tenté d'identifier, en milieu paysan, les effets du labour sur le sol gravillonnaire. La pénétrométrie à percussion a permis de mettre en évidence que:

- le labour diminue fortement la résistance à la pénétration mais engendre une discontinuité verticale; cet effet décroît mais ne disparaît pas jusqu'à la récolte;

- en culture manuelle et en culture attelée, l'épaisseur de sol travaillée est la même et oscille autour de 10cm alors qu'elle est d'environ 15cm en culture motorisée.

L'étude de la concentration des E.G. révèle que, sous l'effet du labour réalisé soit à la houe, soit à la traction animale, soit au tracteur, le taux pondéral augmente dans les horizons superficiels (0-10cm). Cet accroissement des E.G. semble être en relation avec la pluviométrie, la position topographique, la durée de mise en valeur et le type de sol gravillonnaire. Le processus de la concentration des E.G., fondé essentiellement sur le ruissellement, fait de la méthode de détermination des taux pondéraux, une approche simple pour apprécier, de façon qualitative, l'érosion des sols gravillonnaires sous culture.

Les résultats obtenus sur une campagne agricole nous ont amenés à noter que le taux des E.G. n'augmente pas à la surface des sols gravillonnaires sous végétation naturelle. La concentration des E.G. en surface, comme toute dégradation des sols, existe cependant en milieu naturel des régions de savane. Elle donne des surfaces gravillonnaires décrites par VALENTIN, FRITSCH et PLANCHON (1986).

## BIBLIOGRAPHIE

- AZONTONDE H.A. (1989).- Effets de la culture attelée sur l'érosion et la conservation des sols au nord Bénin.  
*in: SOLTROP 1989. Actes du premier Séminaire Franco-Africain de Pédologie Tropicale, Lomé, 6-12 février 1989.*  
ORSTOM, coll. Colloques et Séminaires, pp: 457-472.
- BARLEY K.P., GREACEN E.L. (1967).- Mechanical resistance as a soil factor influencing the growth of roots and underground shoots. *Adv. in agron.* 19, 1-43.
- BEAUDOU A.G., SAYOL R. (1980).- Etude pédologique de la région de Boundiali-Korhogo (Côte d'Ivoire). Cartographie et typologie sommaire des sols. Notice explicative n°84.  
ORSTOM, Paris.
- BILLOT J.F. (1982).- Les applications agronomiques de la pénétrométrie à l'étude de la structure des sols travaillés.  
*Bull. A.F.E.S. Sci. du sol*, n°3, pp: 187-201.

- BLIC P. de (1976).- Le comportement des sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire après défrichement et mise en culture mécanisée: rôle des traits hérités du milieu naturel.  
*Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 14, 2, 113-130.*
- BOA D. (1983).- Caractéristiques hydriques des gravillons ferrugineux dans les sols ferrallitiques.  
*ORSTOM Adiopodoumé, 50 p. multigr.*
- BOA D. (1989).- Caractérisation, propriétés hydrodynamiques, contraintes et potentialités agronomiques des sols gravillonnaires: cas de Booro-Borotou, région de Touba, nord-ouest de la Côte d'Ivoire.  
*Thèse de doct. ing., univ. d'Abidjan, 134 p.*
- CAMARA M. (1983).- Etude pédologique et représentation cartographique à 1/50 000 de la région de Tiéningboué (centre-nord de la Côte d'Ivoire). Contraintes et potentialités agronomiques des types de sols reconnus dans la zone.  
*ORSTOM, Adiopodoumé, 79 p. multigr.*
- CASENAVE A., VALENTIN Ch. (1989).- Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration.  
*ORSTOM, Paris, sér. Didactiques, 230 p.*
- ESCHENBRENNER V., BADARELLO L. (1978).- Etude pédologique de la région d'Odienné (Côte d'Ivoire). Cartes des paysages morpho-pédologiques. Feuille d'Odienné à 1/200 000. Notice explicative n°74. *ORSTOM, Paris.*
- LE ROY X. (1980).- L'introduction des cultures de rapport dans l'agriculture vivrière Sénoufo. Le cas de Karakpo.  
*ORSTOM, Centre de Petit-Bassam, 208 p. multigr., plus 97 p. annexes.*
- LE ROY X. (1989).- Evolution des systèmes agraires de deux communautés Sénoufo du département de Boundiali, nord Côte d'Ivoire. Méthodologie, techniques d'enquêtes, état d'avancement.  
*Rapport multigr. 11 p. Centre ORSTOM de Petit-Bassam.*
- LEVEQUE A. (1983).- Etude pédologique et des ressources en sols de la région nord du 10e parallèle en Côte d'Ivoire. Carte des unités morpho-pédologiques et des paysages morpho-pédologiques. Feuille de Niellé, Tingrela et Tienko à 1/200 000. Notice explicative n°96. *ORSTOM, Paris.*
- MAERTENS C. (1964).- La résistance mécanique des sols à la pénétration: ses facteurs et son influence sur l'enracinement.  
*Ann. Agron. 15, 5: 539-554.*
- MEREDITH H.L., PATRICK W.H. (1961).- Effects of soil compaction on subsoil root penetration and physical properties of three soils in Louisiana. *Agr. Journ. 53, 163-167.*
- MOREAU R. (1983).- Evolution des sols sous différents modes de mise en culture, en Côte d'Ivoire forestière et préforestière.  
*Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XX, n°4, pp: 311-325.*



- PELTRE-WURTZ J., STECK B. (1979).- Influence d'une société de développement sur le milieu paysan. Coton et culture attelée dans la région de Bagoué (Nord Côte d'Ivoire).  
*ORSTOM, Petit-Bassam, 428 p.*
- POHE J. (1981).- Influence des gravillons sur l'hydrodynamique superficielle (étude expérimentale sous pluies simulées).  
*Rapport de stage. ORSTOM, Adiopodoumé, 29 p. multigr.*
- POSS R. (1982).- Etude morpho-pédologique de la région de Katiola. Cartes des paysages et des unités morpho-pédologiques. Notice explicative n°94. *ORSTOM, Paris.*
- ROOSE E.J. (1981).- Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matière sous végétations naturelles ou cultivées.  
*ORSTOM, Paris, Collection Travaux et Documents n°130, 569 p. Thèse doct. d'Etat, Univ. d'Orléans 1980.*
- ROOSE E.J. (1983).- Ruissellement et érosion avant et après défrichement en fonction du type de culture en Afrique occidentale.  
*Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XX, n°4, pp: 327-339.*
- VALENTIN Ch. (1981).- Résistance mécanique à la pénétration de quelques sols ferrallitiques (Nord de la Côte d'Ivoire).  
*ORSTOM, Adiopodoumé, multigr., 28 p.*
- VALENTIN Ch., FRITSCH E., PLANCHON O. (1986).- Sols, surfaces et formes d'érosion linéaire en milieu ferrallitique de savane.  
*in: Land Development-Management of Acid Soils. IBSRAM Proceedings n°4, 67-81.*
- YORO G. (1982).- Etude pédologique et perspectives agricoles de la région de Touba (Nord-ouest Côte d'Ivoire).  
*ORSTOM, Adiopodoumé, 50 p. multigr.*
- YORO G. (1984).- comportement à l'infiltration et à la pénétration de sols ferrallitiques sur sables tertiaires après mise en culture traditionnelle et semi-motorisée.  
*ORSTOM, Adiopodoumé, 24 p. multigr.*
- YORO G., FOFANA M. (1988).- Conservation des sols et des eaux en Côte d'Ivoire. Bilan et perspectives.  
*in: Rapport sur les ressources du monde, 63. 9ème réunion du sous-comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres. Cotonou, Bénin, 14-23 novembre 1988. pp: 106-118. F.A.O., Rome 1989.*
- YORO G. (1989a).- Effets du défrichement et de la mise en culture sur les caractères des sols. Exemples en Côte d'Ivoire.  
*in: SOLTROP 1989. Actes du Premier Séminaire Franco-Africain de pédologie Tropicale. Lomé, 6-12 février 1989. ORSTOM, collection Colloques et Séminaires, pp: 473-484.*

- YORO G. (1989b).- Caractérisation morphologique des sols de deux terroirs villageois: Syonfan et Karakpo, nord de la Côte d'Ivoire. *IIRSDA, Abidjan, 35 p. multigr.*
- YORO G. (1990a).- Identification de la microvariabilité après défrichement motorisé d'un sol ferrallitique issu de sables tertiaires. *Communication au Séminaire annuel de l'IBSRAM tenu à Madagascar du 10 au 18 janvier 1990.*
- YORO G. (1990b).- Caractérisation des sols des régions de savane. Les contraintes de mise en valeur et leurs potentialités agronomiques. Exemple de deux terroirs villageois: Syonfan et Karakpo, dans le département de Boundiali. *Communication au Séminaire sous-régional sur la Productivité des savanes et formation dans le domaine de la conservation et de l'aménagement des aires protégées. Korhogo (Côte d'Ivoire): 6-13 mai 1990.*