

ARIDIFICATION DU CLIMAT  
SUBSAHELIEN :  
Conséquences de trois méthodes  
d'amélioration des bilans  
hydriques aux champs pour une  
culture pluviale.

(Mil : *Pennisetum typhoides*, Yatenga, Burkina Faso)

Proposition de publication dans l'ouvrage "Zones Arides", édité par  
le Réseau Zones Arides,  
Juin 1988.

J.M. LAMACHERE  
G. SERPANTIE

OUVRAGE "ZONES ARIDES"

PROPOSITION DE PUBLICATION

ARIDIFICATION DU CLIMAT SUBSAHELIEN : CONSEQUENCES DE TROIS METHODES D'AMELIORATION DES BILANS HYDRIQUES AU CHAMP POUR UNE CULTURE PLUVIALE. (Mil, Pennisetum typhoïdes, Yatenga, Burkina Faso).

J.M. LAMACHERE - hydrologue chargé de Recherches ORSTOM  
G. SERPANTIE - agronome chargé de Recherches ORSTOM

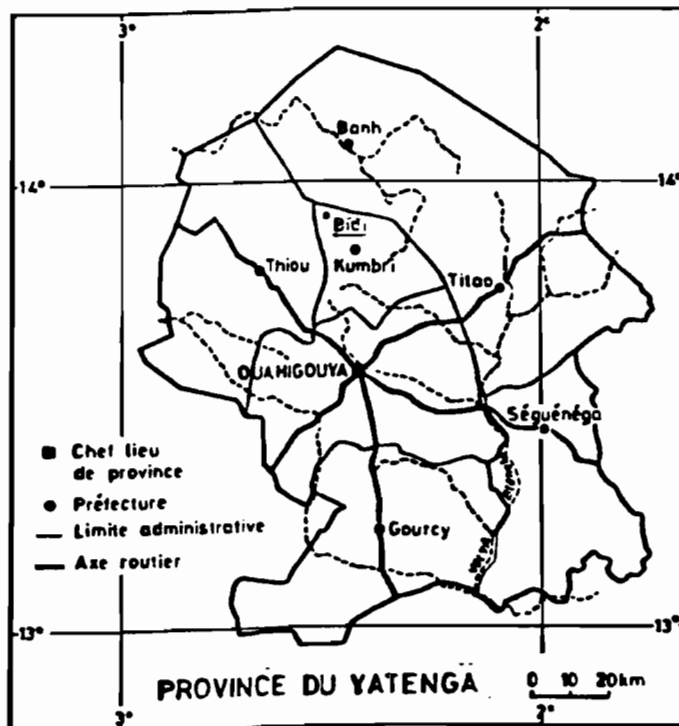
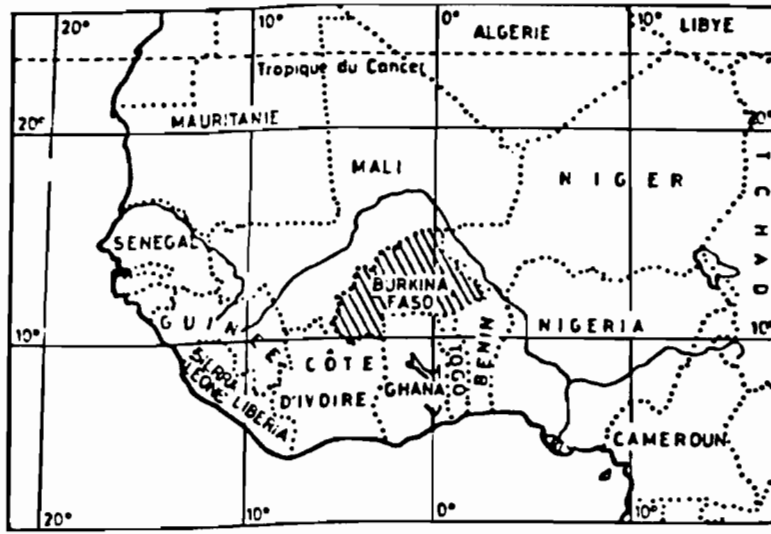
Avril 1988.

INTRODUCTION

La transformation du milieu et la gestion des atouts et des contraintes de l'environnement variables dans le temps et dans l'espace, par l'utilisation d'un matériel végétal et d'un itinéraire technique appropriés à des objectifs de production et de travail, sont les bases de l'agriculture.

Les zones semi-arides d'Afrique, en particulier la zone subsaharienne, sont pourvues d'agricultures pluviales adéquates, malgré la faible durée des saisons pluvieuses, la pauvreté et le mauvais pouvoir de rétention des sols, l'incertitude pluviométrique et l'évaporation excessive. Depuis une vingtaine d'années, une réduction significative de la pluviométrie (ALBERGEL 1987) aggrave les contraintes habituelles et remet en cause des systèmes de culture qui étaient bien adaptés aux besoins de subsistance, à la force de travail des populations rurales et au milieu. Ainsi le Mil Pennisetum typhoïdes et son système de culture apparaissent comme une adaptation réussie à un risque climatique sur des sols ferrugineux tropicaux pauvres en colloïdes mais souvent profonds, sans volant d'inertie hydrique ni chimique. Comme le montrent SIBAND (1981) et MILLEVILLE (1980), cette adaptation se révèle à travers une liaison étroite entre les qualités intrinsèques de cette plante et celles d'un itinéraire technique qui tire le meilleur parti des qualités du milieu (forte luminosité, profondeur du sol) et tient compte de ses contraintes (pauvreté des sols et forte irrégularité des précipitations). On peut citer l'hétérogénéité des populations favorisées par l'allogamie du Mil, le semis en poquets, le photopériodisme et le cycle particulier à chaque cultivar, les techniques de correction du peuplement poussées à l'extrême : resemis multiples, démariage et repiquage, l'adaptation des dates d'implantation aux conditions : conditions de fertilité, état hydrique, longueur du cycle végétatif. Après l'installation, le Mil s'ajuste de manière continue aux conditions fluctuantes grâce à son taux de croissance optimal (cycle photosynthétique en  $C_4$ ). La multiplication et la compétition des organes de reproduction (talles, épis, grains), les stockages intermédiaires et la redistribution des glucides et des sels minéraux règlent le nombre d'organes fructifères et assurent une production minimum. En retour, le Mil exige un contrôle soigné de l'enherbement et de l'environnement des poquets et une bonne adaptation du peuplement en pieds (soins poquet à poquet). L'enracinement fin, fasciculé, à croissance rapide et continue sur tout le cycle, est apte à mobiliser rapidement et complètement les ressources hydriques du profil, les éléments rares (bases), peu diffusables (phosphore) et même réorganisés (azote) grâce à une activité rhizosphérique importante (BLONDEL 1971), mais le volume de sol exploré par touffe est gros consommateur d'espace.

CARTE DE SITUATION



Cette adaptation est remise en cause par la sécheresse et par l'évolution des systèmes de production qui doivent faire face à une saturation foncière de plus en plus grande, donc faire appel à d'autres pratiques de restitution de fertilité que la jachère (les fertilisations organiques et minérales qui sont porteuses d'un risque plus grand en cas de déficit hydrique), et rechercher un objectif d'accroissement des rendements pour économiser l'espace : le système de culture actuel, qui gère le risque hydrique et la pauvreté du sol, ne permet aux cultivars paysans de produire que 20 % du potentiel de production compte tenu de l'énergie lumineuse reçue.

C'est donc l'eau qui apparaît comme la condition principale d'accès aux autres ressources trophiques et l'amélioration de sa fourniture autoriserait sans doute, jusqu'à un certain point, une chaîne d'améliorations de l'itinéraire technique et du milieu, gênées par l'incertitude et l'aridification climatique qui incitent à l'utilisation de pratiques de plus en plus extensives. Une analyse des ressources en eau montre pourtant que celles-ci sont loin d'être utilisées dans leur totalité : le ruissellement pendant les pluies gaspille en partie l'eau reçue et entraîne des pertes importantes de colloïdes et de fertilisants (ROOSE 1981).

Des ruissellements importants naissent le plus souvent sur les interfluves, même pendant de petites pluies, mais ces ruissellements sont souvent sous-employés et leurs effets se traduisent surtout par des marques d'érosion accrues. Ils sont pourtant eux aussi chargés de colloïdes et de fertilisants. Enfin le réservoir sol est loin d'être utilisé sur toute son épaisseur, en particulier le deuxième mètre, très rarement humecté depuis la réduction de la pluviométrie.

Pour faire face à la sécheresse, les paysans et les organisations qui continuent à miser sur l'agriculture pluviale, ont fait appel, dans certaines régions, à des variétés plus nordiques ou ont accru la place des variétés à cycle court (MARTINELLI). (à paraître)

Dans d'autres régions, comme le Centre - Nord du Yatenga, on préfère conserver des variétés souples qui ont fait leurs preuves en modifiant plutôt la gestion habituelle de l'eau par le travail du sol avant semis, par l'utilisation des eaux de ruissellement, par la création d'obstacles pour ralentir le ruissellement.

Un essai interdisciplinaire, réalisé entre 1985 et 1987 dans la région de Bidi au nord du Yatenga, a eu pour but de préciser en quoi ces trois pratiques (travail du sol avant semis, utilisation des eaux de ruissellement sous impluvium et création d'obstacles au ruissellement), modifient le milieu cultivé et la dynamique de l'eau et quelles sont les conséquences de telles pratiques sur la conduite d'un champ de Mil, l'élaboration des rendements et la reproductibilité du système de production.

## 1. LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental des parcelles agronomiques de BIDI-SAMNIWEOGO est installé sur le versant nord-est d'une ligne de petites buttes orientée du sud-est vers le nord-ouest. Le sommet des buttes est occupé par une cuirasse ferrugineuse conglomératique, épaisse de quelques mètres, qui s'interrompt brusquement au sommet mais s'étend sur le flanc nord-est où elle est recouverte d'une épaisse couche de sables éoliens, enrichis en argiles.

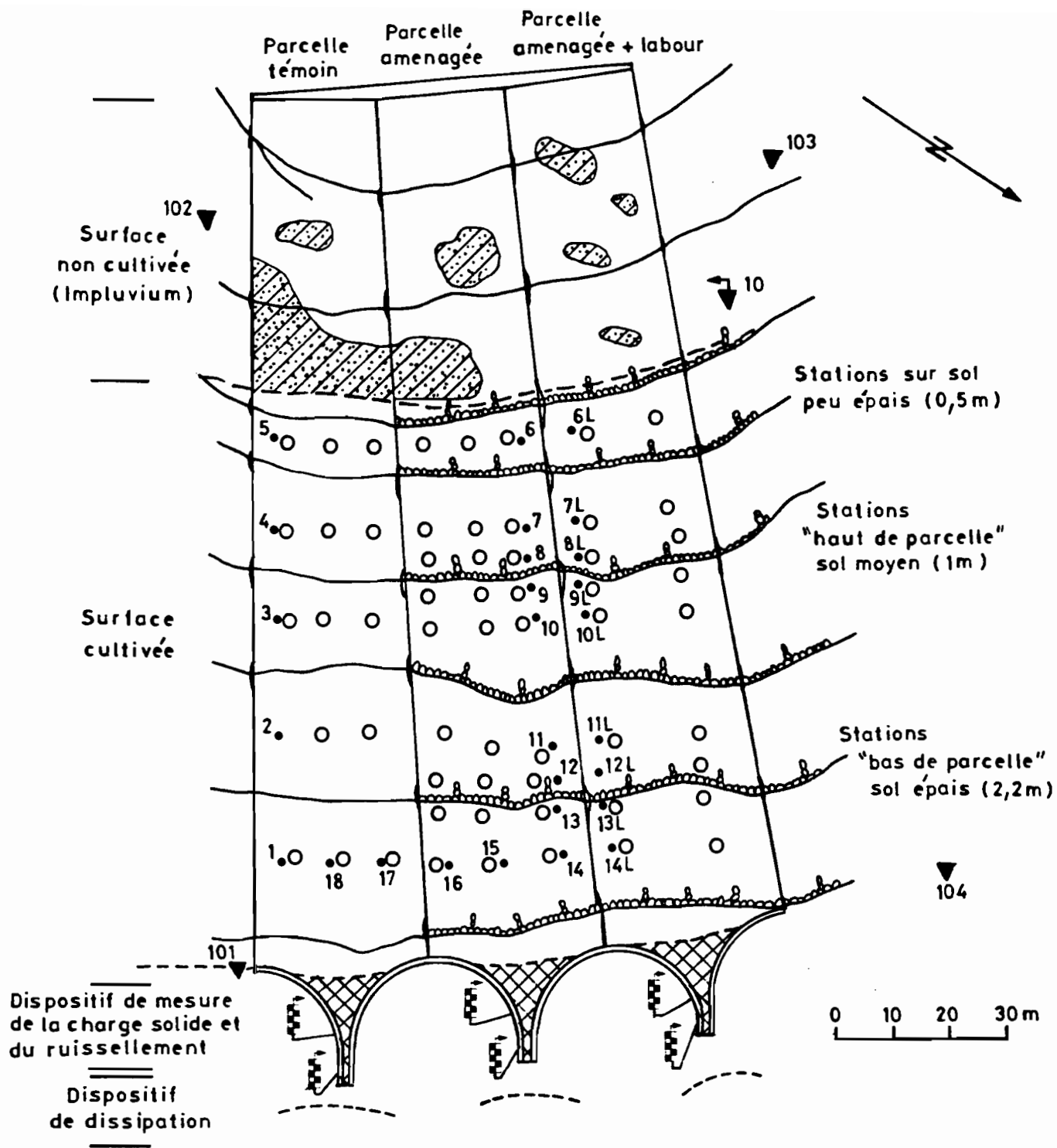


Figure n° 1 - Plan d'Ensemble de l'Essai "Ruissellement" à SAMNIWEGO 1987

3.	Point de suivi du Profil hydrique et phénologie	(Pente générale 2,5%)		Cordons pierreux (0,25m)
O	Station de récolte		Courbe de niveau (0,5m)	
	Microbuttes sableuses	102	Pluviomètre	
	Tôles (0,2m et 0,4m)	10	Pluviographe	
	Muret (0,2m)		Limnigraphes et échelles limnimétriques	
	Exutoire en béton			

Chaque parcelle est implantée de telle sorte qu'elle recouvre dans son tiers supérieur un impluvium inculte, où la cuirasse ferrugineuse est proche de la surface du sol, suivi topographiquement d'un champ cultivé.

Sur l'impluvium, long de 50 mètres, se développe un sol meuble, peu profond (20 à 40 cm) qui couvre la cuirasse ferrugineuse. Il est composé d'un horizon gravillonnaire et caillouteux plus ou moins induré en carapace, surmonté d'une couche de terre peu épaisse (0 à 20 cm), sablo-argileuse, de structure massive. Le climat de ces dernières années et des pratiques pastorales destructrices ont induit la formation de grandes zones nues pelliculaires sur lesquelles poussent de rares graminées naines (*Microchloa indica*) et où se développe une érosion laminaire signalée par des "marches d'escalier". Des microdunes favorisent çà et là le développement d'une végétation herbacée plus abondante : *Zornia glochidiata*, et d'arbustes polycauls rabougris : *Guiera senegalensis*, *Combretum micranthum*.

Le champ cultivé, long de 100 mètres, est formé d'une couche de sables éoliens dont l'épaisseur croît de 25 centimètres près de l'impluvium à 220 centimètres en une quarantaine de mètres. Le sol filtrant, profond, est exploité par une monoculture de mil selon un système où les pailles sont consommées sur place par le bétail, sans fertilisation organique, avec un labour attelé tous les deux ans et une jachère de 5 à 10 ans après 5 à 10 années de culture. L'itinéraire technique du mil suit le modèle de conduite paysanne des champs de brousse avec un semis direct en poquets de semences locales, des resemis, un premier sarclage tardif accompagné d'un démariage et d'une faible fertilisation (40 kg par hectare de 15-20-15) et un deuxième sarclage avant la floraison.

#### LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL AGRONOMIQUE ET HYDROPÉDOLOGIQUE

Sur les champs de brousse, l'expérimentation agronomique et hydro-pédologique de BIDI-SAMNIWEOGO vise à mettre en évidence l'effet des cordons pierreux isohypses, des impluviums et des labours sur l'infiltration, le ruissellement et l'érosion en évaluant les conséquences de leur installation, de leur utilisation et de leur pratique sur la conduite de la culture et l'élaboration des rendements.

Pour ce faire, trois parcelles contigües, longues de 150 mètres, larges de 20 à 30 mètres, orientées dans le sens de la plus grande pente (2,5 %), ont été implantées sur le même versant, dans des conditions topographiques et géométriques identiques. Jusqu'à leur installation, l'histoire culturelle des parcelles était identique et homogène.

La première parcelle, la plus à gauche quand on regarde vers l'amont du versant, est utilisée comme parcelle témoin. Elle n'a subi aucun aménagement, elle est cultivée à la manière habituelle.

La seconde parcelle, en position médiane, est munie d'un aménagement en cordons pierreux isohypses constitués d'une double rangée de blocs de cuirasse ferrugineuse (40 kg par mètre linéaire). La dénivelée entre les cordons pierreux est de 50 centimètres. Ils sont larges de 25 centimètres, aussi hauts que larges et espacés d'environ 20 mètres. Six cordons pierreux ont été posés sur la partie cultivée, aucun cordon pierreux n'a été posé sur l'impluvium.

Cette parcelle est cultivée comme la parcelle témoin. En 1987, au premier sarclage, entre le 31 juillet et le 7 août, des levées de terre longues de 2 mètres à 2,5 mètres, espacées de 8 à 10 mètres, ont été dressées en amont des cordons pierreux, cloisonnant grossièrement le dispositif isohypse.

La troisième parcelle, en position dextre quand on regarde vers l'amont du versant, est identique à la seconde parcelle. Elle est labourée selon les courbes de niveau en suivant la direction des cordons pierreux, avec une charrue bovine attelée, dès que l'humidité du sol le permet, vers la fin du mois de juin ou au début du mois de juillet.

#### LE DISPOSITIF PLUVIOMETRIQUE ET CLIMATIQUE

Le dispositif pluviométrique comprend 4 pluviomètres et 1 pluviographe répartis à raison de 2 appareils en aval (n° 101 et 104) et de 2 appareils en amont des parcelles (n° 102 et 103).

Le pluviographe est installé en amont, près de la parcelle labourée, non loin du pluviomètre n° 103. Les surfaces réceptrices des appareils sont placées 1 mètre au-dessus du sol.

Une station climatologique est installée près du village de NAYIRI, environ 4 kilomètres à l'est des parcelles de SAMNIWEOGO.

Elle comprend les appareils classiques de mesure des principaux paramètres climatiques : pluie au sol, pluie à 1 mètre au-dessus du sol, températures, humidité de l'air, vitesse du vent, évaporation, insolation.

#### LE DISPOSITIF DE MESURE DES RUISSELLEMENTS ET DES CHARGES SOLIDES

Chaque parcelle est limitée par des tôles galvanisées fichées en terre sur une profondeur de 20 centimètres et dépassant la surface du sol d'une vingtaine de centimètres. Les limites longitudinales des parcelles ont été implantées avec beaucoup de soin de telle sorte qu'elles suivent rigoureusement les lignes de plus grande pente, évitant ainsi le cheminement préférentiel des eaux le long des bordures artificielles. En aval de chaque parcelle, une surface bétonnée, limitée par un muret haut d'une trentaine de centimètres, collecte les eaux de ruissellement jusqu'au dispositif de mesure des niveaux d'eau et des débits qui comprend de l'amont vers l'aval :

- un limnigraphe avec échelles limnimétriques,
- un canal jaugeur de longueur 5 mètres, large de 1 mètre, de section rectangulaire, pour la mesure des forts débits : 20 à 200 litres par seconde,
- une fosse à sédiments équipée d'échelles limnimétriques et d'un limnigraphe,
- un déversoir triangulaire à mince paroi pour la mesure des faibles débits : 0 à 30 litres par seconde.

Après étalonnage des canaux jaugeurs et des déversoirs, le double dispositif d'enregistrement des niveaux d'eau permet d'obtenir une précision de l'ordre de 20 % dans l'estimation des débits aux exutoires des parcelles. Pour les faibles débits, c'est la précision de la mesure des hauteurs d'eau qui détermine l'incertitude sur les débits. Pour les forts débits, c'est l'imprécision dans l'étalonnage du canal qui se révèle déterminante.

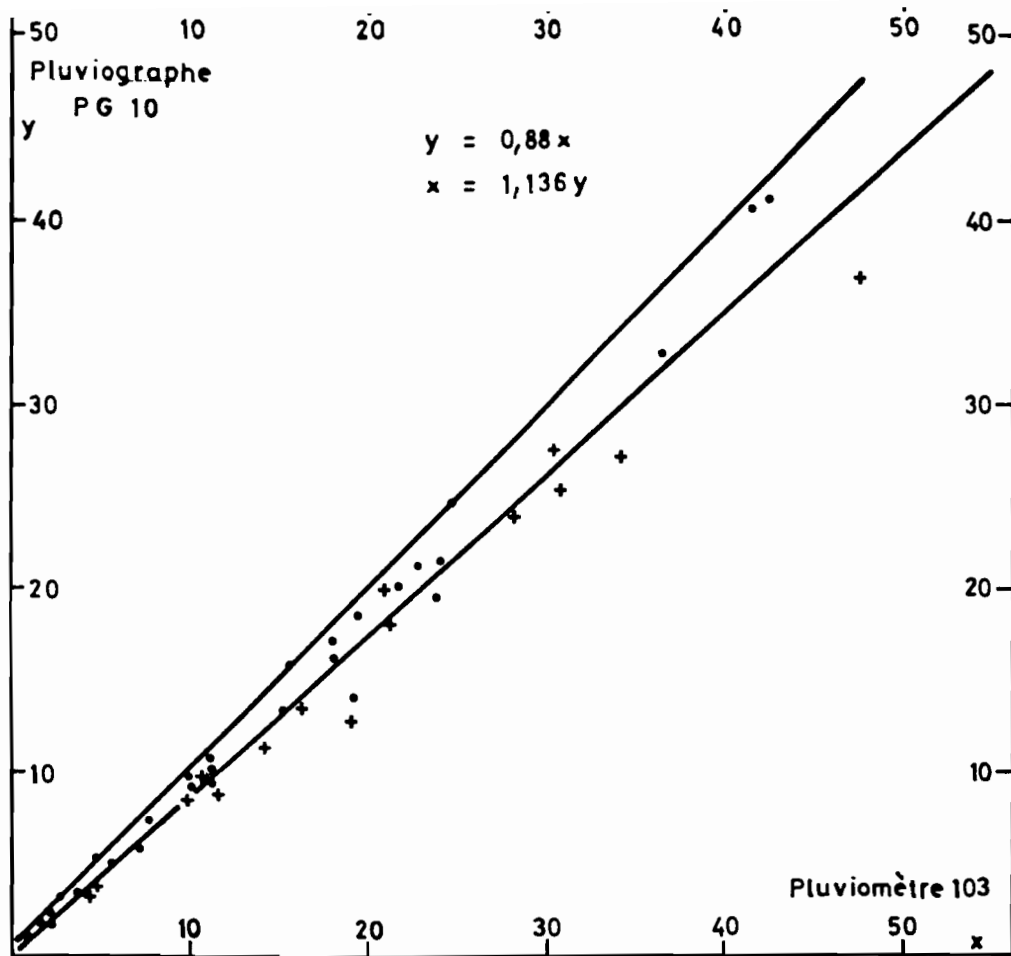


Figure n°2 - Relation entre les pluies mesurées au pluviomètre et au pluviographe

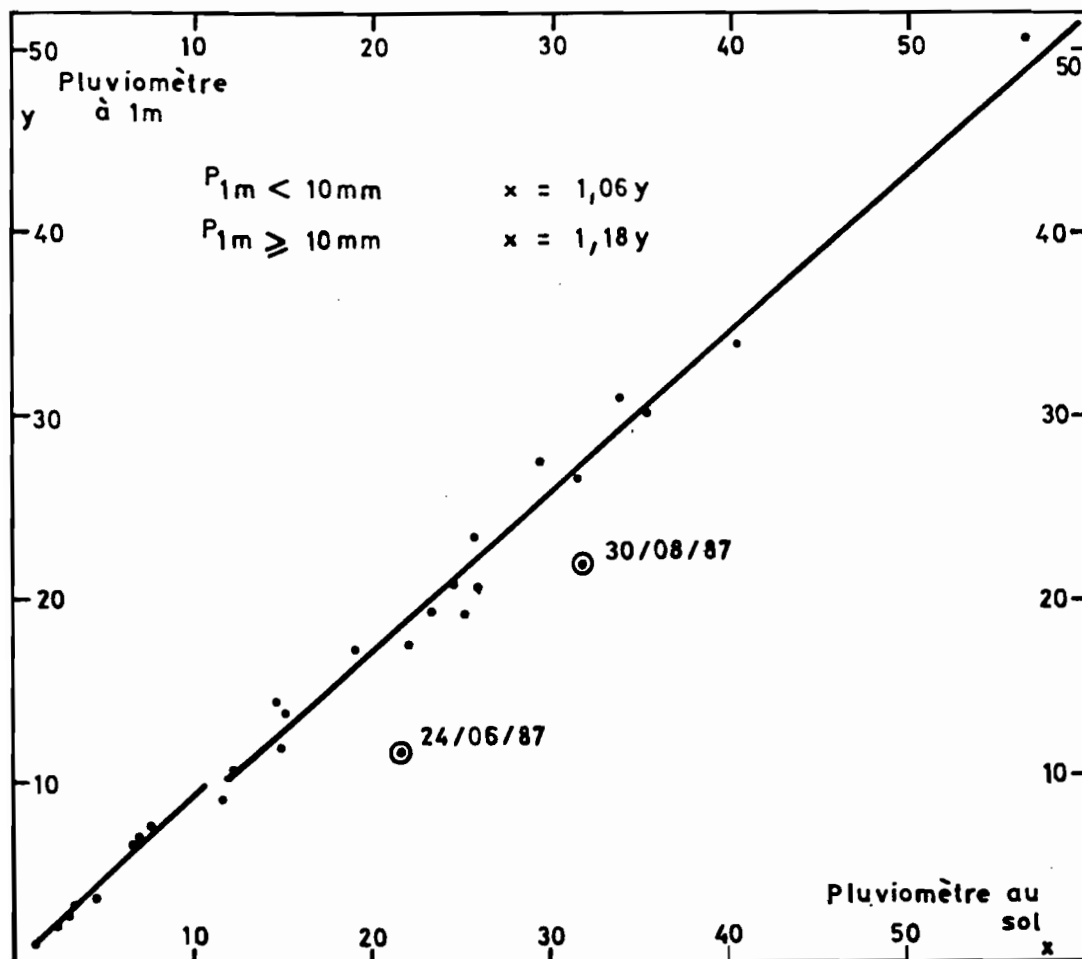


Figure n°3 - Relation entre les pluies mesurées au niveau du sol et à 1 mètre au-dessus du sol



## 2. PROTOCOLES EXPERIMENTAUX ET RESULTATS DES MESURES HYDROLOGIQUES DE SURFACE

### LES MESURES PLUVIOMETRIQUES

Les mesures pluviométriques sont faites dans les heures qui suivent l'arrêt des averses, presque simultanément sur l'ensemble des pluviomètres installés près des parcelles de SAMNIWEOGO. Pour la présentation des résultats, nous nous sommes volontairement limités à période allant du 15 juin au 15 octobre, période qui couvre assez largement le cycle végétatif du mil.

Des comparaisons ont été établies entre l'amont et l'aval des parcelles, entre le pluviographe et le pluviomètre le plus proche, entre les pluviomètres voisins dont les surfaces réceptrices sont placées respectivement à 1 mètre au-dessus du sol et au niveau du sol. Les deux derniers appareils sont installés à la station climatologique de NAYIRI.

Tableau n° 1 : Totaux pluviométriques observés du 15 juin au 15 octobre.

positions ou type d'appareil	totaux pluviométriques exprimés en mm		
	année 1985	année 1986	année 1987
amont des parcelles	327	449,5	410,1
aval des parcelles	343	454,5	391,5
pluviomètre n° 103	-	438,9	413,0
pluviographe PG 10	331,2	408,6	339,5
pluviomètre à 1 m	319,3	486,3	407,2
pluviomètre au sol	-	-	480,1

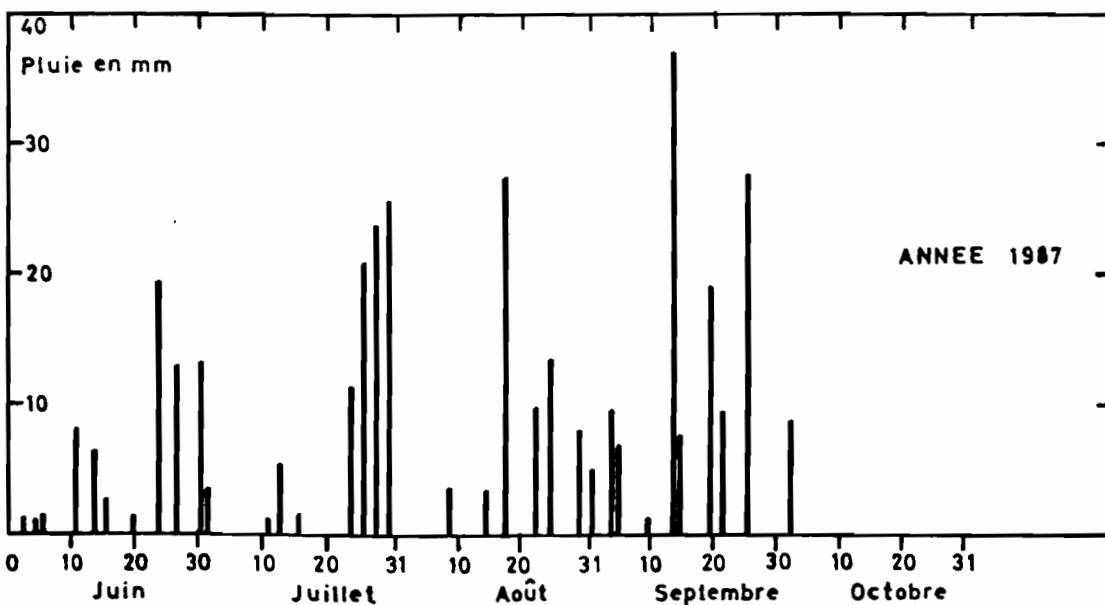
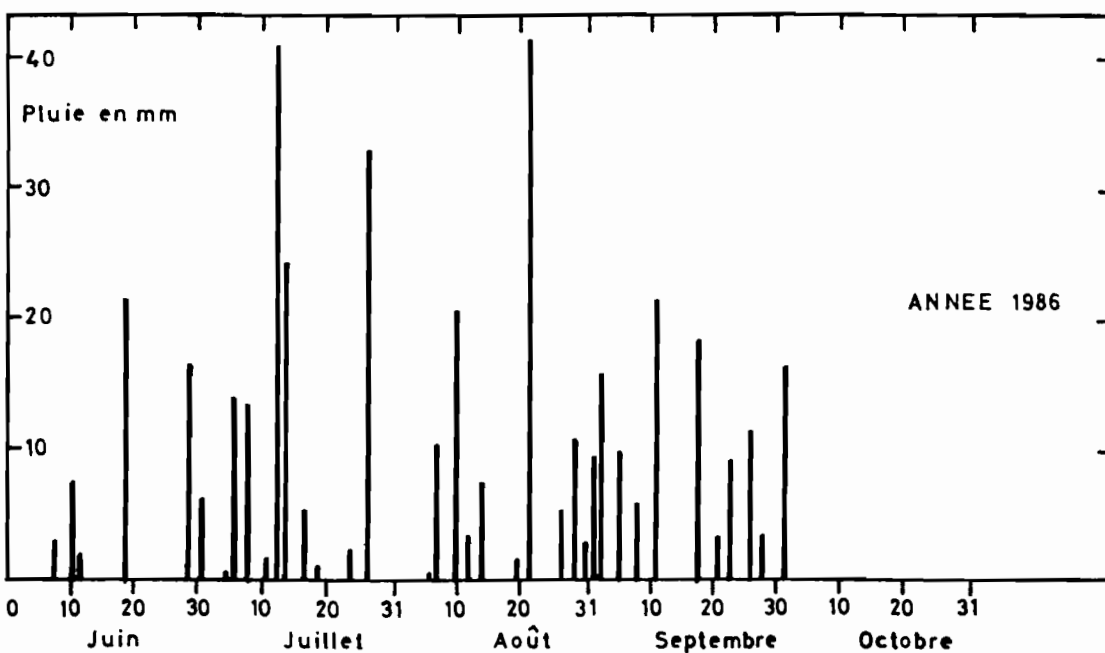
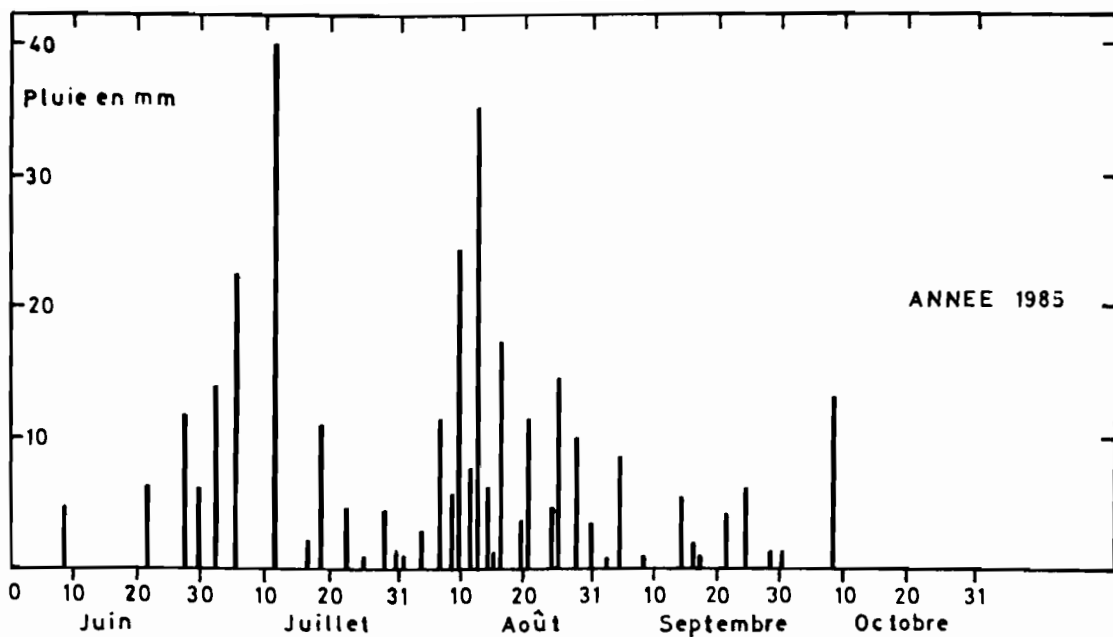
La comparaison des hauteurs pluviométriques observées en amont et en aval des parcelles permet de conclure à des différences faibles, inférieures à 5 %, non systématiquement excédentaires d'un côté ou d'un autre des parcelles.

La comparaison entre les hauteurs pluviométriques observées au pluviographe des parcelles (PG 10) et au pluviomètre voisin (n° 103) montre un écart systématiquement défavorable au pluviographe.

A l'échelle journalière (conf. figure n° 2) nous avons établi la relation :  $y = 0,88 x$  où  $y$  est la pluviométrie observée au pluviographe et  $x$  est la pluviométrie observée au pluviomètre.

La comparaison entre les hauteurs pluviométriques observées au pluviomètre dont la surface réceptrice est placée 1 mètre au-dessus du sol et les hauteurs pluviométriques observées au pluviomètre dont la surface réceptrice est placée au niveau du sol montre que le pluviomètre au sol, protégé des rejaillissements par un dispositif adéquat, reçoit des quantités d'eau de pluie systématiquement supérieures à celles reçues par le pluviomètre placé 1 mètre au-dessus du sol (conf. figure n° 3). Les écarts sont suffisamment importants pour qu'il en soit tenu compte dans les calculs du bilan hydrique sur les parcelles. A l'échelle journalière on peut établir les relations suivantes, compatibles avec les résultats de CHEVALIER et LA PETITE (1986).

$$P_{1\text{ m}} \text{ inférieure à } 10 \text{ mm} \quad P_{\text{sol}} = 1,06 P_{1\text{ m}}$$



Figures n° 4 à 6 Diagrammes des pluies journalières pour les années 1985 à 1987

Si  $P_{1\text{ m}}$  supérieure ou égale à 10 mm,  $P_{\text{sol}} = 1,18 P_{1\text{ m}}$

L'analyse de la répartition temporelle des précipitations (conf. figures n° 4 à 6) montre des situations très contrastées pour les années 1985, 1986 et 1987. L'année 1985 présente deux périodes sèches de plus de 10 jours, l'une en cours de croissance du mil entre le 20 juillet et le 6 août, l'autre à la fin du cycle végétatif pendant la phase fructifère, entre le 30 août et le 1er octobre.

L'année 1986 présente une bonne répartition des chutes de pluies entre le 15 juin et le 2 octobre.

L'année 1987 se caractérise par deux périodes sèches de 21 jours et de 18 jours, l'une entre le 2 et le 23 juillet, l'autre entre le 31 juillet et le 17 août, en pleine phase de croissance du mil.

#### LES MESURES HYDROLOGIQUES DE RUISSELLEMENT GLOBAL

La principale difficulté des mesures de ruissellement consistait à étalonner le dispositif de contrôle des débits pour toute la gamme des hauteurs observées. La brièveté des crues aux exutoires des parcelles et leur rareté constituait un gros handicap au bon déroulement de cette opération. Une présence continuelle des hydrologues, de jour comme de nuit, près des parcelles agronomiques, a permis d'étalonner les canaux de section rectangulaire jusqu'au débit de 50 litres par seconde à l'exutoire de la parcelle aménagée, pour un débit maximum observé de 140 l/s, jusqu'au débit de 100 litres par seconde à l'exutoire de la parcelle témoin, pour un débit maximum observé de 160 l/s.

La standardisation des déversoirs triangulaires à mince paroi a facilité leur étalonnage pour les très faibles débits (0 à 3 l/s) avec une imprécision inférieure à 5 %. Pour la gamme des débits compris entre 5 et 50 litres par seconde, la précision de l'étalonnage est de l'ordre de 10 % ; elle est de l'ordre de 20 % pour les débits supérieurs à 100 litres par seconde.

La précision réelle du dépouillement des hauteurs d'eau sur les feuilles d'enregistrement est de l'ordre du centimètre, précision identique aux lectures directes effectuées aux échelles limnimétriques. Les erreurs qui en résultent sont particulièrement fortes (30 %) pour les débits proches de 5 litres par seconde et décroissent ensuite avec l'augmentation des débits.

L'erreur est encore de 20 % pour un débit de 10 l/s, de 15 % pour un débit de 50 l/s, de 10 % pour un débit de 100 l/s.

En définitive, on peut estimer les volumes ruisselés connus avec une imprécision maximale de 30 % et une précision ordinaire de 20 %.

A l'échelle annuelle, les résultats sont consignés sur le tableau n° 2, présenté ci-après.

Tableau n° 2 : Lames ruisselées observées sur les parcelles agronomiques de BIDI-SAMNIWEOGO.

année période	1985			1986			1987		
	20/07 au 15/10			01/06 au 15/10			01/06 au 15/10		
	pluie sol mm	lame ruis. mm	coef. ruis. %	pluie sol mm	lame ruis. mm	coef. ruis. %	pluie sol mm	lame ruis. mm	coef. ruis. %
parcelle témoin	239	70	29	530	127	24	483	53	11
parcelle aménagée	242	58	24	528	124	23	484	42	8,7
parcelle labourée	-	-	-	-	-	-	486	17	3,4

Les trois parcelles agronomiques reçoivent donc les mêmes pluies annuelles avec des écarts inférieurs à 1 % et les deux parcelles cultivées de manière traditionnelle réagissent de façon presque identique aux chutes de pluies. La parcelle aménagée ruisselle légèrement moins que la parcelle témoin avec des écarts de l'ordre de 1 % pour l'année 1986, de 2,3 % pour l'année 1987 et de 5 % pour l'année 1985. La parcelle labourée ruisselle nettement moins que la parcelle cultivée de manière traditionnelle. Pour l'année 1987, l'écart absolu est de 5,3 % sur le coefficient de ruissellement.

Afin de mieux analyser le comportement des parcelles au cours de la saison des pluies, nous avons subdivisé les totaux pluviométriques annuels en tranches d'environ 50 millimètres, dans l'ordre chronologique de leur apparition en indiquant les dates des principales interventions culturales. Les résultats sont consignés aux tableaux n° 3 et 4, les correspondances entre lames ruisselées et pluies au sol sont reportées, crue par crue, sur les figures n° 7 et 8.

En début de saison des pluies, les cinquante premiers millimètres ruissellent peu et les coefficients de ruissellement sont alors inférieurs à 10 % sur toutes les parcelles. Les tranches pluviométriques suivantes, avant le sarclage, ont des coefficients de ruissellement extrêmement variables : 15 à 84 % sur la parcelle témoin, 11 à 62 % sur la parcelle aménagée cultivée de manière traditionnelle. Les labours ont pour effet de supprimer le ruissellement de la première tranche de 50 millimètres qui suit le labour. Les tranches pluviométriques suivantes, avant sarclage, ont des coefficients de ruissellement inférieurs à 10 %, trois fois plus faibles à cinq fois plus faibles que ceux de la parcelle aménagée non labourée.

Après le premier sarclage, les parcelles se comportent comme au début de la saison des pluies. La première tranche de 50 millimètres ruisselle très peu et les coefficients de ruissellement sont inférieurs à 10 %. Les tranches pluviométriques suivantes, avant le second sarclage, ont des coefficients de ruissellement extrêmement variables : 2 % à 65 % pour la parcelle témoin, 0 % à 48 % pour la parcelle aménagée sans labours, avec des valeurs moyennes de l'ordre de 20 %.

Après le second sarclage, les deux premières tranches de 50 millimètres ne ruissellent pas et il faut attendre la troisième tranche de 50 millimètres pour que des ruissellements identiques apparaissent sur les deux parcelles aménagées (coefficients de ruissellement égaux à 10 %) et qu'un ruissellement nettement plus important apparaisse sur la parcelle témoin (coefficient de ruissellement égal à 27 %).

Tableau n° 3 Pluies et ruissellements sur les parcelles témoin et aménagée, par tranche pluviométrique de 50 millimètres .

DATES	parcelle témoin			parcelle aménagée		
	pluie sol mm	lame ruis. mm	coef. ruis. %	pluie sol mm	lame ruis. mm	coef. ruis. %
<u>année 1985</u>						
semis le 30/06						
1 <sup>er</sup> sarclage du 19 au 21 juillet						
23/07 au 10/08	48.0	2.5	5.2	49.0	2.0	4.1
11/08 au 13/08	63.5	41.6	65	64.6	31.4	48
15/08 au 25/08	51.4	12.6	24	51.0	13.3	26
26/08 au 05/09	43.1	10.7	25	43.2	10.6	24
2 <sup>ème</sup> sarclage du 07 au 08 septembre						
09/09 au 09/10	32.6	2.2	6.7	34.3	1.2	3.5
<u>année 1986</u>						
08/06 au 29/06   63.4   1.6   2.5   64.1   4.1   6.4						
semis le 08 juillet						
01/07 au 11/07	50.6	16.4	32	50.5	18.5	36
13/07	51.9	43.7	84	50.7	31.6	62
15/07 au 28/07	77.4	21.1	27	76.9	29.4	38
1 <sup>er</sup> sarclage du 02 au 07 août						
02/08 au 14/08	56.6	4.7	8.3	55.6	5.2	9.3
17/08 au 22/08	55.5	12.4	22	55.1	13.6	24
28/08 au 05/09	66.1	12.0	18	65.3	14.5	22
2 <sup>ème</sup> sarclage du 05 au 06 septembre						
08/09 au 18/09	51.2	0.0	0.0	50.9	0.0	0.0
18/09 au 02/10	58.5	0.0	0.0	58.9	0.0	0.0

Tableau n° 4 Pluies et ruissellements sur les parcelles agronomiques de BIDI-SAMNIWEOGO par tranche pluviométrique de 50 millimètres pour 1<sup>er</sup> année 1987

DATES	parcelle témoin			parcelle aménagée			parcelle labou.		
	pluie sol mm	lame ruis. mm	coef. ruis. %	pluie sol mm	lame ruis. mm	coef. ruis. %	pluie sol mm	lame ruis. mm	coef. ruis. %
03/06 au 25/06	60.7	6.3	10	60.6	3.0	4.9			
03/06 au 27/06							79.6	5.22	6.5
labours le 28 juin, semis le 28 et 29 juin									
27/06 au 14/07	52.8	7.8	15	52.0	6.0	11			
02/07 au 24/07							51.1	0.0	0.0
14/07 au 28/07	56.0	17.4	31	55.7	9.5	17			
25/07 au 29/07							51.0	3.32	6.5
29/07 au 31/07	48.1	21.9	45	49.0	18.6	38	40.8	3.09	7.6
1 <sup>er</sup> sarclage du 31 juillet au 07 août									
02/08 au 23/08	55.8	0.0	0.0	57.2	0.0	0.0	58.5	0.0	0.0
25/08 au 05/09	58.2	1.0	1.7	57.0	0.1	0.2	56.0	0.1	0.2
2 <sup>ème</sup> sarclage du 07 au 13 septembre									
10/09 au 14/09	55.6	0.0	0.0	54.5	0.0	0.0	53.4	0.0	0.0
15/09 au 22/09	47.0	0.3	0.5	46.9	0.0	0.0	46.8	0.0	0.0
27/09 au 03/10	49.5	13.6	27	49.6	5.4	11	49.4	5.0	10

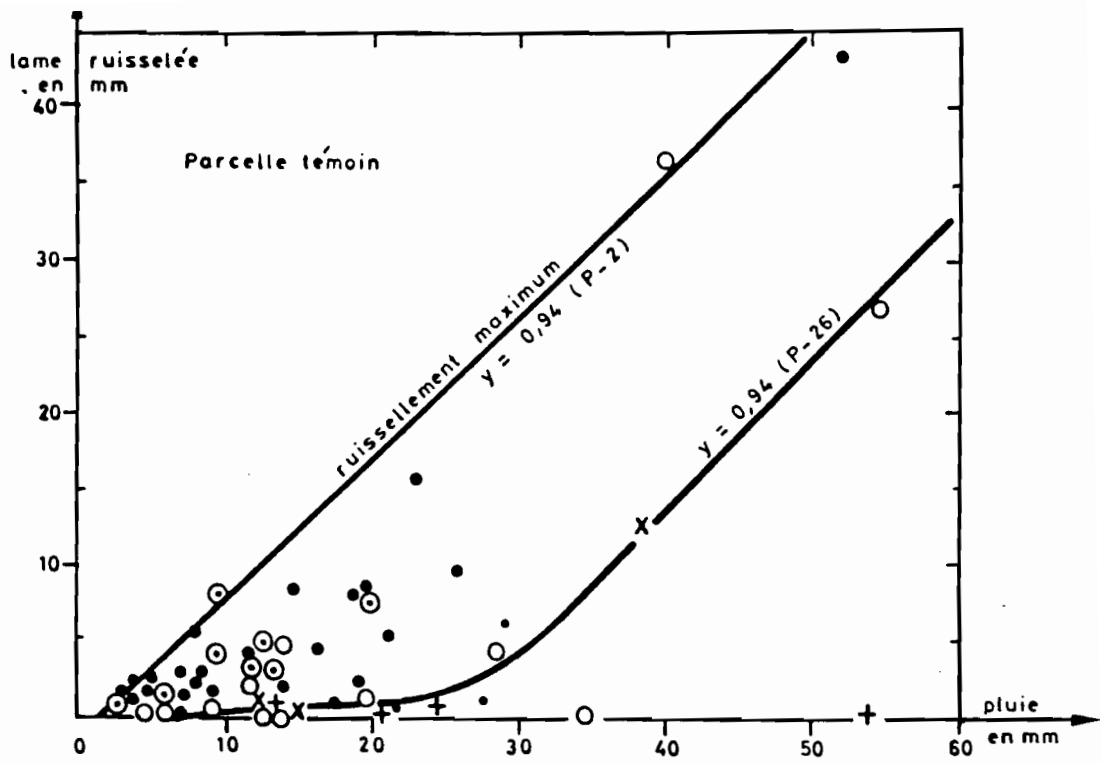


Figure n° 7 — Lames ruisselées sur la parcelle témoin en fonction de la pluie au sol

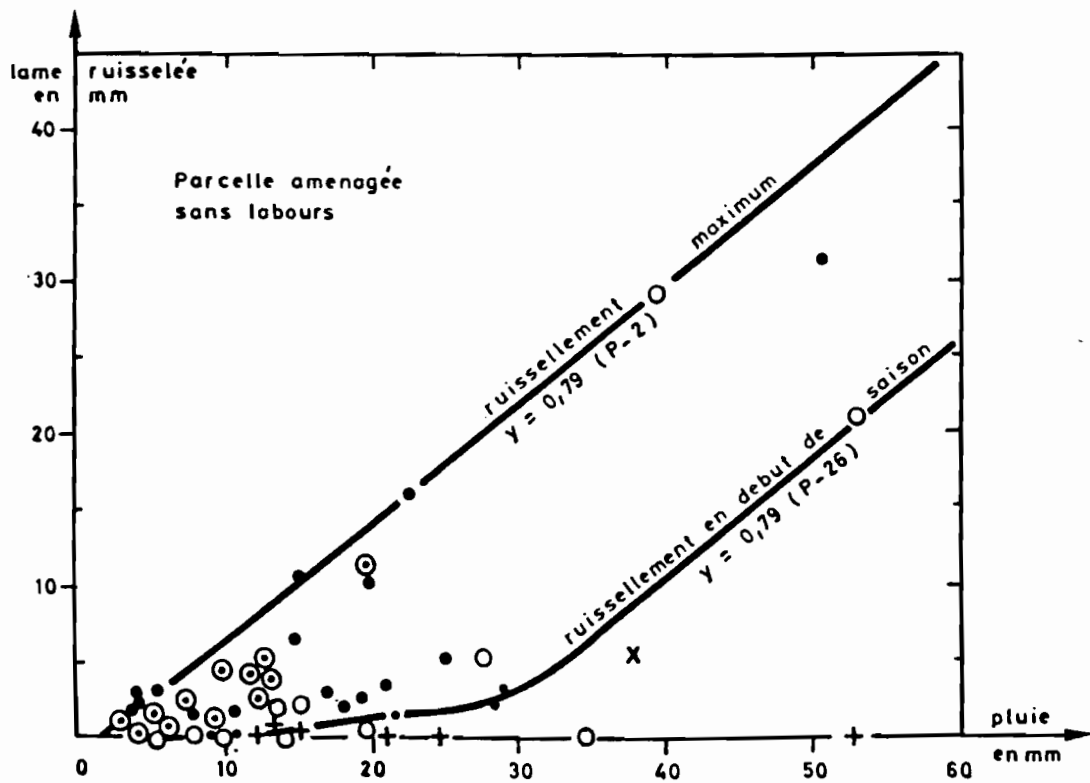


Figure n° 8 Lames ruisselées sur la parcelle aménagée sans labours, en fonction de la pluie au sol

$\Sigma Pa$  : somme des pluies antérieures

- avant sarclage,  $\Sigma Pa < 50$  mm
- avant sarclage,  $\Sigma Pa \geq 50$  mm
- après le 1<sup>er</sup> sarclage, depuis le sarclage  $\Sigma Pa < 100$  mm
- ⊙ après le 1<sup>er</sup> sarclage, depuis le sarclage  $\Sigma Pa \geq 100$  mm
- + après le 2<sup>ème</sup> sarclage, depuis le sarclage  $\Sigma Pa < 100$  mm
- x après le 2<sup>ème</sup> sarclage, depuis le sarclage  $\Sigma Pa \geq 100$  mm

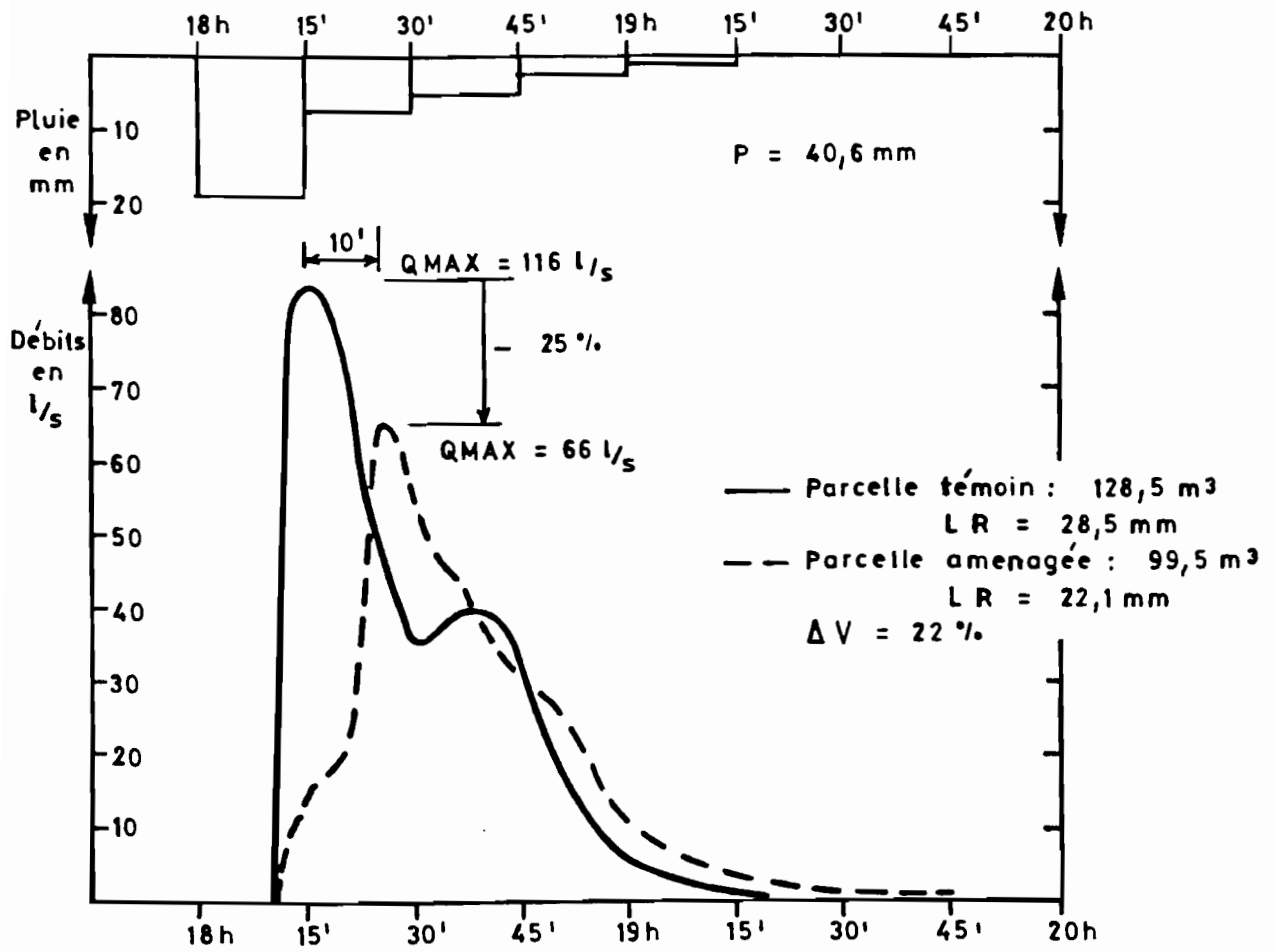


Figure n° 9 - Crues du 13 Juillet 1986

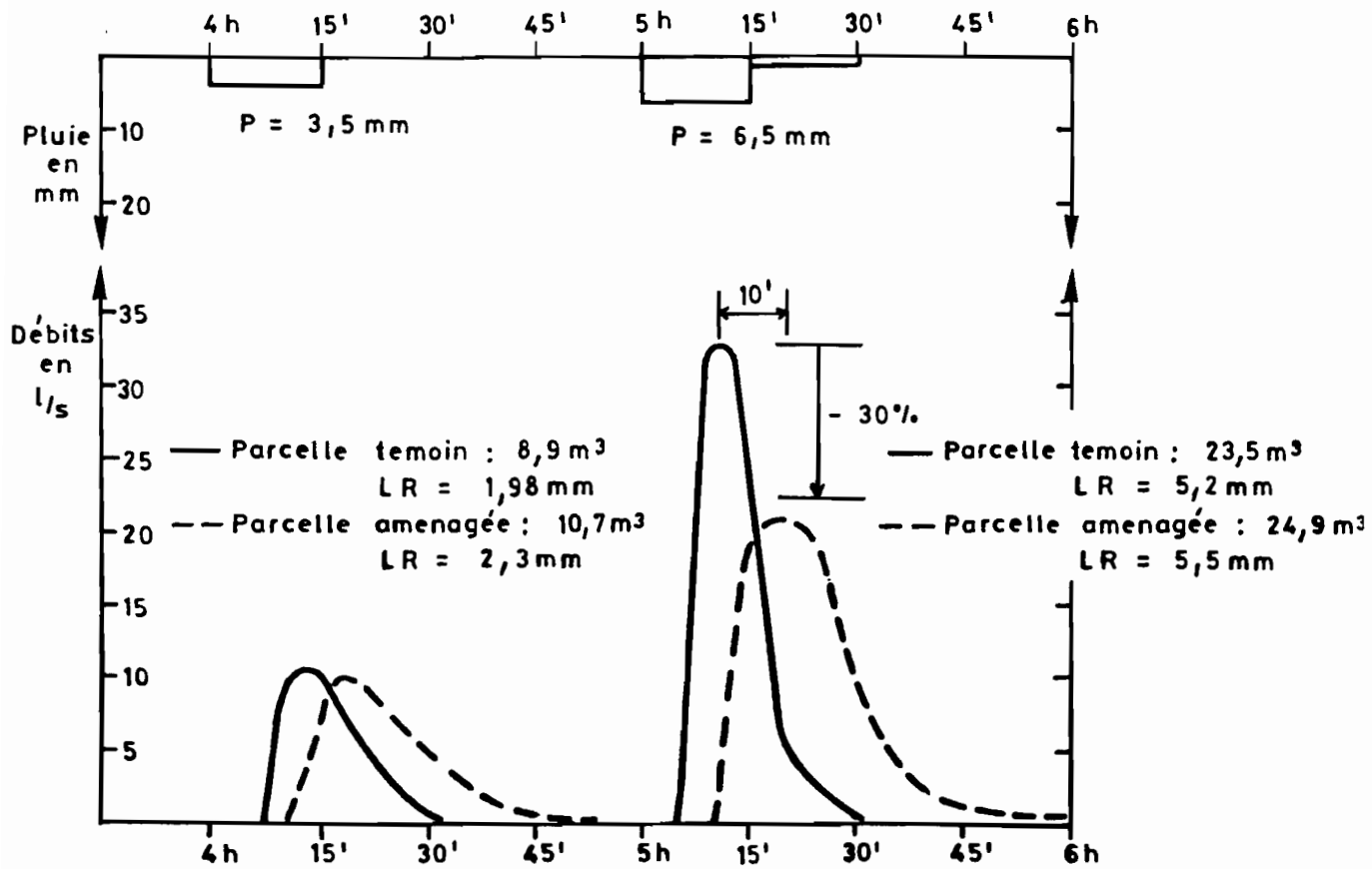


Figure n° 10 - Crues du 28 Juillet 1986

A l'échelle des averses, les événements pluviométriques à forte intensité, de plus de 60 millimètres par heure, produisent de très forts ruissellements lorsqu'ils surviennent sur des sols bien humectés avant sarclage et même après sarclage, telle la crue du 13 août 1985. Il semble que les fortes intensités produisent, sur les sols sableux fins, une brusque imperméabilisation par une rapide submersion de la surface qui piège l'air sous la surface du sol. Ce phénomène est ici nettement perceptible sur toute la surface d'un champ cultivé. Sur un sol sec après sarclage, un événement pluviométrique d'intensité moyennement forte (40 mm/h) ne produit aucun ruissellement, même sur la parcelle témoin (averse du 14 septembre 1987).

Pour illustrer l'effet des cordons pierreux sur les ruissellements, nous avons dessiné sur les figures n° 9 et 10 les hydrogrammes des crues, observées aux exutoires de la parcelle témoin et de la parcelle aménagée cultivée sans labours, le 13 juillet 1986 et le 28 juillet 1986. L'averse du 13 juillet est tombée sur un sol moyennement humecté (indice de Kohler égal à 3 mm), avec une intensité maximale de 82 mm/h sur une durée de 15 minutes. Dans les conditions ainsi définies, on observe un ruissellement nettement plus fort sur la parcelle témoin : un débit maximum de 25 % plus élevé et un supplément de 22 % sur le volume ruisselé.

Les deux averses du 28 juillet 1986 sont tombées sur des sols très humectés (indice de Kohler égal à 17 mm) avec des intensités moyennes de 18 et 24 mm/h sur des durées de 15 minutes. Dans ces conditions on observe des volumes ruisselés équivalents sur les deux parcelles mais un débit maximal plus élevé sur la parcelle témoin.

L'effet des cordons pierreux se manifeste également sur le temps de réponse des parcelles en retardant d'environ 10 minutes l'arrivée des pointes de crues et en décalant de 15 à 30 minutes l'arrêt des ruissellements.

#### ESTIMATION DES LAMES ENTREES SUR LES PARCELLES

Les protocoles expérimentaux de simulation des pluies sur micro-parcelles de surface 1 m<sup>2</sup> ont été décrits avec précision par plusieurs auteurs : CASENAVE (1982), ALBERGEL (1987).

Les averses sont simulées avec des intensités assez fortes à très fortes (40 à 120 millimètres par heure) pour différents états d'humectation des sols, c'est-à-dire pour des indices de Kohler variant de 0 à 30 millimètres. Les micro-parcelles sont délimitées par des cadres métalliques rigides et les eaux de ruissellement sont recueillies dans de petites cuves où les variations des niveaux d'eau sont enregistrées avec un limnigraphe de haute précision.

En zone sahélienne, au Burkina Faso, différents types d'états de surface des sols ont fait l'objet de mesures grâce aux travaux de P. CHEVALIER en 1982 dans la région d'Oursi et de J. ALBERGEL en 1985 dans la région de Gorom-Gorom. Nous sélectionnerons parmi ces mesures celles qui concernent exclusivement les états de surface représentés sur les parcelles agronomiques de Samniwéogo et consignés sur le tableau n° 5 présenté ci-après :



Tableau n° 5 : Répartition des états de surface sur les parcelles agronomiques de Samniwéogo, en m<sup>2</sup>.

types d'états de surface	parcelle témoin	parcelle aménagée	parcelle labourée
éléments grossiers enchâssés	68	160	152
sables fins en buttes herbeuses	404	180	144
sables fins sans végétation	140	112	232
surface à pellicules plasmiques	464	668	542
surface de l'impluvium	1076	1120	1070
sables fins cultivés en Mil	3110	3070	3120

Les relations entre les lames ruisselées et les hauteurs pluviométriques simulées sur les surfaces élémentaires de 1 m<sup>2</sup>, s'expriment sous la forme suivante :

$$LR = a \cdot p \cdot IK + b \cdot IK + c \cdot P + d$$

où LR est la lame ruisselée exprimée en millimètres,  
P est la hauteur pluviométrique exprimée en millimètres,  
IK est l'indice des précipitations antérieures ou indice de KOHLER,  
tel que :

$$IK_n = ( IK_{n-1} + P_{n-1} ) \cdot e^{k \cdot t}$$

où t est l'intervalle de temps, exprimé en jours, séparant les pluies P<sub>n-1</sub> et P<sub>n</sub>,

k est une constante prise égale à - 0,5,

a, b, c, d sont des constantes liées au type d'état de surface.

Les relations suivantes sont extraites des travaux de J. ALBERGEL et de P. CHEVALIER :

. surfaces à éléments grossiers enchâssés

$$LR = 0,006 P \cdot IK + 0,011 IK + 0,934 P - 6,83$$

I<sub>l</sub> = 1,2 mm/h I<sub>l</sub> est l'intensité limite de ruissellement.

. surfaces à sables fins en buttes herbeuses

$$LR = 0,073 IK + 0,526 P - 5,83$$

I<sub>l</sub> = 45 mm/h sur sol sec

I<sub>l</sub> = 17 mm/h sur sol humide

. surfaces à sables fins sans végétation

$$LR = 0,867 P - 12,5$$

I<sub>l</sub> = 1,2 mm/h

. surfaces à pellicules plasmiques

$$LR = 0,932 P - 6,55$$

I<sub>l</sub> = 4,4 mm/h

. surfaces cultivées en Mil (région de Gorom-Gorom)

faible micro-relief avant sarclage :

$$LR = 0,004 P \cdot IK - 0,010 IK + 0,389 P - 4,44$$

fort micro-relief après sarclage :

$$LR = 0,005 P \cdot IK - 0,042 IK + 0,249 P - 2,51$$

$$I1 = 17,2 \text{ mm/h}$$

Il est l'intensité limite au-dessous de laquelle la pluie ne provoque aucun ruissellement.

La partie cultivée des parcelles agronomiques de Samniwéogo est surmontée d'un impluvium formé d'états de surface identiques sur chacune des parcelles mais occupant des superficies variables d'une parcelle à l'autre. Les ruissellements qui arrivent en amont des zones cultivées ne sont donc pas absolument identiques sur les trois parcelles et il nous a semblé intéressant d'estimer, pour chaque averse, les différents volumes ruisselés sur les trois impluviums. Ces volumes sont calculés à partir des formules hydrodynamiques précédentes en tenant compte des superficies occupées par chaque état de surface sur les impluviums des parcelles.

Les volumes ruisselés sont ensuite divisés par les surfaces cultivées ; exprimés en hauteurs d'eau ou lames entrées, ils peuvent alors être comparés aux hauteurs pluviométriques et aux lames ruisselées aux exutoires des parcelles.

A l'échelle annuelle, les résultats sont présentés sur le tableau n° 6. Les impluviums apportent aux parcelles agronomiques de Samniwéogo un complément hydrique dont l'importance est comparable aux volumes ruisselés aux exutoires des parcelles et varie entre 15 % et 20 % de la pluviométrie annuelle.

Pour les plus fortes averses observées, le complément hydrique n'excède pas 27 % de la hauteur pluviométrique de l'averse.

Cet apport complémentaire ne se répartit évidemment pas de façon homogène sur l'ensemble des surfaces cultivées de chaque parcelle et profite tout d'abord aux parties amont les plus proches des impluviums. Cependant le dépouillement des mesures d'humidité des sols laisse penser que les parties en aval des parcelles profitent également de ces apports lorsque les averses sont suffisamment fortes, les parcelles aménagées avec cordons pierreux en profitant sensiblement plus que la parcelle témoin.

En raison de la possibilité d'un biais dû à une mauvaise estimation des ruissellements entrants, on comparera donc surtout les bas de parcelles qui sont moins concernés par l'influence de l'impluvium.

Tableau n° 6 : Lames entrées sur les parcelles agronomiques de BIDI-SAMNIWEOGO

année	1985			1986			1987		
	20/07 au 15/10			01/06 au 15/10			01/06 au 15/10		
période	pluie sol	lame entrée	lame ruis.	pluie sol	lame entrée	lame ruis.	pluie sol	lame entrée	lame ruis.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
parcelle témoin	239	34	70	530	96	127	483	92	53
parcelle aménagée	242	43	58	528	106	124	484	107	42
parcelle labourée	-	-	-	-	-	-	486	100	17

### 3. PROTOCOLES EXPERIMENTAUX ET RESULTATS DES MESURES HYDRO-PEDOLOGIQUES ET AGRONOMIQUES.

#### 3.1. PROTOCOLES EXPERIMENTAUX

##### MESURES DES VARIATIONS DES STOCKS HYDRIQUES DES SOLS

Chaque parcelle est subdivisée en six zones de 15 à 20 mètres de largeur à cheval sur les cordons pierreux. Elles sont identifiées par les lettres A à F à partir du haut des parcelles de la manière suivante :

- . A, bordure d'impluvium, sol peu profond (50 cm), les mesures du stock hydrique sont faites sur une seule station, le suivi agronomique est effectué sur 3 stations par parcelle,
- . B, intervalle réservé aux mesures destructrices,
- . C, zone "haute", sol assez profond (120 à 160 cm), les mesures du stock hydrique sont faites sur 4 stations, le suivi agronomique est effectué sur 12 stations par parcelle,
- . D, intervalle pour mesures destructrices,
- . E, zone "basse", sol profond (220 cm), les mesures du stock hydrique sont faites sur 4 stations et le suivi des cultures est effectué sur 12 stations par parcelle,
- . F, intervalle pour mesures destructrices.

Chaque station de mesure du stock hydrique est équipée d'un tube en aluminium pour l'utilisation de sondes à neutrons. Les tubes sont placés de part et d'autre des cordons pierreux, les uns à 2 mètres en amont et en aval des cordons, les autres environ 7 mètres en amont et en aval de l'obstacle.

L'étalonnage des sondes a été réalisé in situ, sur quelques tubes au cours d'essais de ressuyage interne, selon la méthode décrite par POSS (1984). La fréquence des mesures est à peu près hebdomadaire.

La réserve utile du sol est déterminée par différence entre l'humidité volumique et l'humidité au PF 4,2, cette différence étant ensuite multipliée par la densité apparente mesurée au cylindre. La réserve hydrique utilisable tient compte de la dynamique d'enracinement observée sur des profils culturaux. (figure 21)

La variabilité des mesures de différence des stocks entre deux dates sur une profondeur de 160 centimètres permet d'évaluer une variation moyenne des stocks avec une imprécision de l'ordre de 15 millimètres pour 4 tubes, une imprécision de l'ordre de 10 millimètres pour 8 tubes. Cette imprécision doit être majorée pour tenir compte des erreurs systématiques liées à l'usage de la sonde à neutrons et à son étalonnage in situ.

##### MESURES AGRONOMIQUES ET ITINERAIRES TECHNIQUES

Pour les trois années 1985, 1986 et 1987, la conduite des parcelles a été identique : semis en poquets vers le début du mois de juillet et semis sur labours sur la parcelle labourée, un premier sarclage au tallage sur sol frais avec épandage localisé d'engrais (7 N, 10 P, 7 K) et démariage, un deuxième sarclage avant floraison suivant l'état du sol.

En 1986, de sévères attaques de criquets ont obligé à un resemis total des parcelles vers le 10 juillet. Un traitement antiacridien a été réalisé en 1986 et en 1987 et un traitement "antiborer" localisé en 1986.

La variété utilisée est une population du terroir de Bidi du groupe "Naata". C'est un Mil photopériodique à cycle variable de 80 à 120 jours, à épis longs de 35 à 45 centimètres, à paille longue et potentiel de rendement d'environ 3 tonnes de grain par hectare.

Le réseau spatial de suivi de la culture est organisé de manière à représenter correctement l'espace intercordons dans chaque zone de suivi hydrique. Le suivi agronomique comprend une mesure de la croissance et du développement 45 jours après semis sur 10 poquets par placette et 4 à 12 placettes par zone suivant la variabilité du peuplement. Des observations du profil d'enracinement par comptage à la méthode du cadre et un descriptif de l'état du Mil et du sol au cours du cycle (tous les 15 jours: enherbement, modelé de la surface, présence d'insectes ravageurs) complètent le suivi agronomique.

Les composantes du rendement sont mesurées sur les mêmes placettes de 12,5 mètres carrés au moment de la récolte avec séchage à l'étuve.

### 3.2. EVALUATION DU BILAN HYDRIQUE SUR LES PARCELLES

#### METHODE D'EVALUATION DU BILAN HYDRIQUE

Les mesures hydrologiques de surface et les mesures de stock hydrique des sols apparaissent suffisamment précises pour permettre l'établissement des bilans hydriques sur les parcelles agronomiques de Samniwéogo. Ces bilans, calculés sur différents pas de temps, doivent quantifier les pertes en eau subies par le volume de sol exploité par l'enracinement afin d'établir un diagnostic de la satisfaction des besoins en eau des cultures sur l'ensemble de la campagne agricole, permettre des comparaisons et, ultérieurement, une modélisation.

Sur le même intervalle de temps, le calcul du bilan tient compte des éléments suivants :

- . du ruissellement entrant en amont de la parcelle,  $R_e$ , produit par l'impluvium et estimé à partir des relations établies grâce au simulateur de pluie,
- . du ruissellement sortant,  $R_s$ , mesuré aux exutoires des parcelles,
- . de la pluviométrie au sol,  $P_s$ , calculée par correction des mesures effectuées aux pluviomètres placés 1 mètre au-dessus du sol,
- . de la variation du stock hydrique du sol  $\Delta s$ , mesuré à l'humidimètre à neutrons,
- . des pertes,  $ED$ , qui sont l'inconnue du bilan et regroupent l'évaporation du sol, l'évapotranspiration des plantes, le stockage d'eau dans les plantes, le drainage des eaux en profondeur en dessous des profondeurs de mesures d'humidité, et en aval des parcelles.

Sur l'intervalle de temps  $\Delta t$ , l'équation du bilan s'écrit :

$$R_e + P_s + R_s + \Delta S + ED = 0$$

L'utilisation de l'équation du bilan hydrique permet donc de calculer les pertes par évaporation et drainage lorsque les autres termes du bilan sont connus. En fonction de la position de l'intervalle de temps  $t$  au cours de la saison des pluies et de sa longueur, la signification du terme ED change complètement et la précision de son estimation varie énormément.

#### SIGNIFICATION ET PRECISION DE L'EVALUATION DES TERMES DU BILAN HYDRIQUE

La précision sur l'estimation des ruissellements entrant dans les parcelles est sensiblement identique à la précision sur les estimations de la pluie au sol c'est-à-dire de l'ordre de 10 % à 20 %. La répartition des états de surface sur l'impluvium de la parcelle témoin laisse penser que les estimations des ruissellements entrant dans cette parcelle sont légèrement mais systématiquement surestimés.

La précision sur l'estimation des ruissellements sortant des parcelles est de l'ordre de 20 %.

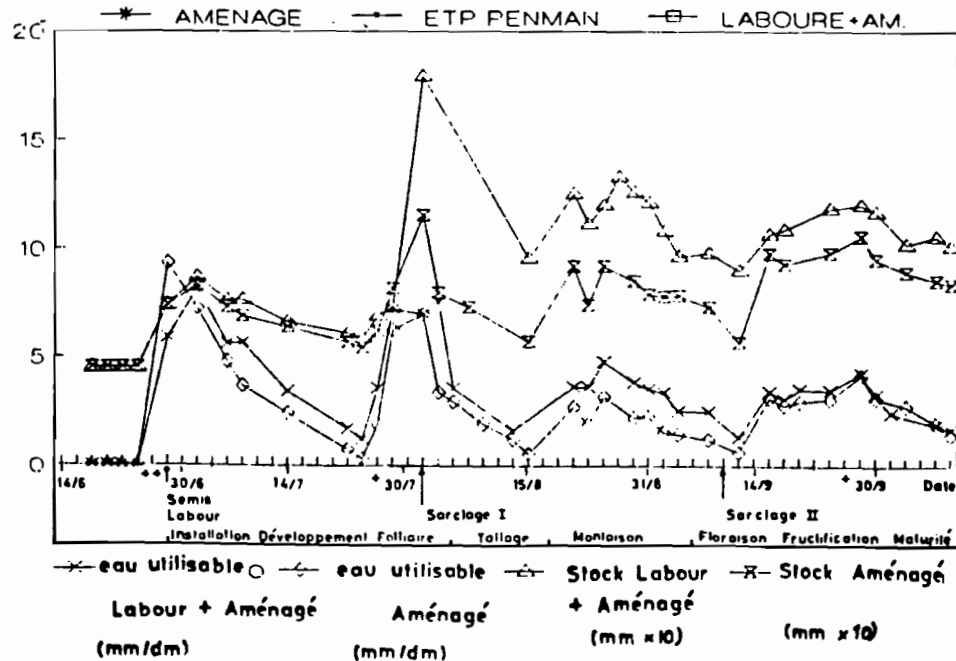
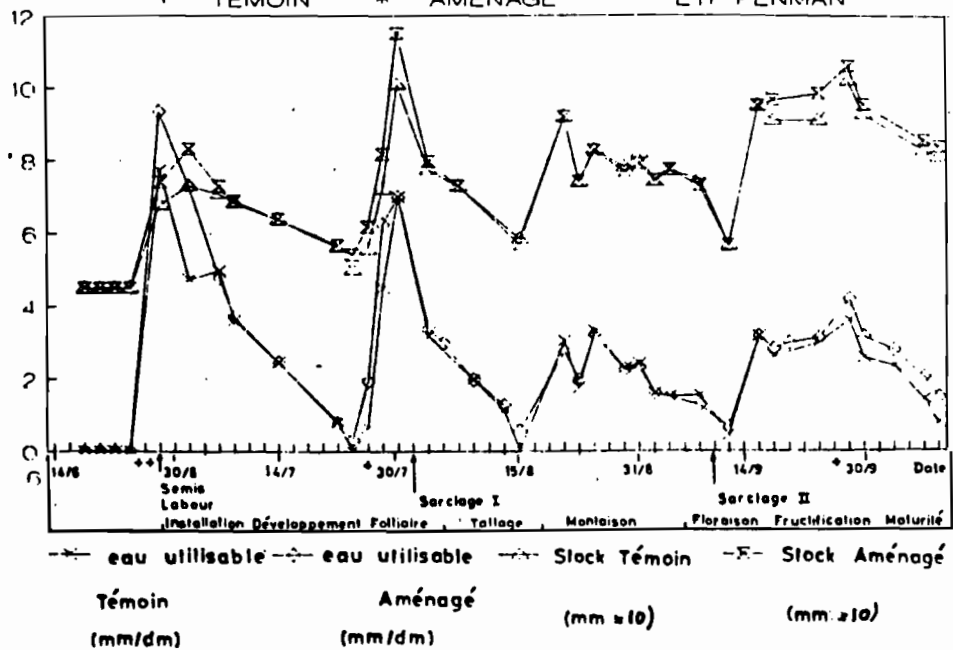
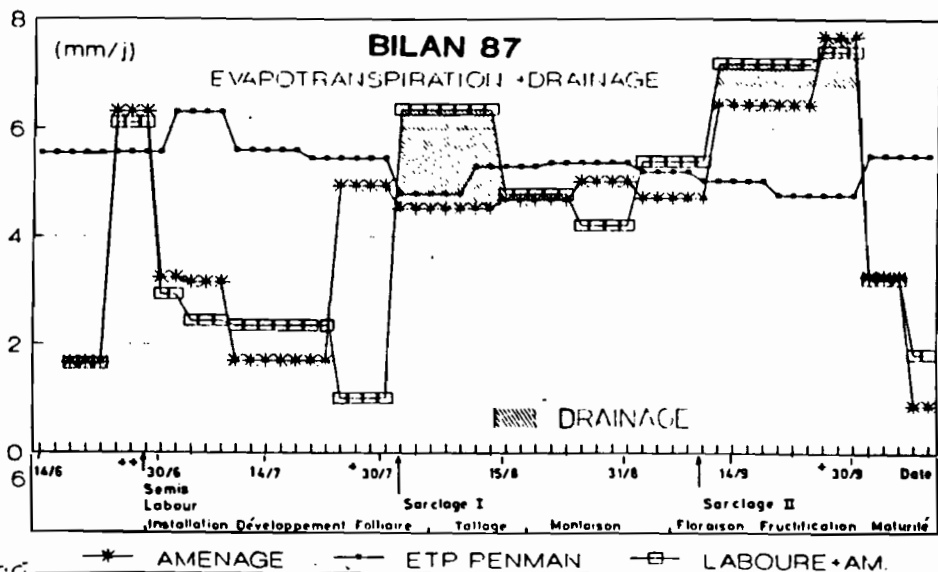
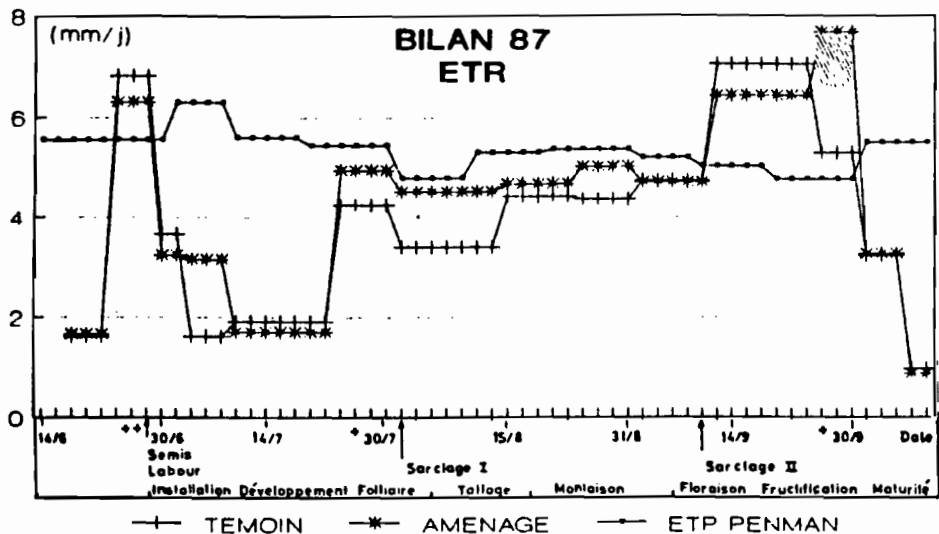
L'imprécision sur l'estimation du stock hydrique dépend essentiellement de la variabilité spatiale du stock. Elle dépend donc étroitement du nombre de tubes de sonde installés sur les parcelles. Elle est estimée en valeur absolue à 15 millimètres avec 4 tubes, à 10 millimètres avec 8 tubes quelque soit l'importance du stock. Néanmoins on accroit arbitrairement l'incertitude de 5 mm pour tenir compte de l'erreur systématique de mesure à la sonde.

La signification du terme ED, représentant les pertes en eau du stock hydrique superficiel du sol, se modifie au cours de la saison des pluies. En début de saison, en l'absence de végétation et de drainage profond, confirmé par l'examen des profils hydriques, il représente l'évaporation du sol nu. Au fur et à mesure de la croissance de la végétation, la transpiration des végétaux vient s'ajouter à l'évaporation du sol. Après une forte pluie, l'humectation des sols est suffisamment profonde pour entraîner un drainage au-dessous de la zone explorée par les tubes de sonde à neutrons. L'installation de tensiomètres, programmée pour 1988, est susceptible d'améliorer la connaissance du fonctionnement hydrique des sols, néanmoins la comparaison d'une parcelle drainante (parcelle 3) avec une parcelle sans drainage (parcelle 1) nous permettra d'en donner l'ordre de grandeur  $ED_3 - ED_1$ .

Compte tenu de l'erreur relativement stable sur l'estimation des stocks hydriques du sol, l'estimation des pertes par évapotranspiration sera d'autant plus précise que la période considérée sera longue et sèche et que l'évaluation des stocks hydriques sera effectuée sur un grand nombre de stations. L'incertitude sur une décade est de l'ordre de 2,5 mm/jour en période humide, de 1,5 mm par jour en période sèche. Ces valeurs sont importantes et doivent nous inciter à la prudence dans l'interprétation.

La cohérence entre les mesures hydrologiques superficielles et les mesures hydropédologiques a été contrôlée en comparant les stocks hydriques des différentes parcelles avant et après une pluie forte. Les différences observées entre l'augmentation du stock hydrique et l'accroissement de la lame infiltrée rentrent dans le domaine d'incertitude sans biais systématique.

Le rôle des impluviums ne doit pas être sous-estimé. Les volumes entrant dans les parcelles sont du même ordre de grandeur que les volumes écoulés aux exutoires. En 1987, les volumes entrés sont deux fois plus importants que les volumes ruisselés sur les parcelles témoin et aménagée sans labours (conf. tableau n° 6 page 17).



Figures n° 11 et 12

Figures n° 13 et 14

### 3.3. RESULTATS ET CONSEQUENCES DES BILANS HYDRIQUES SUR LES CONDITIONS D'ELABORATION DES RENDEMENTS.

Les résultats sont présentés en commençant par la campagne agricole 1987 qui a bénéficié de la meilleure pluviométrie de fin de cycle et des mesures hydrologiques les plus complètes et les plus précises.

#### RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1987

L'hivernage 1987 est composé de quatre phases pluvieuses séparées par des phases sèches assez sévères où l'on se rapproche du point de flétrissement (figure n° 6 page 9).

Pendant la première période pluvieuse, centrée sur le 26 juin, l'humidité reste très superficielle et pénètre sur une profondeur inférieure à 40 centimètres. La parcelle aménagée enregistre un gain de 6 millimètres par rapport à son témoin, gain qui sera rapidement évaporé. Après les labours, la parcelle labourée gagne 4 millimètres par rapport à la parcelle voisine, aménagée de la même façon mais non labourée.

Pendant la période sèche d'une vingtaine de jours qui se prolonge jusqu'au 23 juillet, les profils s'assèchent sur toutes les parcelles, la parcelle labourée conservant une certaine humidité.

La pluie revient le 24 juillet sous la forme d'une série d'averses violentes et créatrices de ruissellement sur un sol non sarclé, battu et très humide en surface. L'état hydrique des sols au 31 juillet 1987 est présenté sur le tableau suivant. Les stocks hydriques y sont exprimés en millimètres sur une profondeur de 1,60 mètre.

Tableau n° 7 : STOCKS HYDRIQUES DES SOLS SUR LES PARCELLES AGRONOMIQUES DE SAMNIWEOGO AU 31 JUILLET 1987.

	stock moyen de la parcelle	stock de la partie haute C	stock de la partie basse E
parcelle témoin	101 ± 2,2 mm	107 mm	95 mm
parcelle aménagée	115 ± 11 mm	102 ± 6 mm	128 ± 7 mm
parcelle labourée	179 ± 15 mm	194 ± 20 mm	165 ± 10 mm

Les quantités infiltrées apparaissent sensiblement plus fortes en haut de la parcelle témoin qu'en bas, beaucoup plus fortes en bas de la parcelle aménagée qu'en haut, beaucoup plus fortes en haut de la parcelle labourée qu'en bas. En moyenne on retrouve bien les 15 millimètres supplémentaires infiltrés sur la parcelle aménagée et mesurés en volumes ruisselés sur la parcelle témoin en excès par rapport à la parcelle aménagée. Par contre, la parcelle labourée présente un excès d'infiltration de 78 millimètres par rapport à la parcelle témoin alors que l'écart observé sur les ruissellements n'est que de 43 millimètres. Il y aurait donc, pendant cette phase pluvieuse, une économie d'évaporation importante sur la parcelle labourée, due probablement au remaniement de la surface du sol par le labour et à l'absence d'enherbement.

Dans la parcelle labourée, le front d'humectation descend au delà de 1,60 mètres mais ne s'approfondit que très localement sur les deux autres parcelles. En bas de la parcelle labourée, le profil hydrique présente un "ventre" au contact de la carapace ferrugineuse, ce qui correspond sans doute à une amorce de transfert latéral.

Au cours de la phase sèche survenue pendant la première quinzaine du mois d'août, l'évapotranspiration de la parcelle témoin s'établit à 3,5 millimètres par jour, celle de la parcelle aménagée s'établit à 4,5 millimètres par jour. Sur la parcelle labourée, le stock hydrique mesuré au-dessous de la profondeur 1,60 mètre a été évalué à 30 millimètres ; il correspond à un drainage sous-racinaire qui suppose des pertes chimiques en nitrates et bases. Le 15 août le point de flétrissement est atteint sur les parcelles témoin et aménagée où les stocks hydriques se sont égalisés. La parcelle labourée conserve un excès de stock évalué à 40 millimètres comparativement aux deux autres parcelles.

La troisième phase pluvieuse survient sur des sols sarclés, les stocks hydriques s'égalisent sur la parcelle témoin et sur la parcelle aménagée. Après une dessiccation progressive des profils au début du mois de septembre, une dernière vague de pluies sur sols sarclés reconstitue les profils hydriques et provoque un drainage profond estimé à 10 millimètres sur la parcelle labourée. L'évapotranspiration sur les trois parcelles est estimée à environ 7 millimètres par jour dès la floraison.

A la fin de la fructification se manifeste un arrêt brutal de la transpiration végétale du Mil.

- interprétation, conclusions

A l'échelle des parcelles les évaluations des quantités d'eau infiltrées par mesure des stocks hydriques des sols ou par mesure des précipitations et des ruissellements concordent assez bien.

Le travail du sol avant semis joue un rôle essentiel sur l'infiltration, le même que le sarclage. En 1987, le labour a permis d'infiltrer 45 millimètres supplémentaires en début de saison et permis d'économiser 40 millimètres d'évaporation. En contrepartie, le labour a provoqué un drainage profond de 30 millimètres à l'époque du pic de minéralisation, de 10 millimètres à la fructification, laissant 20 millimètres d'eau en terre à la fin du cycle végétatif. L'alimentation hydrique du Mil est restée optimale sur la parcelle labourée en 1987 malgré les périodes sèches.

Les sarclages permettent aux sols d'absorber la quasi totalité des pluies et ruissellements provenant des impluviums situés en amont des parcelles agronomiques, sur une tranche pluviométrique d'environ 100 millimètres.

L'aménagement en cordons pierreux joue un rôle discret, il n'accroît l'infiltration que lors d'évènements pluvieux intenses sur des sols ayant perdu une bonne partie de leur rugosité. Son rôle n'est donc perceptible qu'en début de saison des pluies, en fin de saison et après le premier sarclage lorsque le second sarclage est tardif. Les cordons pierreux ont permis d'accroître l'infiltration sur la parcelle aménagée d'environ 25 millimètres, améliorant l'alimentation hydrique du Mil en début d'installation, au tallage et à la fructification.



Les impluviums, malgré leur petite taille, jouent un rôle important d'irrigation complémentaire : environ l'équivalent de 100 millimètres de pluies supplémentaires. Cette irrigation complémentaire bénéficie surtout aux parties hautes des parcelles lorsque les sols ont été sarclés ou labourés mais elle bénéficie également aux sols situés plus en aval lorsque l'état de surface des sols a perdu de sa rugosité et lorsque les pluies sont fortes.

Les cloisons installées en 1987 en amont des cordons pierreux semblent avoir joué un rôle majeur dans la répartition des ruissellements sur les parcelles aménagées, évitant la formation de ruisselets.

- conséquences sur l'élaboration du rendement

L'état du Mil, 45 jours après les semis, est présenté sur le tableau n° 8 ci-dessous.

Tableau n° 8 : ETAT DU MIL 45 JOURS APRES LES SEMIS EN 1987.

	hauteur en cm	stade foliaire (équivalent feuille)	enherbement couvert en 1/10 X H en dm
parcelle témoin	37 ± 4	9,3 + 0,4	5,2
parcelle aménagée	40 ± 3	9,8 ± 0,3	6,2
parcelle labourée	74 ± 3,5	10,8 ± 0,2	0,6

La parcelle labourée s'écarte fortement des deux autres parcelles en croissance comme en développement. Le labour a permis d'infiltrer une hauteur supplémentaire de seulement 3,5 millimètres mais a permis d'économiser 10 millimètres sur l'évaporation, diminuant la durée du stress hydrique qui semble s'être établi à partir d'une humidité utile de 2 millimètres par décimètre de sol.

L'effet des labours sur la croissance doit être rapproché des conséquences du labour sur la minéralisation (BOYER 1982), sur l'enracinement (figure n° 21), sur l'enherbement et sur l'aération du sol.

L'aménagement en cordons pierreux a des conséquences très discrètes sur la phase d'installation du Mil.

Le rôle de l'impluvium est perceptible dans la parcelle témoin mais la différenciation entre la zone haute et la zone basse n'apparaît pas dans la parcelle aménagée où les cordons pierreux semblent favoriser l'infiltration dans la zone basse.

Les différences observées entre parcelles 45 jours après les semis se conservent jusqu'à la récolte (figure n° 23). Seule la zone basse de la parcelle labourée apparaît défavorisée comparativement à la zone haute de cette même parcelle : une taille de 2,10 mètres contre 2,30 mètres dans la zone haute, une production de 250 grammes de matière sèche par mètre carré contre 380 grammes de matière sèche dans la zone haute. L'hypothèse la plus vraisemblable est un appauvrissement chimique de la zone basse de la parcelle labourée suite à la forte production de l'année précédente et à la lixiviation lors du drainage profond au-delà des possibilités de récupération par les racines, deux années de suite.

Le haut des parcelles apparaît systématiquement avantageé et la parcelle aménagée présente une production végétale nettement plus forte que la parcelle témoin. L'hétérogénéité intraparcélaire joue en faveur des zones proches des cordons pierreux. Une meilleure satisfaction des besoins en eau serait à l'origine de cette différenciation (voir figure 21)

Sur l'ensemble des stations de mesure de la récolte, le poids de grain sec est très corrélé à la matière végétale (20 à 30 % de grain) ce qui suppose une fructification correcte en 1987 sur l'ensemble des parcelles. Seul le bas de la parcelle aménagée déroge à cette règle avec un pourcentage de 15 % de grain dans la matière sèche. Le croisement des deux composantes nombre d'épis et poids des épis (figure n° 26) met en évidence le rôle de la phase de montaison-initiation de l'épi sur la création d'un nombre d'épis. En effet, alors qu'à cette époque il n'y a pas eu de différences d'humectation des sols entre la parcelle témoin et la parcelle aménagée, des différences intraparcélaire ont été observées entre le haut et le bas des parcelles, le haut des parcelles ayant été mieux alimenté en eau a aussi plus d'épis. Il n'y a pas eu de véritable stress hydrique (voir ETR) mais un défaut d'alimentation minérale dû à une trop faible humidité dans les zones basses des parcelles, alors que la phase de montaison-épiaison est la plus exigeante en alimentation minérale, et que celle-ci est, en grande partie, d'origine rhizosphérique active.

La taille de l'épi est réglée par compensation en fonction de la biomasse. La parcelle aménagée et la parcelle labourée ont su se constituer des biomasses importantes, elles présentent donc en 1987 des rendements plus importants que la parcelle témoin.

Néanmoins le rendement en grain reste inférieur en bas de parcelle aménagée et labourée à ce qu'il devrait être. Le drainage en sol profond, qui entraîne une malnutrition minérale, semble la cause de ce phénomène.

En conclusion, en 1987, l'aménagement a conduit à un accroissement de biomasse grâce à une meilleure évapotranspiration réelle au tallage et un meilleur fonctionnement racinaire.

L'impluvium a contribué à différencier le haut et le bas sur le nombre d'épis (conditions d'alimentation minérale à la montaison).

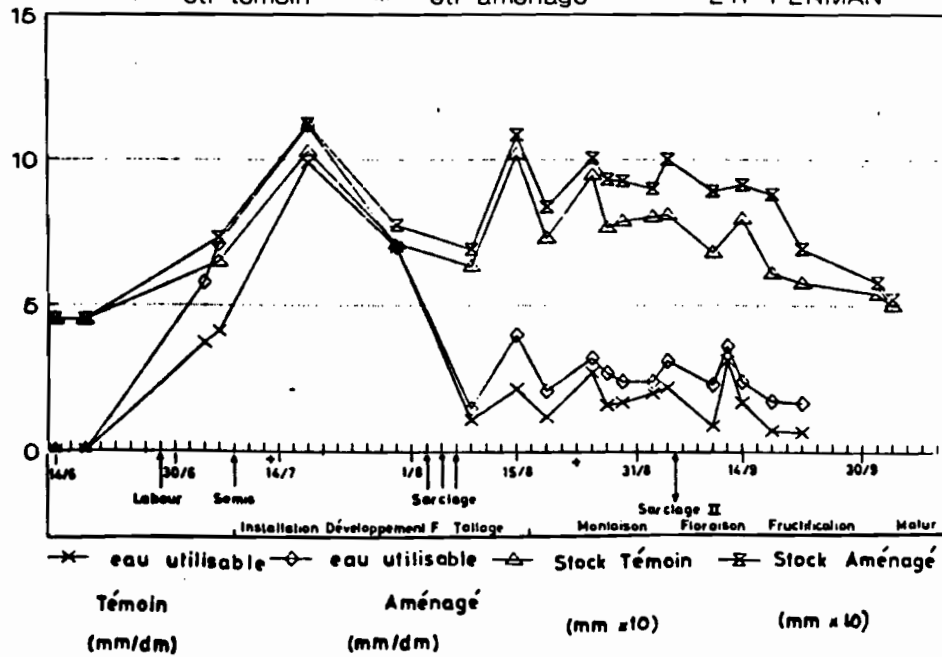
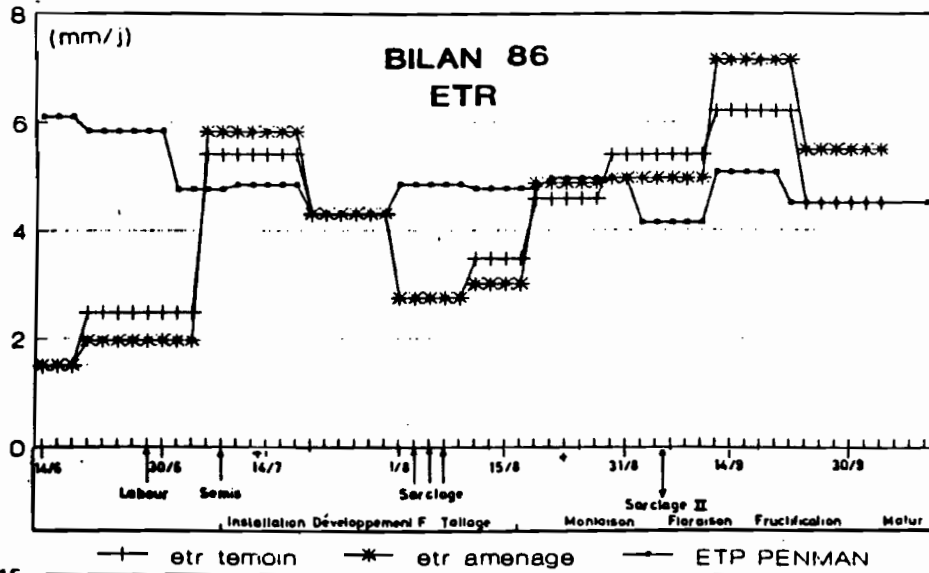
Le labour a permis une exploitation totale du profil cultural mais a conduit à un drainage appauvrissant dans la partie basse.

#### RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1986

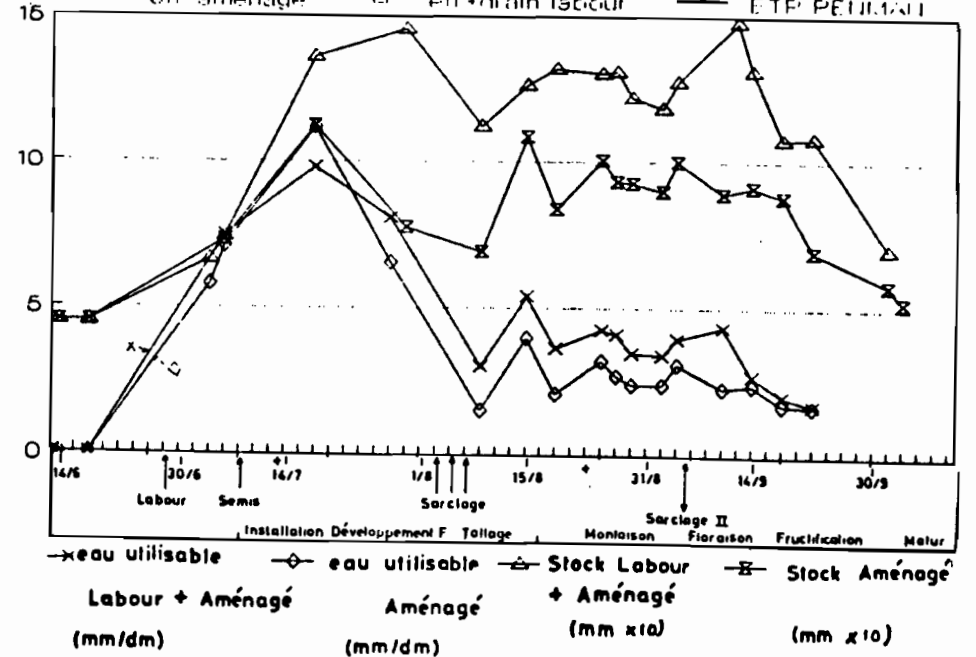
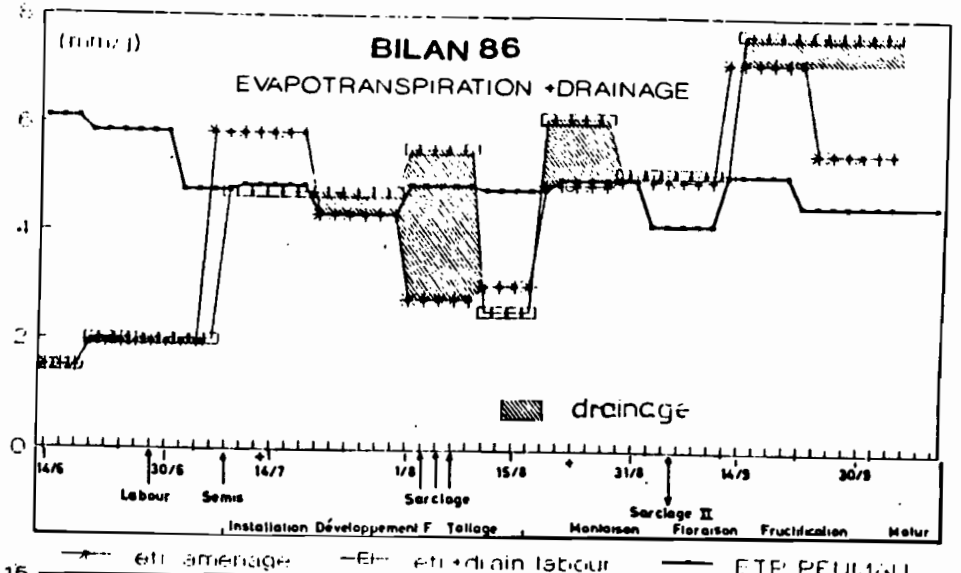
Avec un total pluviométrique de 530 millimètres, la saison des pluies de l'année 1986 s'avère plus favorable que la saison 1987. Les pluies ont été régulières, bien réparties au cours de la saison, mais médiocre en fin de cycle. Le front d'humectation n'a pas dépassé 1,60 mètre de profondeur dans les parcelles non labourées.

Par contre, dans la parcelle labourée, la progression du front d'humectation a été très rapide et le drainage profond commence au début du mois d'août.

L'effet des cordons pierreux sur l'infiltration a été observé le 13 août avec un supplément infiltré de 7 millimètres dans la parcelle aménagée par rapport à la parcelle témoin, le 22 août avec un supplément infiltré de 8 millimètres dans la parcelle aménagée.



Figures n° 15 et 16



Figures n° 17 et 18

L'eau infiltrée après la pluie du 22 août s'est retrouvée stockée en profondeur comme l'indique le tableau ci-dessous :

Tableau n° 9 : Stocks hydriques des sols dans les parcelles témoin et aménagée le 25 août 1986, en mm.

profondeurs	parcelle témoin stocks en mm	parcelle aménagée stocks en mm
0 à 40 cm	37,3 ± 3,0	38,1 ± 1,7
40 à 60 cm	16,7 ± 3,0	16,8 ± 2,0
60 à 120 cm	22,9 ± 1,6	31,9 ± 6,1
120 à 160 cm	10,5 ± 1,2	12,2 ± 2,2

Cette réserve profonde des sols sera épargnée jusqu'en fin de cycle grâce à l'occurrence de nombreuses pluies au cours du mois de septembre et elle sera utilisée lors de la fructification pour compenser le déficit hydrique.

Bien que la parcelle labourée n'ait pas fait l'objet de mesures hydrologiques de surface en 1986, nous avons simulé le fonctionnement de cette parcelle à partir des observations effectuées en 1987. Au total, la parcelle labourée stocke dans ses sols un supplément de 75 millimètres qui se décompose en un supplément d'infiltration de 65 millimètres par rapport à la parcelle aménagée non labourée et une économie d'évaporation estimée à 10 millimètres. Ce stock hydrique complémentaire ira en s'amenuisant progressivement jusqu'à la fructification où il sera déterminant et compensera le déficit hydrique en fin de cycle.

En comparant les bilans hydriques des deux parcelles aménagées, on s'aperçoit que la parcelle labourée est très certainement l'objet d'un drainage profond d'environ 30 millimètres dans la première décade du mois d'août, de 10 millimètres pendant la troisième décade du même mois. En dehors de ces deux périodes, l'évapotranspiration réelle est identique dans les trois parcelles agronomiques jusqu'à la fructification.

Lors de la fructification, la parcelle témoin apparaît très déficitaire, la parcelle aménagée non labourée apparaît légèrement déficitaire par rapport aux besoins du Mil et la parcelle labourée fournit correctement la demande évaporatoire conservant même un surplus de 12 millimètres d'eau en terre le 1er octobre.

#### - conséquences sur l'élaboration du rendement

En 1986, l'état du Mil, 34 jours après les semis est le même qu'en 1987, 45 jours après les semis. Il semble donc qu'en 1986 le développement du Mil ait été optimal avec un développement de 0,33 feuille par jour.

Tableau n° 10 : Etat du mil 34 jours après les semis en 1986.

	hauteur en cm	stade foliaire (équivalent feuille)	enherbement couvert en 1/10 x par H en dm
parcelle témoin	31,5 ± 7,2	9,85 ± 0,59	1,08
parcelle aménagée	35,8 ± 4,4	10,15 ± 0,74	1,76
parcelle labourée	48,1 ± 6,3	11,10 ± 0,55	0

En l'absence de stress hydrique en début de cycle, les différences de développement et de croissance observées entre la parcelle labourée et la parcelle non labourée peuvent être interprétées pour le développement, comme les effets d'une meilleure absorption du rayonnement solaire sur la parcelle labourée, due à une plus grande rugosité du sol en surface, et comme les effets d'une amélioration de l'aération et d'une diminution de l'enherbement par le labour pour la croissance.

Dans la parcelle aménagée, l'état de l'enherbement et de la croissance du Mil suggèrent un meilleur enracinement et une meilleure alimentation minérale de cette parcelle par rapport à son témoin, dus probablement à une plus forte humidité des sols.

A partir de la floraison, c'est-à-dire du 21 septembre 1986, le Mil poursuit une croissance maximum sur la parcelle labourée alors que les parcelles non labourées voient l'humidité de leurs sols baisser et le Mil freiner sa croissance. L'état de l'enracinement, mesuré à la floraison (figure n° 21), confirme la qualité de l'enracinement dans la parcelle labourée et l'influence, dans la parcelle aménagée, des conditions d'humectation sur la mise en place des racines. Les quantités de matière sèche sont bien corrélées à l'état d'enracinement (tableau n° 13) et les différences n'ont fait que s'accuser à la fin du cycle végétatif.

La production de matière sèche est bien supérieure à celle de 1987. Elle est particulièrement forte à proximité des impluviums et des cordons pierreux.

- composantes du rendement

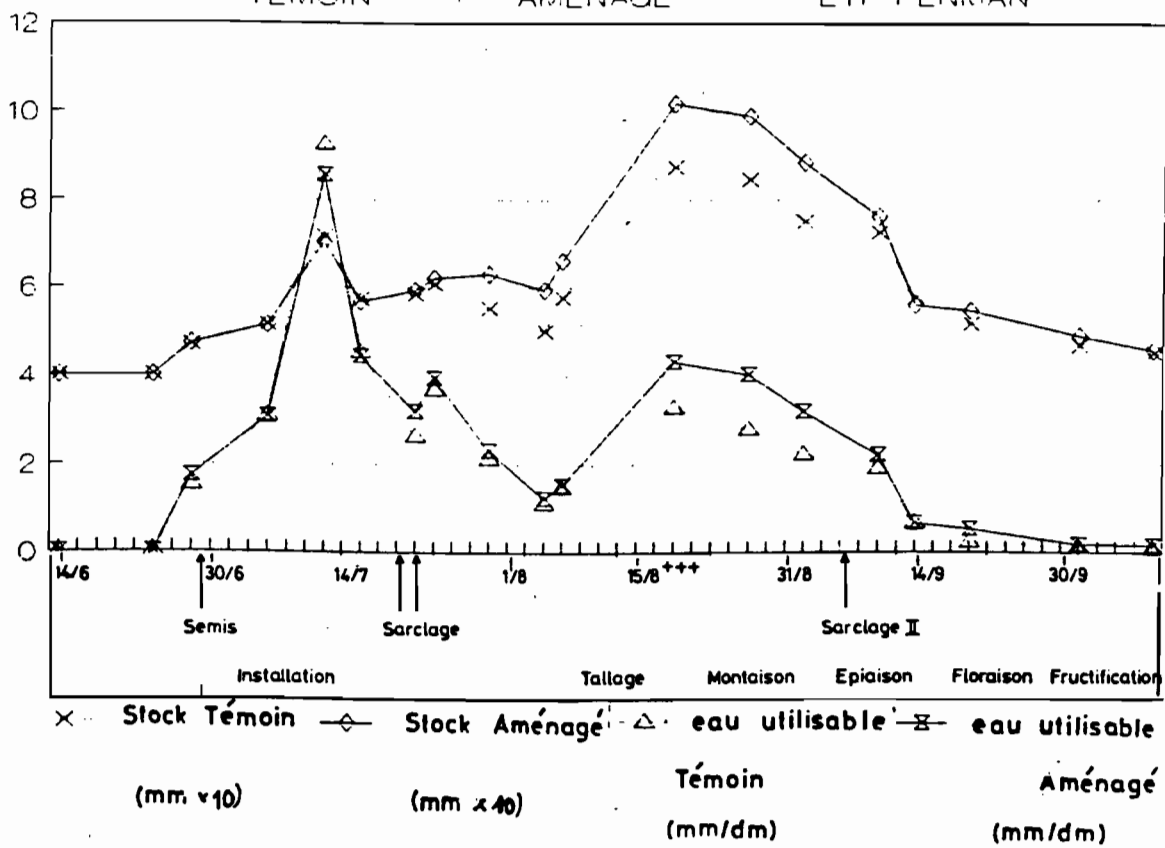
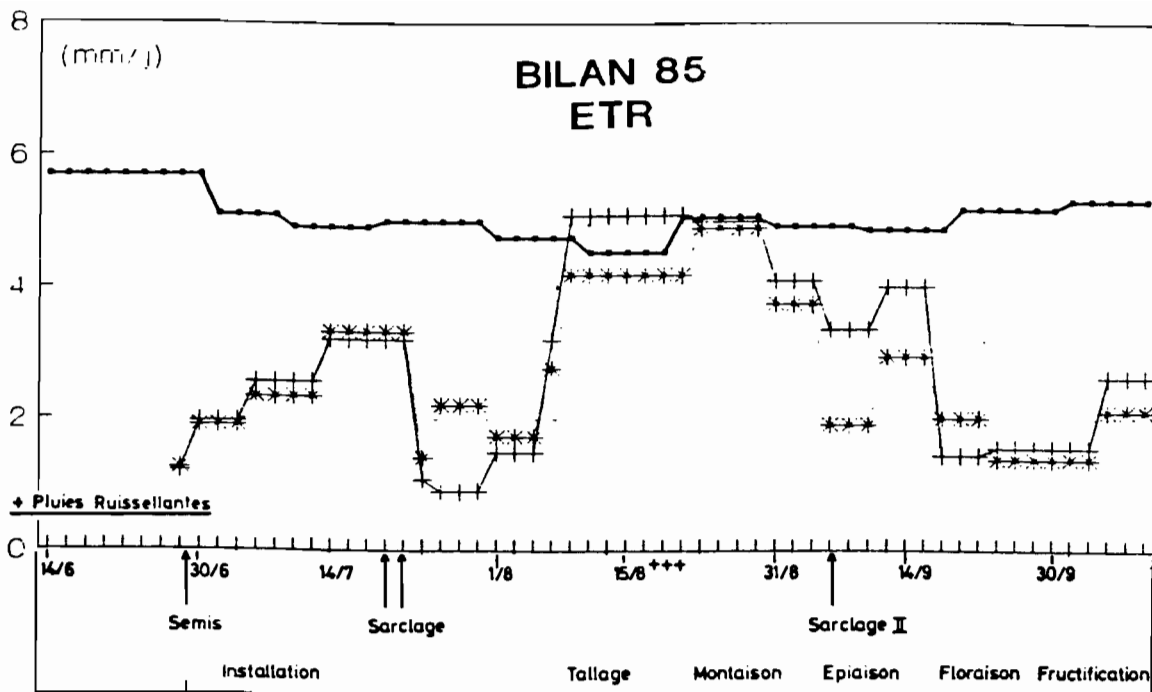
La figure n° 27 montre la bonne relation entre la production de matière sèche et la production en grain, mais en 1986 le grain ne représente que 10 à 15 % de la matière sèche totale contre 20 à 30 % en 1987. Seule la partie haute de la parcelle labourée enregistre un pourcentage de 20 % de grain sur la matière sèche.

La figure n° 26 croise le poids en grain par épis et le nombre d'épis. En 1986, le poids de 1000 grains est plus faible qu'en 1987 mais le nombre de grains est plus élevé par épis, ce qui suppose une meilleure détermination de la taille de l'épi à l'initiation paniculaire, probablement due à un nombre d'épis utiles plus faible en 1986 qu'en 1987.

Si l'on tient compte du fait que les parcelles ont subi en 1986 de lourdes attaques de foreurs, on comprend la faiblesse du nombre d'épis utiles par rapport aux épis formés bien que la situation hydrique et chimique ait été meilleure en 1986 qu'en 1987.

Le haut de la parcelle labourée est la seule zone qui ait été traitée contre les foreurs au moment du sarclage par épandage systématique d'insecticides, elle se trouve être "exagérément" pourvue en épis utiles. Sans les attaques des foreurs, il aurait donc dû y avoir beaucoup plus d'épis utiles en 1986. Les foreurs agissent en infectant les talles et en faisant avorter les épis, ce qui réduit fortement la population d'épis utiles.

Des différences importantes sur le nombre d'épis ont été observées en 1986 à l'intérieur de chaque parcelle. Ces différences semblent liées à l'état d'enracinement, qui conditionne les capacités de nutrition minérale, plutôt qu'à l'humidité des sols qui a joué un rôle déterminant en 1987 sur l'alimentation minérale du Mil au moment de l'initiation des épis.



Figures n° 19 et 20

Les différences observées sur le nombre de grains par épi sont importantes entre parcelles et varient en fonction de la biomasse élaborée et du nombre d'épis à remplir. En 1986 la biomasse a été globalement bien supérieure à celle de 1987 mais suite à la faiblesse du nombre d'épis, la compensation par le poids de l'épi s'est opérée sur le nombre de grains mais le poids des grains est resté faible. Cette faiblesse du poids des grains est à mettre en relation avec la période sèche de fin de fructification ; conjuguée avec la vigueur des attaques des foreurs, elle explique la faiblesse des rendements en grains pour l'année 1986.

La campagne agronomique de l'année 1986 confirme que l'amélioration de l'humidité des sols au début du cycle végétatif du Mil a des répercussions sur l'enracinement et se traduit ultérieurement par une meilleure alimentation minérale qui accroît la biomasse et le nombre d'épis. Néanmoins la biomasse ne suffit pas et il faut de bonnes conditions sanitaires (problème des foreurs) et de bonnes conditions d'alimentation hydrique en fin de cycle pour obtenir des rendements corrects. Cette campagne voit se confirmer l'effet de l'aménagement et des labours pour lutter contre le déficit hydrique en fin de cycle au moment de la fructification.

#### RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1985

La saison des pluies s'est révélée très médiocre en 1985.

Au cours du mois de juillet, le front d'humectation ne dépasse pas 50 centimètres de profondeur même à l'amont des cordons pierreux où le remplissage des horizons superficiels du sol alterne avec leur dessèchement.

Du 14 au 20 août, une succession de fortes pluies après le premier sarclage parvient à saturer suffisamment les sols des parcelles pour provoquer la formation d'un second "ventre" d'humectation à la profondeur 70 centimètres dans les zones défavorisées, à la profondeur 1 mètre dans les zones plus favorisées. Plus en profondeur, le profil s'humidifie très légèrement (1 à 2 %).

En septembre, après l'arrêt précoce des pluies, les profils de dessiccation révèlent la consommation rapide de l'eau superficielle.

Les parcelles témoin et aménagée ne se différencient qu'à partir du 14 août, à la faveur des fortes pluies. Le coefficient de ruissellement moyen est alors de 39 % sur la parcelle témoin, de 30 % sur la parcelle aménagée, provoquant un stockage supplémentaire d'environ 15 millimètres dans les sols de la parcelle aménagée, valeur corroborée par les mesures de stock hydrique.

L'année 1985 est caractérisée par deux grandes périodes de déficit hydrique : la première période se situe en fin d'installation du Mil, elle a retardé le développement et bloqué la croissance du Mil compromettant ainsi l'élaboration du peuplement en épis ; la seconde période de déficit hydrique se situe à la fructification.

#### - conséquences pour l'élaboration du rendement

En liaison avec la sécheresse de fin juillet, début août, les cultures de Mil accusent en 1985 un retard de croissance et de développement par rapport à l'année 1986.

Tableau n° 11 : Etats du mil après les semis en 1985.

	hauteur en cm	stade foliaire
le 7 juillet		
parcelle témoin	3,6 $\pm$ 0,54	environ 2,5
parcelle aménagée	4,5 $\pm$ 0,92	
le 25 juillet		
parcelle témoin	13,2 $\pm$ 1,79	5,88 $\pm$ 0,51
parcelle aménagée	16,5 $\pm$ 2,02	6,94 $\pm$ 0,74
le 11 août (44JAS)		
parcelle témoin	27,6 $\pm$ 7,3	10,25 $\pm$ 1,03
parcelle aménagée	32,4 $\pm$ 7,4	10,65 $\pm$ 1,27

Les semis ayant eu lieu le 29 juin 1985, 44 jours après les semis, c'est-à-dire le 11 août, les différences de stade observées entre la parcelle témoin et la parcelle aménagée ne sont pas significatives. Par contre des différences intraparcéllaires apparaissent dans la parcelle aménagée entre le haut et le bas de cette parcelle sur le stade foliaire : 12,1 en bas de la parcelle; 9,7 en haut de la parcelle.

L'examen du tableau n° 11 permet de constater une avance de la croissance et du développement du Mil sur la parcelle aménagée jusqu'au 25 juillet. Cette avance est sans doute liée à une germination plus rapide et à un meilleur enracinement sur la parcelle aménagée. Les mesures de profondeur du front d'humectation le 5 juillet avantagent effectivement cette parcelle avec une profondeur humectée de 25 centimètres contre 15 centimètres dans la parcelle témoin et le 7 juillet, 15 % des poquets ne sont pas encore levés dans la parcelle témoin.

Le 25 août, les différences entre les parcelles se sont estompées et les phases de montaison et d'épiaison sont strictement synchrones sur les deux parcelles. Toutefois, des différences de croissance sont enregistrées en fin de cycle : 158 cm sur la parcelle témoin, 174 cm sur la parcelle aménagée.

La matière sèche produite en 1985 est très inférieure aux productions de 1987 et 1986. L'effet de l'impluvium et l'effet des cordons pierreux apparaissent positifs sur la production de matière sèche par une amélioration de l'alimentation hydrique à la montaison et à l'épiaison, phases actives de création de matière sèche.

- les composantes du rendement

Alors qu'il existe en 1986 et 1987 une liaison positive entre la quantité de matière sèche et le poids en grains, en 1985 l'essai présente une liaison négative qui suggère qu'au delà d'une certaine biomasse l'échaudage a été radical. En fait, à l'échelle des stations (12 m<sup>2</sup>), si l'on croise les deux paramètres, une liaison positive apparaît dans chaque zone entre le résultat de la croissance et la qualité de la fructification. La biomasse ne semble donc pas directement en cause et il semble qu'intervienne l'état hydrique des sols en relation avec l'état d'enracinement. L'état des stocks hydriques au 20 août et au 9 septembre est présenté sur le tableau n° 12 ci-après.



Tableau n° 12 : Stocks hydriques le 20 août et le 9 septembre 1985 sur les parcelles agronomiques de Samniwéogo, stocks exprimés en mm.

	le 20 août à la montaison		le 9 septembre à l'épiaison	
	zone haute	zone basse	zone haute	zone basse
parcelle témoin	87,0	87,5	69,9	72,9
parcelle aménagée	104,5	99,8	73,1	78,2

Alors qu'en début de saison, le haut des parcelles a toujours été avantage favorisant ainsi l'enracinement et la croissance, à l'épiaison c'est le bas des parcelles qui bénéficie d'un stock hydrique légèrement plus important. En situation de stress hydrique, il semble que la culture présentant le meilleur enracinement extraie plus rapidement l'eau dont elle a besoin, accentuant ainsi le déficit ultérieur. A l'inverse les enracinements plus faibles ont tendance à épargner l'eau stockée améliorant les conditions d'humectation des sols à l'épiaison et permettant une meilleure fructification, une meilleure relation entre le poids en matière sèche et le poids en grains, un plus fort pourcentage d'épis utiles.

En 1985 nous avons observé sur la parcelle témoin la disparition de 10 % des poquets entre la levée et la récolte. Cette disparition des poquets est due à leur arrachage par les eaux de ruissellement au cours de la tornade du 13 août pour laquelle ont été observés une intensité maximale de 88 millimètres par heure, un débit spécifique de 5,5 l/m/s contre 4,6 l/m/s en témoin. Les plants avaient été fragilisés par le sarclage réalisé avant une période très sèche.

Comme en 1986, l'eau supplémentaire infiltrée en aval des impluviums et en amont des cordons pierreux a été mise en réserve en début de saison des pluies puis utilisée dans la phase de croissance végétative, mais elle est restée insuffisante pour assurer la fructification. La campagne 1985 montre qu'en cas d'année très sèche, favoriser l'infiltration en début de cycle accroît les risques d'échaudage en fin de cycle.

	1985	Parcelle Témoin	Parcelle Aménagée	Parcelle Aménagée + Labour
HAUT	Matière Sèche/m2 (g)	141,9 ± 29,1	161,4 ± 43,4	Non labouré  mais cultivé
	Poquets/m2	1,36 ± 0,11	1,81 ± 0,15	
	Epis/m2	2,7 ± 1,0	2,4 ± 0,5	
	Epis utiles/m2	2,3 ± 0,9	1,3 ± 0,6	
	% épis utiles	86	54	
	Grain/épi utile (g)	6,75 ± 2,83	3,45 ± 1,31	
	Grain/m2	17,4 ± 9,5	7,5 ± 2,7	
BAS	Matière Sèche/m2 (g)	98,3 ± 21,6	136,6 ± 35	
	Poquets/m2	1,23 ± 0,13	1,61 ± 0,11	
	Epis/m2	2,9 ± 0,9	3,4 ± 0,74	
	Epis utiles/m2	2,0 ± 1,0	2,2 ± 0,95	
	% épis utiles	69	65	
	Grain/épi utile (g)	6,06 ± 3,20	5,40 ± 2,70	
	Grain/m2	16,3 ± 9,7	18,0 ± 10,8	
1986				
HAUT	Matière Sèche/m2 (g)	280,0 ± 37,0	315,3 ± 54,7	493,1 ± 31,3
	Poquets/m2	1,92 ± 0,17	1,95 ± 0,21	2,23 ± 0,32
	Epis/m2		8,42 ± 0,7	
	Epis utiles/m2	3,4 ± 0,6	3,8 ± 0,5	6,9 ± 2,0
	Grain/épi utile (g)	8,15 ± 0,59	10,78 ± 2,07	13,63 ± 2,23
	Nombre grains/épis utiles	1455 ± 453	1762 ± 326	2308 ± 268
	Poids de 1000 grains (g)	5,48 ± 0,47	6,15 ± 0,53	5,91 ± 0,72
	Grains/m2 (g)	29,4 ± 12,0	47,1 ± 13,6	102,5 ± 20,1
	% épis utiles		45	
BAS	Matière Sèche/m2 (g)	207,9 ± 29,4	281,6 ± 43,8	432,1 ± 95,7
	Poquets/m2	1,68 ± 0,19	1,69 ± 0,20	2,04 ± 0,20
	Epis/m2		6,25 ± 0,70	
	Epis utiles/m2	2,47 ± 1,09	2,88 ± 0,66	4,35 ± 0,67
	% épis utiles		46	
	Grain/épis utiles (g)	6,8 ± 1,7	10,13 ± 1,31	12,96 ± 2,25
	Nombre grains/épis utiles	1395 ± 450	1781 ± 264	2167 ± 405
	Poids 1000 grains (g)	5,03 ± 0,66	5,75 ± 0,60	6,00 ± 0,34
	Grains/m2 (g)	17,6 ± 1,3	33,0 ± 8,6	61,21 ± 13,0
1987				
HAUT	Matière Sèche/m2 (g)	196,5 ± 28,5	236 ± 29,7	376,4 ± 47,0
	Poquets/m2	1,91 ± 0,36	1,67 ± 0,15	1,1 ± 0,08
	Epis utiles/m2	4,1 ± 0,3	3,9 ± 0,4	4,7 ± 0,3
	Grain/épis utiles (g)	8,3 ± 1,1	11,6 ± 1,6	16,1 ± 1,9
	Nombre grains/épis utiles	1268 ± 132	1538 ± 336	1944 ± 199
	Poids 1000 grains (g)	6,52 ± 0,35	7,07 ± 0,46	8,28 ± 0,48
	Grains/m2 (g)	38,3 ± 5,1	48,5 ± 7,0	80,8 ± 11,3
BAS	Matière Sèche/m2 (g)	157,3 ± 18,9	229,7 ± 57,0	251,0 ± 26,0
	Poquets/m2	1,50 ± 0,23	1,38 ± 0,1	1,15 ± 0,1
	Epis utiles/m2	3,67 ± 0,84	3,33 ± 0,47	4,42 ± 0,46
	Grain/épis/utiles (g)	8,23 ± 2,06	11,28 ± 1,08	11,65 ± 0,75
	Nombre grains/épis utiles	1330 ± 217	1628 ± 192	1609 ± 94
	Poids 1000 grains (g)	6,03 ± 0,70	6,79 ± 0,27	7,25 ± 0,23
	Grains/m2 (g)	30,85 ± 5,3	40,2 ± 8,6	55,0 ± 6,4

Tableau : 13 Composantes du rendement par zone.

L'intervalle de confiance est calculé au niveau 0,95.

Figure: 21  
DENSITE VISUELLE  
D'ENRACINEMENT SUR  
LES PROFILS CULTURAUX  
DE L'ESSAI

Note: nombre de racines  
observées sur 25 cm<sup>2</sup> de  
profil  
r = 0 : note 0  
r = 1 : note 1  
2 < r < 4 : note 2  
4 < r < 7 : note 3  
r > 7 : note 4

1 point moyen de 128  
notes (1,5 m x 0,2 m)

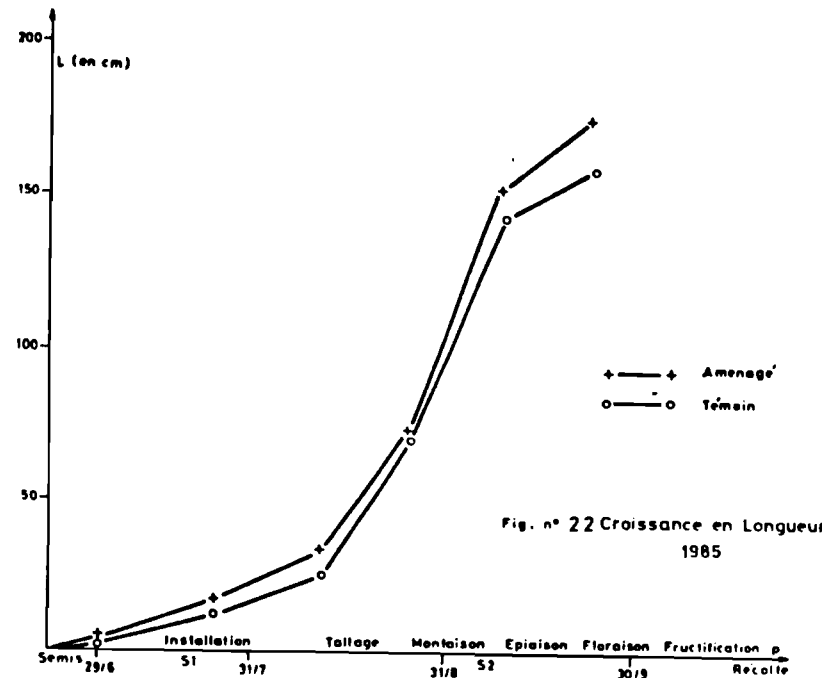
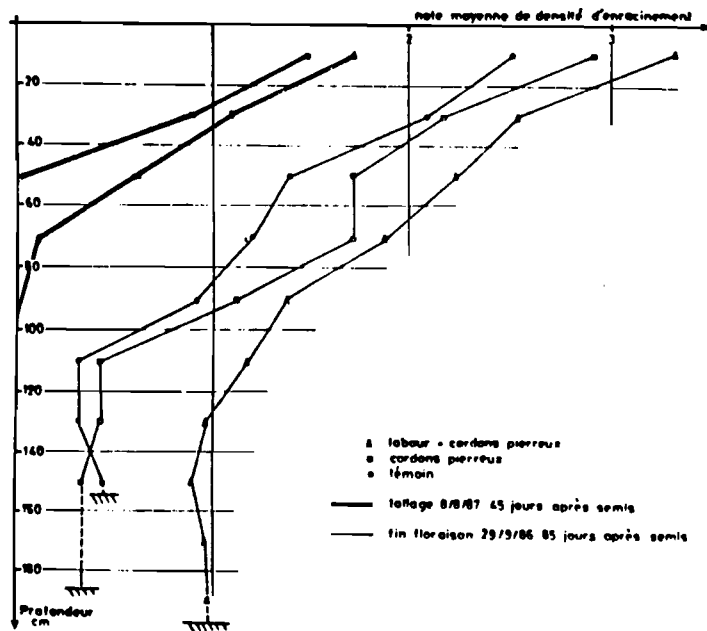


Fig. n° 22 Croissance en Longueur  
1985

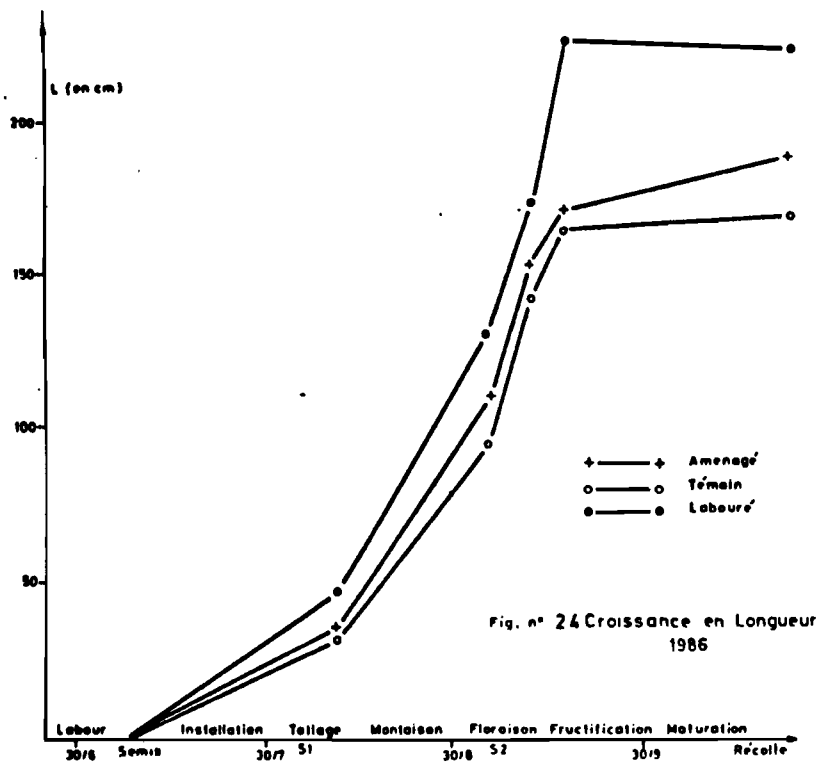


Fig. n° 24 Croissance en Longueur  
1986

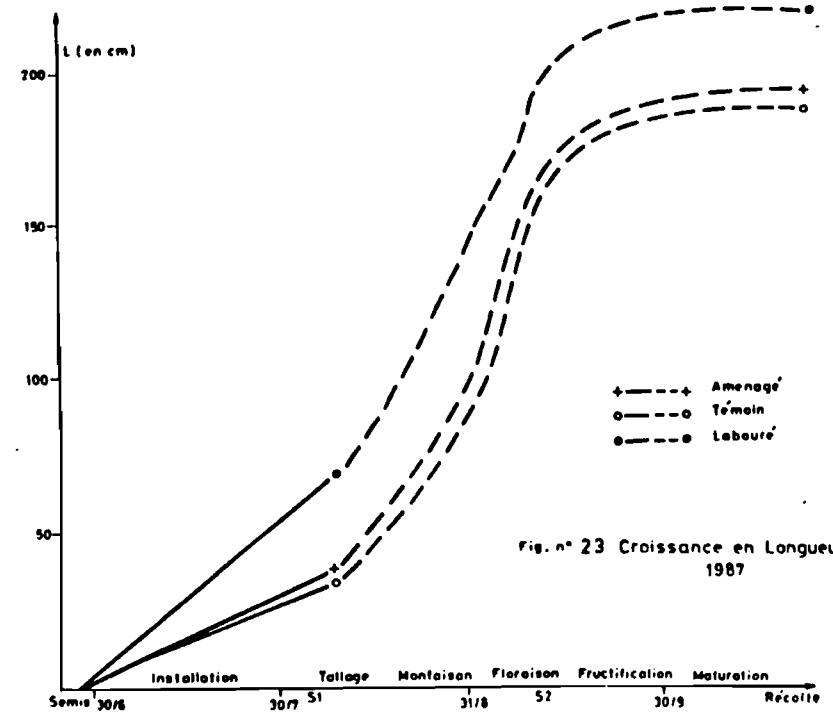


Fig. n° 23 Croissance en Longueur  
1987

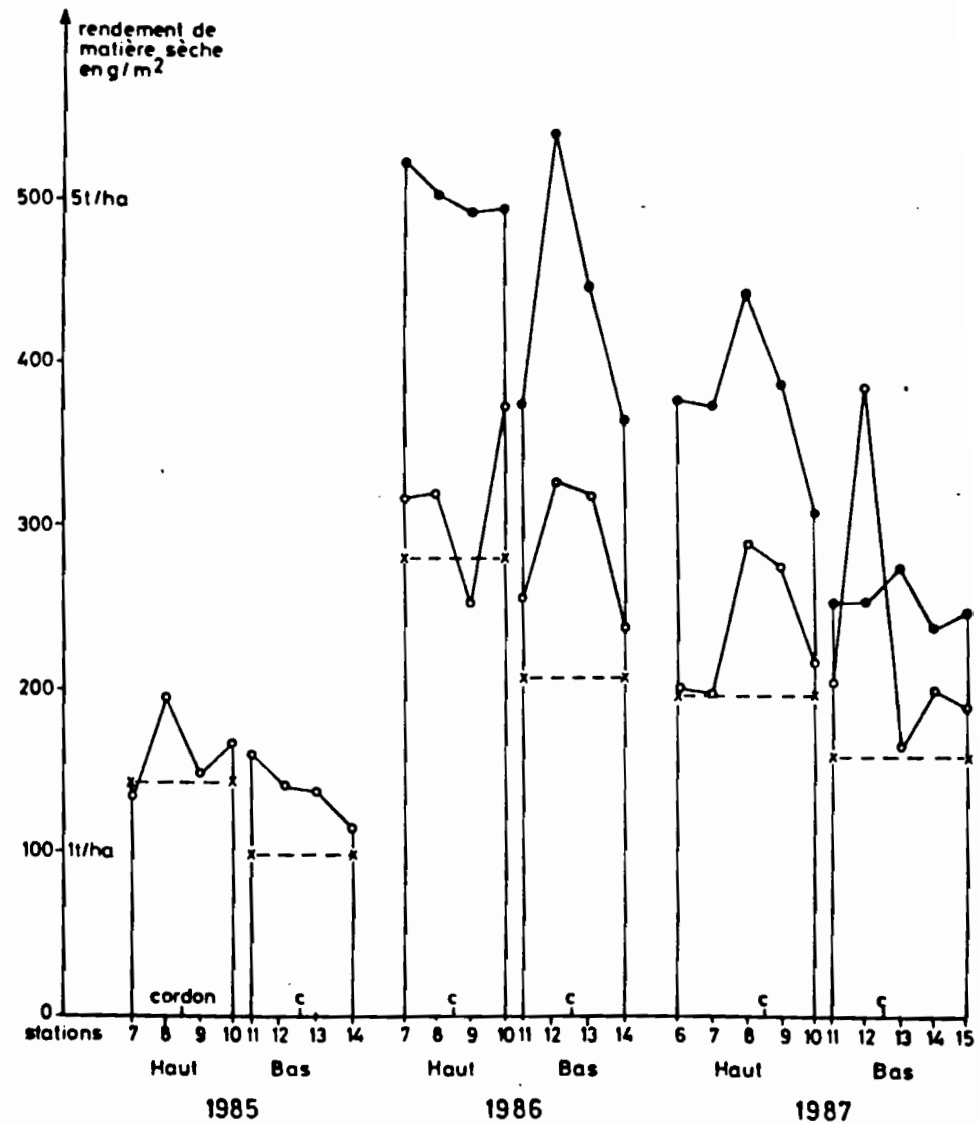
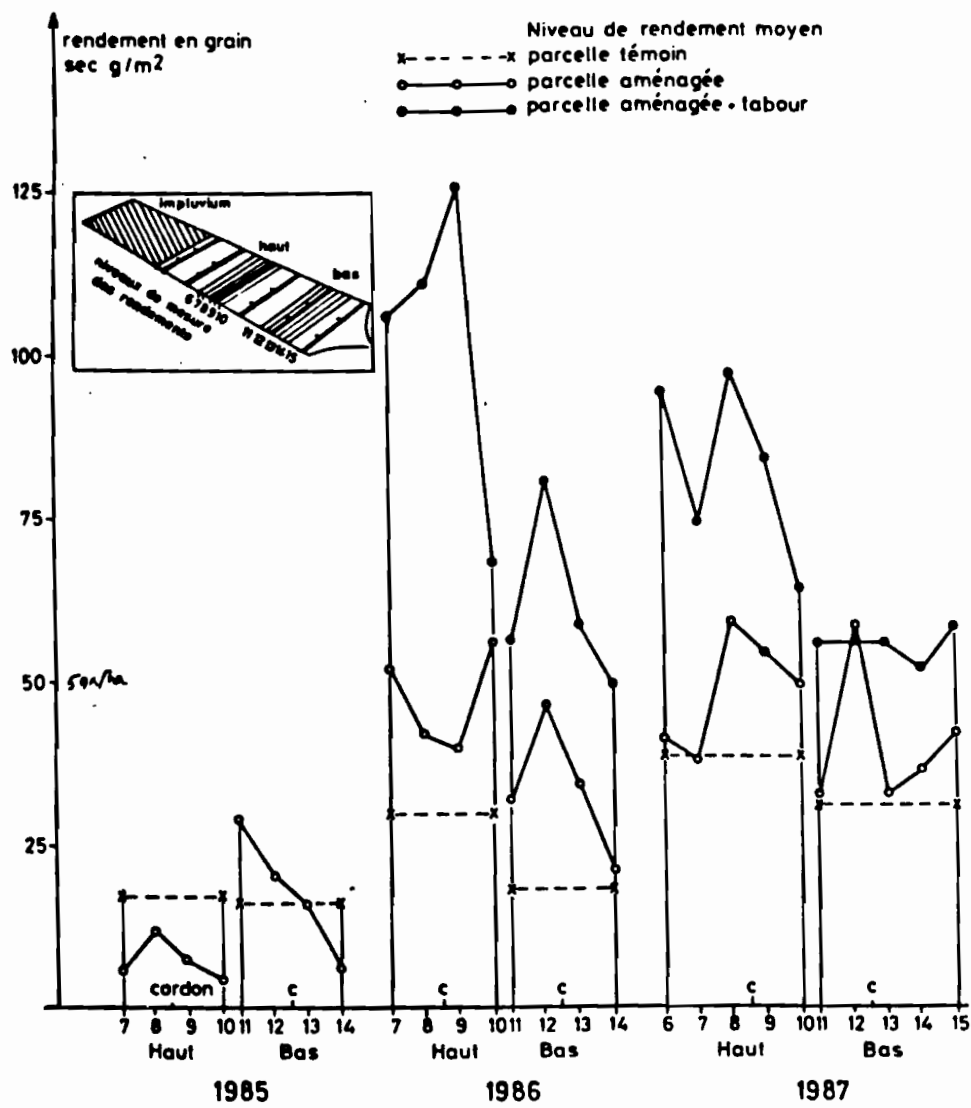
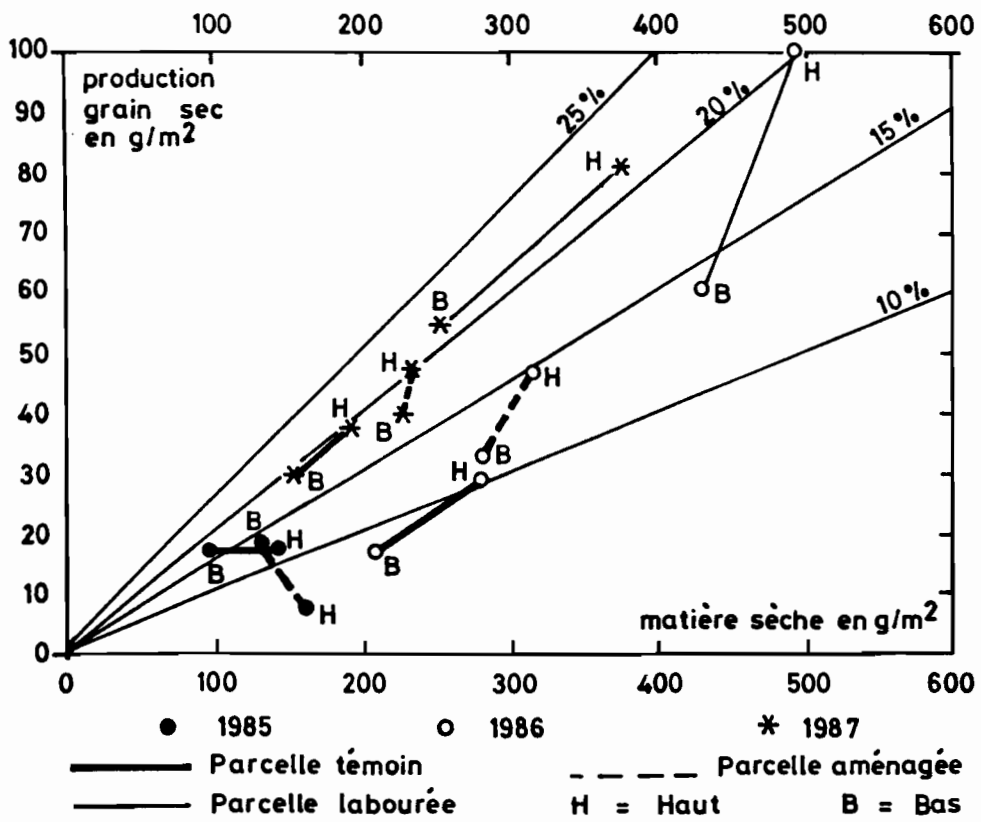
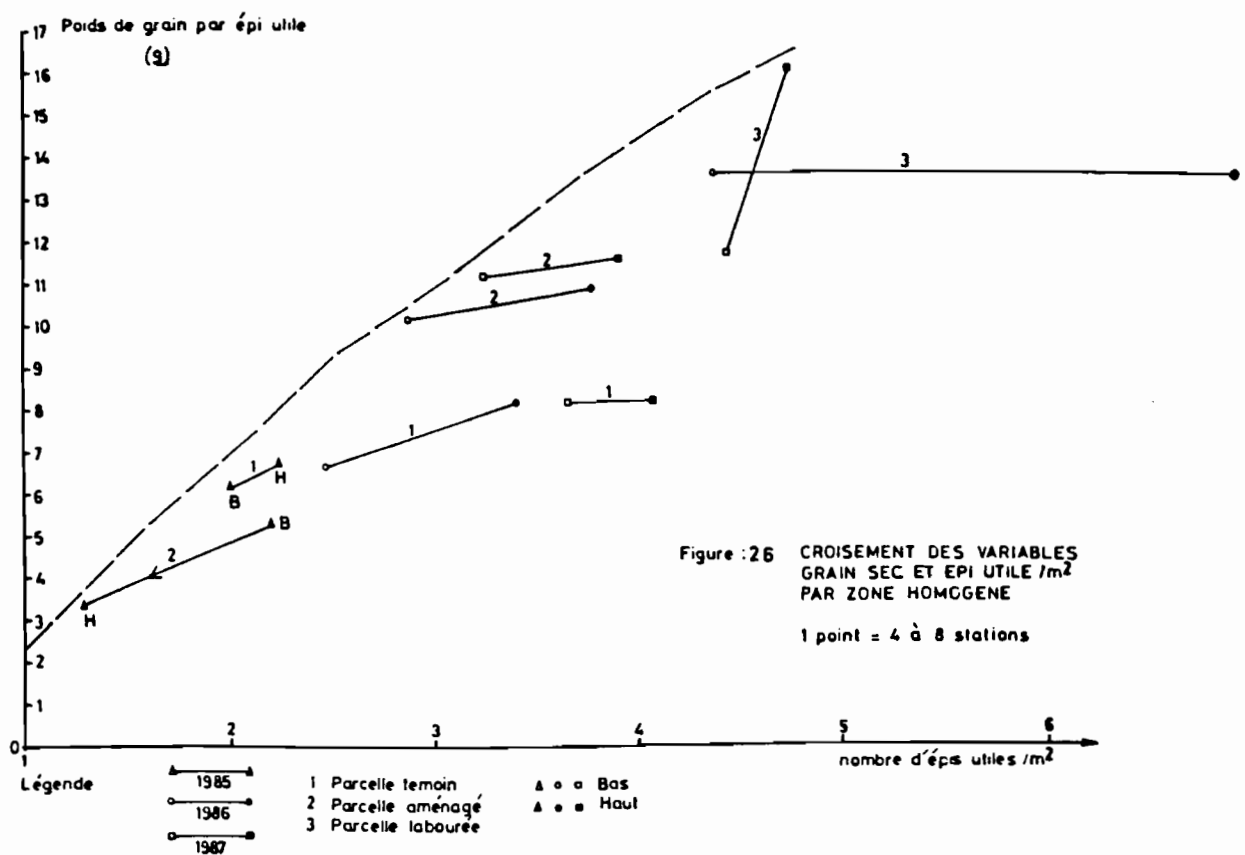


Figure : 25 NIVEAUX DE RENDEMENTS



## CONCLUSIONS

Malgré le caractère quelque peu hétérogène de l'expérience entreprise au cours des années 1985, 1986 et 1987 sur les parcelles agronomiques de Samniwéogo on peut en tirer les conclusions générales suivantes :

Le travail du sol, labour ou sarclage, d'un sol sableux fin à sablo-argileux permet une infiltration optimale des pluies et des ruissellements entrants dans les parcelles sur une tranche pluviométrique d'environ 100 millimètres. Au delà, la transformation de l'état de surface des sols par aplanissement du microrelief et formation de pellicules superficielles favorise le ruissellement dont l'importance croît avec l'intensité de la pluie et l'état d'humectation des sols.

Compte tenu de la faible capacité de rétention spécifique des sols sur les parcelles agronomiques de Samniwéogo, l'excès d'infiltration provoque rapidement un drainage profond dont l'effet se révèle néfaste s'il se produit pendant le pic de minéralisation comme ce fut le cas en 1987 et 1986 sur la parcelle labourée.

Un aménagement en cordons pierreux isohypses cloisonnés, à l'occasion de fortes pluies, modifie les paramètres d'une crue par écrêtage et déphasage. Il réduit ainsi la puissance érosive des crues et accroît la lame infiltrée. L'effet des cordons pierreux est cumulatif et l'accroissement du nombre des cordons en augmente les effets. Le rôle de l'aménagement est d'autant plus sensible que le sol est ~~travaillé~~ travaillé et ruisselle facilement.

Compte tenu des fréquents déficits en début et en fin de saison, l'aménagement permet une meilleure installation du peuplement, un meilleur enracinement et une meilleure fructification, augmentant en 1986 et en 1987 le poids en grain par épis et la production de matière sèche sur la parcelle aménagée. Dans les zones basses des parcelles témoin et aménagée, le gain sur la production de grain est de 11 % en 1985, 81 % en 1986, 31 % en 1987 au profit de la parcelle aménagée, ce qui souligne la variabilité de l'effet et permet même de prévoir un effet négatif de l'aménagement si les pluies sont peu intenses et rares en fin de cycle.

La profondeur du sol constitue un facteur favorable au stockage des eaux infiltrées.

Par rapport aux aménagements similaires imperméables ce dispositif procure une homogénéité convenable du champ, réduit les risques de ruptures en cascade, de collectes d'eau, de concentration des ruissellements, d'assèchement de l'aval.

Le cloisonnement des cordons prévient le colmatage d'origine éolienne ou agricole.

L'impluvium agit tout au long du cycle végétatif du mil en augmentant la valeur des lames infiltrées lorsque les sols sont suffisamment absorbants. Une faible taille de l'impluvium suffit car une taille trop grande de l'impluvium risquerait d'augmenter le drainage et les effets érosifs du ruissellement. Le rôle de l'impluvium est surtout sensible dans les zones hautes des parcelles pour les faibles pluies en favorisant l'enracinement, en améliorant la production de matière sèche, le nombre d'organes fructifères et le poids des épis si la capacité de rétention des sols est suffisante. Ceci milite pour une agriculture en bandes alternées jachères/champs.

Plus que le lourd travail du sol par labour, l'aménagement en cordons pierreux isohypses cloisonnés apparaît approprié à une conduite extensive des cultures en améliorant sans excès l'alimentation hydrique des sols. Les labours et le billonnage paraissent plus adaptés à des champs qui ne bénéficient pas des effets d'un impluvium en amont des parcelles. D'autres alternatives au labour, tels le travail du sol en sec sur ligne de semis et le scarifiage en humide, permettraient de concilier l'intérêt d'un travail du sol avant semis et celui d'un aménagement en cordons pierreux.

L'amélioration de l'alimentation hydrique des cultures pose à plus ou moins long terme le problème du renouvellement de la fertilité des sols, l'accroissement de la production végétale non restituée allant de pair avec un appauvrissement plus rapide du milieu ; elle ne constitue donc qu'une des étapes logiques d'une amélioration progressive d'un itinéraire technique agricole mieux adapté à une situation nouvelle de déficit pluviométrique et de saturation de l'espace cultivable.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALBERGEL (J.), CARBONNEL (J.P.), GROUZIS (M.)- 1985  
Péjoration climatique au Burkina Faso. Incidences sur les ressources en eau et les productions végétales.  
Cahiers ORSTOM, série hydrologie, volume XXI, n°1, 1984-1985  
pages 3 à 18
- ALBERGEL (J.) - 1987  
Génèse et prédétermination des crues au Burkina Faso - Thèse de doctorat de l'université - PARIS 6 , 341 pages, 1987.
- BLONDEL (D.) - 1971  
Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral. in l'Agronomie Tropicale, vol. XXVI, n° 12.
- BOYER (J.) - 1982  
Les sols ferrallitiques, facteurs de fertilité et utilisation des sols .  
Tome 10 , collection Travaux et Documents ORSTOM - 384 pages.
- CASENAVE (A. ) - 1982  
Le mini-simulateur de pluie : condition d'utilisation et principes de l'interprétation . Communauté Economique Européenne/ ORSTOM 202 pages, Janvier 1988.
- CHEVALIER (P.) - 1982  
Simulation de pluie sur deux bassins versants sahéliens (mare d'Oursi- Haute Volta) . centre ORSTOM d'Adiopodoumé, Abidjan, Côte d'Ivoire,  
105 pages - 1982
- CHEVALIER (P.) , LAPETITE (J.M.) - 1986  
Note sur les écarts de mesure observés entre les pluviomètres standards et les pluviomètres au sol en Afrique de l'Ouest . Hydro. Conti. , VOL. 1, n° 2 , pages 111 - 119.
- MARTINELLI (B.) , SERPANTIE (G.) - 1987  
Deux points de vue sur la confrontation des paysans aux aménageurs. in Les Cahiers de la recherche-Développement n° 14 1987
- MILLEVILLE (P.) - 1980  
Etude d'un système de production agro-pastoral de Haute Volta. Le système de culture.  
Rapport ORSTOM/Ouagadougou , 66 pages.
- POSS (R.) - 1984  
La précision du comptage neutronique avec l'humidimètre SOLO 25. Définition des protocoles de mesure.  
Bulletin VGFHN n° 16 , pages 109 à 122.
- ROOSE (E.J.) - 1981  
Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale.  
Travaux et Documents de l'ORSTOM, n° 130 , 569 pages.
- SIBAND (P.) - 1981  
Croissance, nutrition et production du Mil. Essai d'analyse du fonctionnement du Mil en zone sahélienne.  
Thèse de doctorat, académie de Montpellier, 302 Pages.





INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

Centre ORSTOM de OUAGADOUGOU

Boîte Postale 182 OUAGADOUGOU

BURKINA FASO

TÉL. : 30.67.37 - 30.67.39

TELEX. ORSTOM 5442 BF

**PROGRAMME DE RECHERCHE :**  
**DYNAMIQUE DES SYSTEMES AGROPASTORAUX**  
**EN ZONE SOUDANO-SAHELIENNE**  
**BIDI, YATENGA, BURKINA FASO.**  
**RESULTATS D'ETAPE**

NOVEMBRE 1988.

