

①

Séminaire international sur l'état de l'art
en hydrologie et en hydrogéologie dans les zones
arides et semi-arides d'Afrique.
Ouagadougou, Mars 89 CIEH

VALORISATION AGRICOLE DES EAUX DE RUISSELLEMENT EN ZONE
SOUDANO SAHELIENNE - BURKINA FASO - PROVINCE DU YATENGA
REGION DE BIDI

LAMACHERE, J.M., O R S T O M
SERPANTIE, G. , O R S T O M

Institut Français de Recherche pour le
Développement en Coopération - O R S T O M -
B.P. 182 - Ouagadougou - Burkina Faso

RESUME

Dans la province du Yatenga, au nord du Burkina Faso, les champs cultivés sont souvent surmontés d'impluviums peu perméables. Le ruissellement des eaux de pluie sur ces surfaces constitue à la fois une ressource en eaux superficielles pour les cultures et une menace pour les sols sableux fins très vulnérables à l'érosion hydrique.

Afin d'analyser l'effet d'une série d'obstacles filtrants cloisonnés sur champs labourés et non labourés, cultivés en Mil et surmontés d'impluviums, trois parcelles expérimentales ont été installées près du village de Bidi au nord du Yatenga. L'observation des pluies, des ruissellements, de l'humidité des sols et des productions agricoles s'est poursuivie pendant trois ans (1985-1987).

L'analyse des ruissellements met en relief l'effet prépondérant de l'état de surface des sols et de leur état d'humectation sur les volumes infiltrés et les volumes ruisselés. L'effet des cordons pierreux est surtout significatif à l'occasion des fortes pluies. Ils accroissent alors de 20 % les volumes infiltrés, provoquent un écrêtage et un allongement du temps de base des crues. Cet effet des cordons pierreux sur la forme des crues laisse penser que ce type d'aménagement contribue à la protection des sols contre l'érosion.

Au cours des ruissellements, les cordons pierreux favorisent la recharge hydrique d'un sol ayant une bonne capacité de rétention. Le Mil connaît alors une réduction des périodes de stress hydrique et profite d'une meilleure exploitation des ressources minérales du sol. Pendant trois ans, un accroissement des rendements en matière sèche a été observé sur la parcelle aménagée. L'accroissement des rendements en grain sec, très irrégulier, a été en moyenne de 40 %.

INTRODUCTION

Au nord du 13^{ème} parallèle, dans la province du Yatenga (figure n° 1), et plus précisément à Ouahigouya, ville située au centre de cette province, les années 1982 à 1985 sont parmi les plus sèches observées depuis 1920. De 1982 à 1986, sur une période de 5 ans, la moyenne pluviométrique inter-annuelle est égale à 424 millimètres, alors que sur des périodes de cinq années consécutives les moyennes pluviométriques étaient restées supérieures à 650 millimètres jusqu'en 1966, égale à 568 millimètres sur la période 1972-1976.

04 SEP. 1990

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 30.485 ex1
Cote : B M p183

Sans préjuger de l'évolution future des précipitations, les paysans de la province du Yatenga ont donc subi, depuis plusieurs années, une longue période sèche sans équivalent dans la chronique des précipitations enregistrées. Pour faire face à cette sécheresse, les paysans et les organisations qui continuent à miser sur l'agriculture pluviale, essentiellement sur la culture du Mil, *Pennisetum typhoides*, ont fait appel, dans certaines régions, à des variétés plus nordiques à cycle court. Dans d'autres régions, comme le centre et le nord du Yatenga, les paysans préfèrent conserver des variétés souples, qui ont fait leurs preuves, et modifier la gestion habituelle de l'eau.

Un essai interdisciplinaire, réalisé de 1985 à 1987 dans la région de Bidi au nord du Yatenga, a eu pour but de préciser en quoi les trois pratiques de travail du sol avant semis, d'utilisation des eaux de ruissellement sur impluvium et de 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 le système de production.

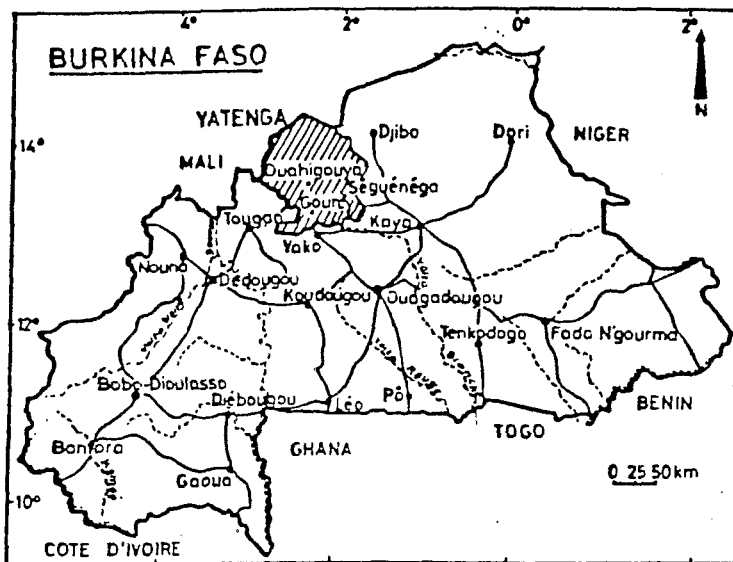


Figure 1. Carte du Burkina Faso.

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. Trois parcelles contiguës, orientées dans le sens de la plus grande pente (2,5 %), longues de 150 mètres, larges de 20 à 32 mètres, ont été implantées de telle sorte qu'elles recouvrent dans leur tiers supérieur un impluvium inculte, où la cuirasse ferrugineuse est proche de la surface du sol, suivi topographiquement d'un champ cultivé. Le champ cultivé 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. L'itinéraire technique du Mil suit le modèle de gestion paysanne des champs de brousse avec un semis direct en poquets et semences locales, des resemis, un premier sarclage tardif et un deuxième sarclage avant la floraison.

La parcelle la plus à gauche quand on regarde vers l'amont du versant, est

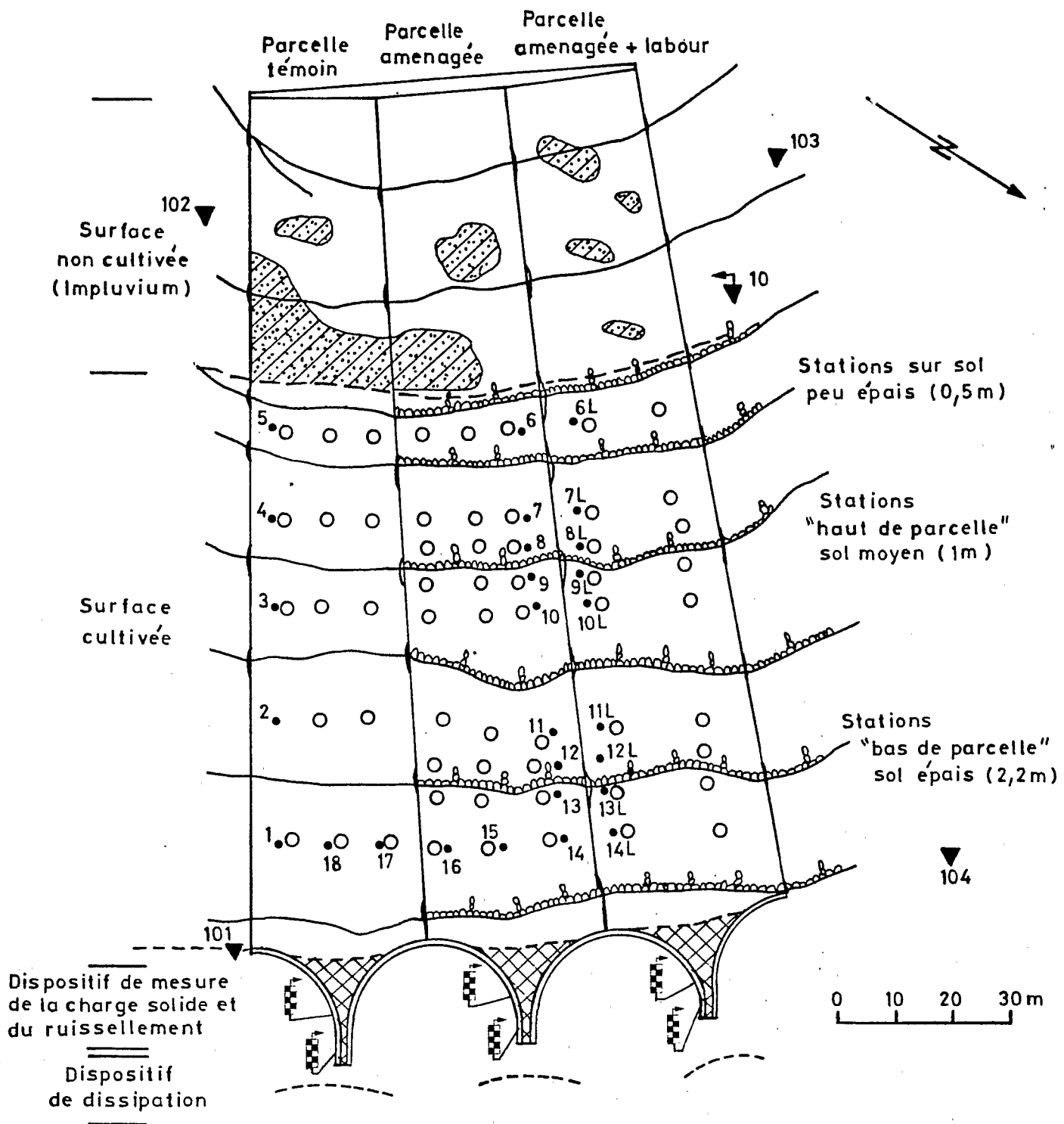


Figure n° 2 — Plan d'Ensemble de l'Essai "Ruissellement" à SAMNIWEGO 1987

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

utilisée comme parcelle témoin, elle n'a subi aucun aménagement, elle est cultivée à la manière habituelle. La parcelle médiane porte un aménagement en cordons pierreux isohypses constitués d'une double rangée de blocs de cuirasse ferrugineuse (40 kg par mètre linéaire), espacés d'environ 20 mètres. Aucun cordon pierreux n'a été posé sur l'impluvium. La troisième parcelle, à droite quand on regarde vers l'amont du versant, est identique à la parcelle médiane. Elle est labourée selon les courbes de niveau avec une charrue bovine attelée, vers la fin du mois de juin.

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 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 section rectangulaire pour la mesure des forts débits (20 à 200 l/s), une fosse à sédiments équipées d'échelles limnimétriques et d'un limnigraphe, un déversoir triangulaire à mince paroi pour la mesure des faibles débits (0 à 30 l/s). 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.

Le dispositif pluviométrique comprend 4 pluviomètres et un pluviographe répartis à raison de 2 appareils en aval et 2 appareils en amont des parcelles. Le pluviographe est installé en amont, près de la parcelle labourée. 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 1 mètre au-dessus du sol, températures, humidité de l'air, vitesse du vent évaporation, insolation.

Pour les mesures d'humidité du sol, 20 tubes de sonde à neutrons ont été implantés sur les parcelles (fig. n°2) de manière à suivre l'évolution des profils hydriques de l'amont vers l'aval, à différentes distances des cordons pierreux.

Pour les mesures de peuplement végétal, les parcelles ont été subdivisées en trois zones : une bande supérieure large de 20 mètres et bordant l'impluvium, une bande médiane large de 40 mètres appelée "haut", une bande inférieure large de 40 mètres appelée "bas". Sur chaque bande, la croissance et le développement du Mil sont suivis sur des stations d'observation échantillonnées de façon à représenter correctement les variations latérales et longitudinales du couvert végétal. A la récolte, les composantes du rendement sont mesurées sur des stations de 12 mètres carrés, répétées 4 à 12 fois sur chaque zone selon l'hétérogénéité du peuplement.

2. LES OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES DE SURFACE

2.1. La pluviométrie

La comparaison des hauteurs pluviométriques observées en amont et en aval

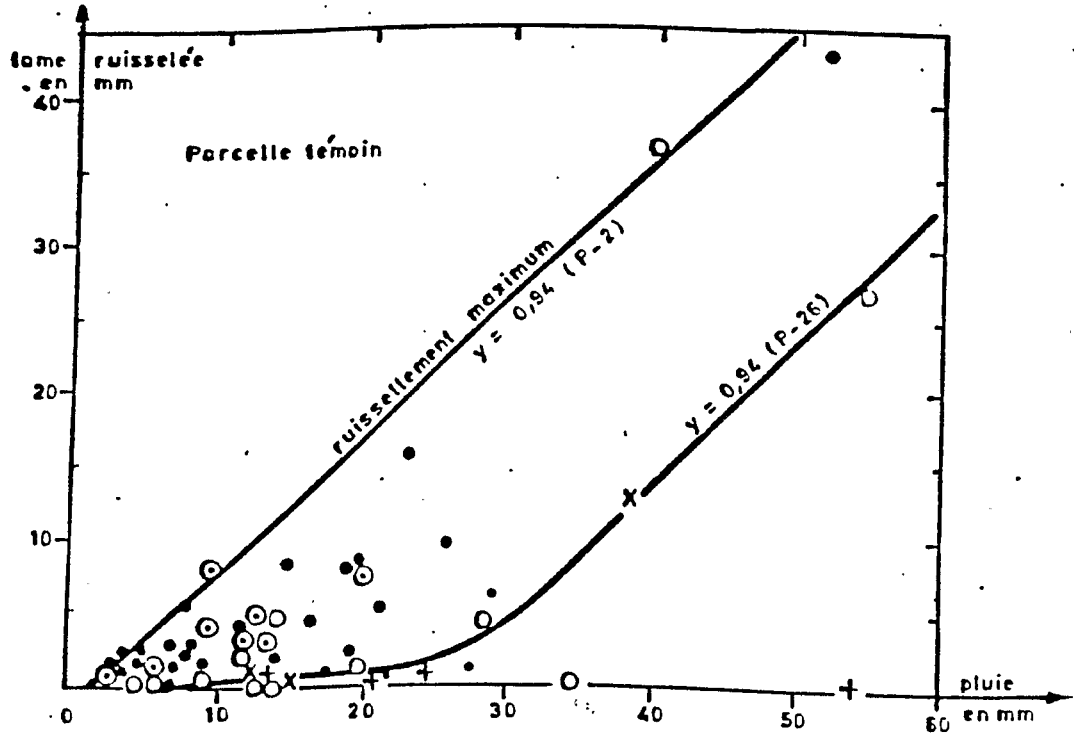


Figure n° 3 - Lames ruisselées sur la parcelle témoin en fonction de la pluie au sol

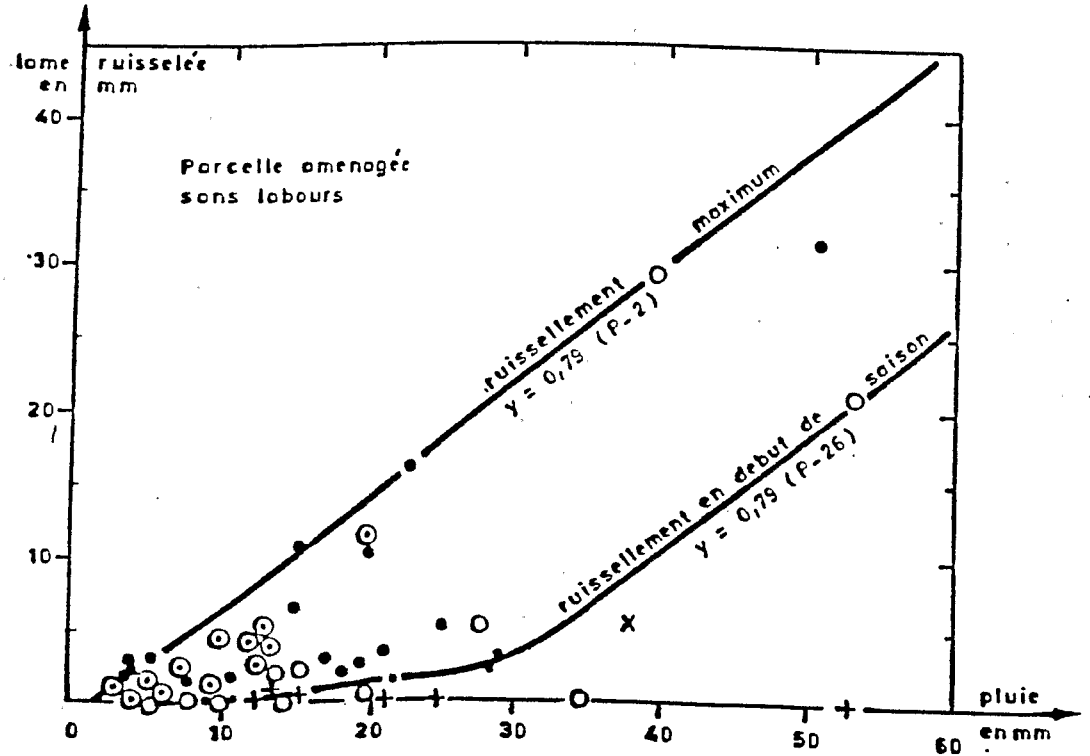


Figure n° 4 Lames ruisselées sur la parcelle aménagée sans labours, en fonction de la pluie au sol

- ΣPa : somme des pluies antérieures
- avant sarclage, $\Sigma Pa < 50$ mm
- avant sarclage, $\Sigma Pa \geq 50$ mm
- après le 1^{er} sarclage, depuis le sarclage $\Sigma Pa < 100$ mm
- ⊙ après le 1^{er} sarclage, depuis le sarclage $\Sigma Pa \geq 100$ mm
- + après le 2^{ème} sarclage, depuis le sarclage $\Sigma Pa < 100$ mm
- x après le 2^{ème} sarclage, depuis le sarclage $\Sigma Pa \geq 100$ mm

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 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. 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 présentés par CHEVALLIER (1986) :

$$\text{si } P_{1m} < 10 \text{ mm , } P_{\text{sol}} = 1,06 P_{1m}$$

$$\text{si } P_{1m} \geq 10 \text{ mm , } P_{\text{sol}} = 1,18 P_{1m}$$

L'analyse de la répartition temporelle des précipitations 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 1 octobre. L'année 1986 présente une bonne répartition des chutes de pluie 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.

2.2. Le ruissellement global

A l'échelle annuelle, les deux parcelles cultivées de manière traditionnelle réagissent de façon presque identique aux chutes de pluie. 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 les deux autres parcelles : 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 correspondances entre les lames ruisselées et les pluies au sol sont reportées, crue par crue, sur les figures n° 3 et 4.

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 sans labours. Les labours ont pour effet de supprimer le ruissellement de la première tranche de 50 millimètres qui suit les labours. Les tranches pluviométriques suivantes, avant sarclage, ont des coefficients de ruissellement inférieurs à 10 %, trois fois 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 et les ruissellements sont presque identiques sur les deux parcelles aménagées.

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 %).

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 submersion rapide de la surface du sol et piégeage de l'air sous la surface du sol. Au contraire, sur un sol sec après sarclage, un événement pluviométrique d'intensité moyenne (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 la figure n° 5 les hydrogrammes des crues observées le 13 juillet 1986 aux exutoires de la parcelle témoin et de la parcelle aménagée sans labours. 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 ces conditions, 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. 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 crue et en décalant de 15 à 30 minutes l'arrêt des ruissellements.

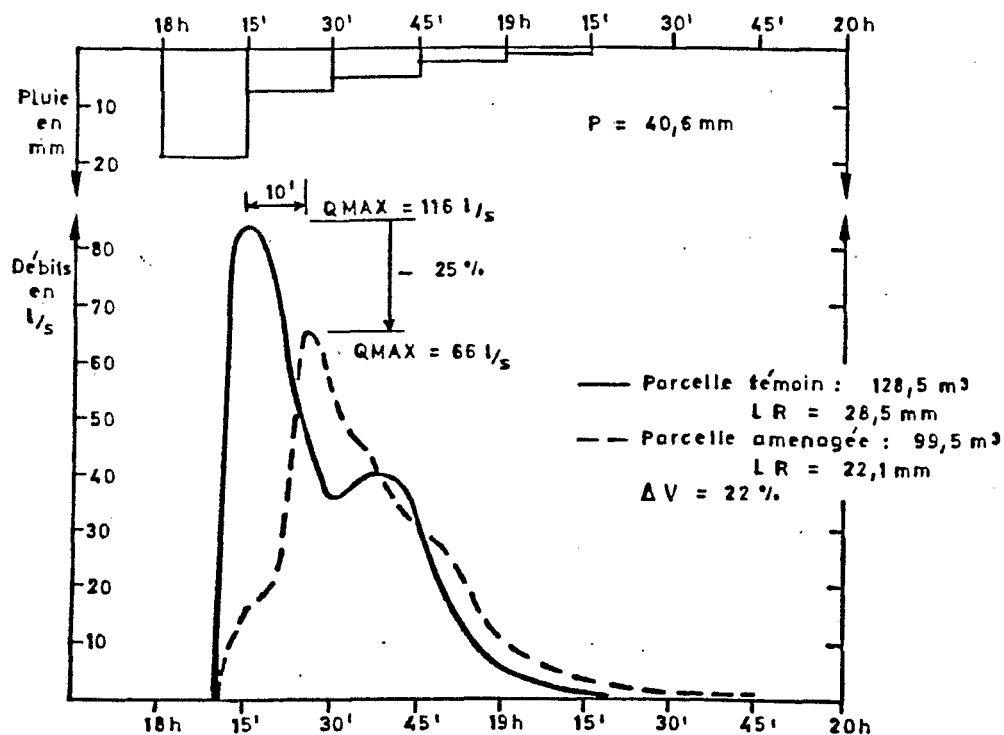


Figure n° 5 Crues du 13 juillet 1986

2.3. Estimation des ruissellements sur les impluviums

La partie cultivée des parcelles agronomiques de Samniweogo 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 déterminées par J. ALBERGEL (1987) et P. CHEVALIER (1982) en zone sahélienne grâce aux expériences de simulation de pluies sur des états de surface identiques à ceux des impluviums des parcelles de Samniweogo, en tenant compte des superficies occupées par chaque état de surface sur les impluviums. Les volumes ruisselés sont ensuite divisés par les surfaces cultivées; exprimés en hauteurs d'eau ou lames entrées, ils peuvent être comparés aux hauteurs pluviométriques et aux lames ruisselées.

A l'échelle annuelle, les résultats sont présentés sur le tableau n° 1.

Tableau n° 1 Lames entrées en amont et lames ruisselées en aval des parcelles agronomiques de SAMNIWEOGO

année	1985			1986			1987		
	20/07 au 15/10			01/06 au 15/10			01/06 au 15/10		
période	pluie sol		LR	pluie sol		LR	pluie sol		LR
	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

LE : lame entrée en amont des parcelle
LR : lame ruisselée aux exutoires

Les impluviums apportent aux parcelles agronomiques de Samniweogo 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, 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 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.

3. LES OBSERVATIONS HYDROPEDOLOGIQUES ET AGRONOMIQUES

3.1. Les bilans hydriques sur les parcelles

Les bilans hydriques sur parcelles agronomiques 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.

L'utilisation de l'équation du bilan hydrique, de la forme : $Re + Ps + Pp + Rs + VS + ED = 0$, permet de calculer, sur des périodes assez longues, par

exemple une décade, les pertes par évaporation et drainage (ED). lorsque les autres termes du bilan sont connus, c'est à dire : le ruissellement entrant (Re), la pluviométrie au sol (Ps), le ruissellement sortant (Rs) et la variation du stock hydrique des sols (VS), sur le même pas de temps. Sur les parcelles agronomiques de Samniweogo, les ruissellements sont connus avec une précision de l'ordre de 20 %, les pluies avec une précision de l'ordre de 10 % et les stocks hydriques sont évalués avec une erreur absolue de 15 millimètres quelque soit l'importance du stock qui varie entre 50 et 150 millimètres.

L'estimation des pertes par évapotranspiration sera d'autant plus précise que la période considérée sera longue et sèche. L'incertitude sur une décade est de l'ordre de 2,5 mm par jour en période humide, de 1,5 mm par jour en période sèche. La figure n° 6 présente les résultats des calculs pour l'année 1987 sur les deux parcelles aménagées.

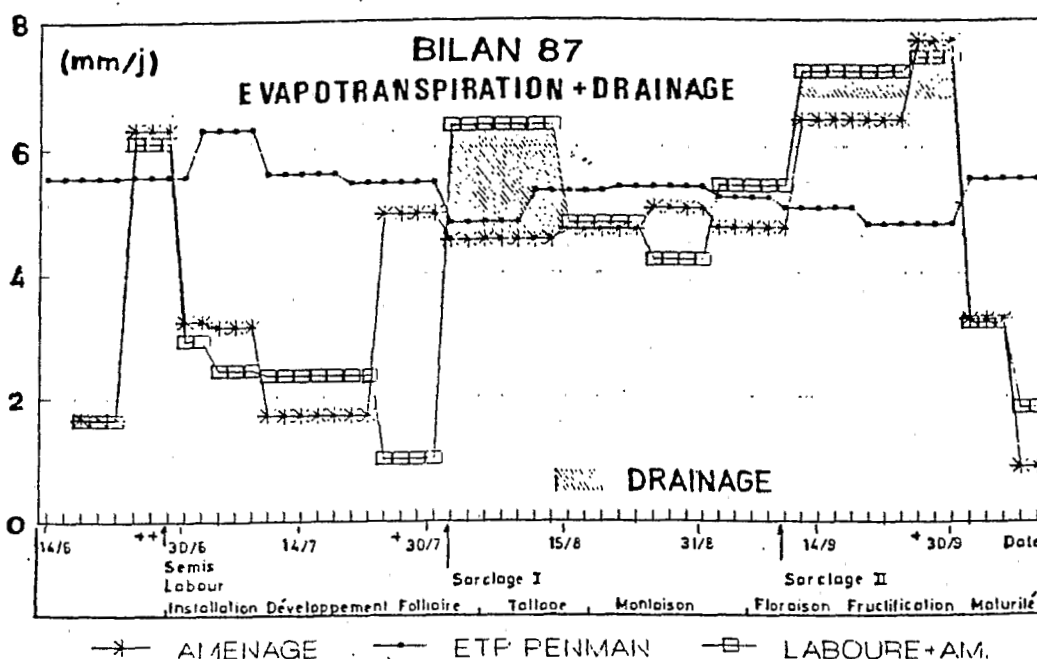


Figure n° 6 Evapotranspiration et drainage de l'année 1987 sur les parcelles aménagées

3.2. Les observations agronomiques

Le tableau n° 2 résume les observations effectuées sur le développement et la croissance du Mil.

Tableau n° 2 Etat du Mil après les semis

paramètres mesurés	hauteurs en cm			stade foliaire (équivalent feuille)			
	années	1985	1986	1987	1985	1986	1987
nombre de jours après les semis		44j	34j	45j	44j	34j	45j
parcelle témoin		27,6	31,5	37	10,2	9,8	9,3
parcelle aménagée		32,4	35,8	40	10,6	10,1	9,8
parcelle labourée		-	48,1	74	-	11,1	10,8

Les années 1985 et 1987 se caractérisent par des périodes sèches en début de cycle, moins longues en 1987, en pleine phase de croissance et de déve-

loppement du Mil, alors que la pluviométrie est bien distribuée sur toute l'année 1986. Il en résulte des retards de croissance importants en 1985, moins importants en 1987. Sur la parcelle aménagée, la croissance du Mil est légèrement plus rapide que sur la parcelle témoin (écart de 8 à 18 %) et le développement foliaire y est plus avancé (écart de 3 à 5 %). Dans tous les cas, la parcelle labourée présente une avance de développement foliaire (10 %) et une avance de croissance très forte (30 à 80 %) sur la parcelle non labourée. L'état d'enracinement, mesuré à la floraison, 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.

La figure n° 7 présente les productions en matière sèche et en grain par mètre carré de champ cultivé. Les relations entre la production de matière sèche et la production en grain sont bonnes, à l'exception du haut de la parcelle aménagée pour l'année 1985, année pour laquelle le Mil a subi un échaudage radical en fin de cycle. Le haut des parcelles apparaît systématiquement favorisé tant pour la production de matière sèche que pour la production en grains. Si l'on excepte l'année 1985, des augmentations de la production en matière sèche et des augmentations de la production en grain ont été observées sur la parcelle aménagée :

- . matière sèche : augmentation de 10 à 20 % en haut de parcelle, 30 à 60 % en bas,
- . production en grain : augmentation de 30 à 60 % en haut de parcelle, 30 à 90 % en bas.

En année normale, à pluviométrie bien répartie (1986), les labours ont permis d'accroître de 55 % la production de matière sèche et de doubler la production en grains. En année plus sèche (1987), l'accroissement de la production en grain reste importante (60 à 70 %) en haut de parcelle, plus faible en bas de parcelle.

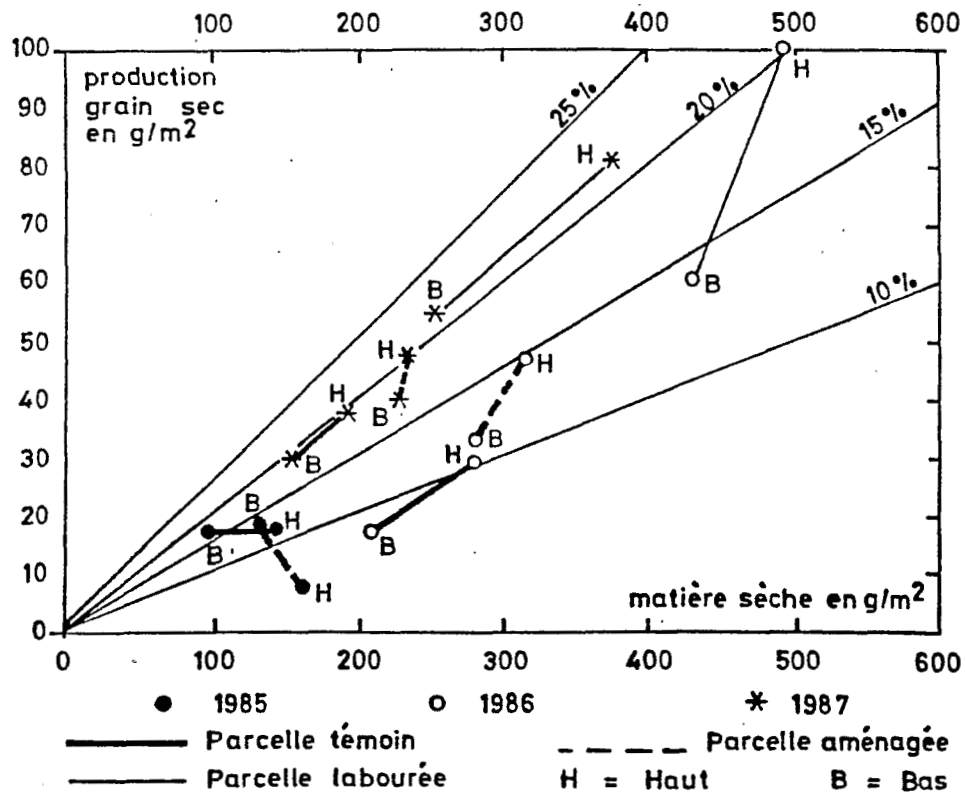


Figure n° 7 Matière sèche et grain sec par m²

CONCLUSIONS

Le travail du sol, labour ou sarclage, d'un sol sableux fin à sabloargileux permet une infiltration optimale des pluies et des ruissellements entrants dans les parcelles cultivées 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 Samniweogo, 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 1986 et 1987 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. Compte tenu des fréquents déficits en début et en fin de saison des pluies, l'aménagement permet une meilleure installation du peuplement, un meilleur enracinement et une meilleure fructification, augmentant ainsi en 1986 et 1987 le poids en grain par épis et la production de matière sèche sur la parcelle aménagée. Dans les zones basses des parcelles, le gain sur la production de grain a été 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 de prévoir un effet négatif de l'aménagement si les pluies sont peu intenses et rares en fin de cycle.

L'impluvium agit tout au long du cycle végétatif du Mil en augmentant la valeur des lames infiltrées lorsque les sols sont suffisamment absorbants. Son rôle est surtout sensible dans les zones hautes des parcelles pour les faibles pluies, il favorise l'enracinement, améliore la production de matière sèche, le nombre d'organes fructifères et le poids des épis si la capacité de rétention des sols est suffisante.

Plus que le lourd travail du sol par labour, l'aménagement en cordons pierreux isohypses cloisonnés apparaît bien 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 et reçoivent une fumure organique adéquate.

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 des sols; elle ne constitue donc qu'un des maillons de la chaîne d'un itinéraire technique agricole mieux adapté à une situation nouvelle de déficit pluviométrique et de saturation de l'espace cultivable.

BIBLIOGRAPHIE

ALBERGEL (J.) - 1987. Génèse et prédétermination des crues au Burkina Faso - Thèse de doctorat de l'université - Paris 6.

CASENAVE (A.) - 1982. Le mini-simulateur de pluie : conditions d'utilisation et principes de l'interprétation - cah. ORSTOM, sér. Hydrol., vol. XIX, n° 4, pages 207 à 227.

CHEVALLIER (P.), LAPETITE (J.M.) - 1986. Note sur les écarts de mesures observés entre les pluviomètres standards et les pluviomètres au sol en Afrique de l'Ouest. Hydro. Cont., Vol. 1, n° 2, pages 111 à 119.

LAMACHERE (J.M.), SERPANTIE (G.) - 1988. Aridification du climat subsahélien : conséquences de trois méthodes d'amélioration des bilans hydriques au champ pour une culture pluviale. Ouvrage sur les zones arides - ORSTOM - à paraître.

MILLEVILLE (P.) - 1980. Etude d'un système de production agro-pastoral de Haute Volta. Le système de culture. ORSTOM/Ouagadougou, 66 pages.

SIBAND (P.) - 1981. Croissance et production du Mil. Essai d'analyse du fonctionnement du Mil en zone sahélienne. Thèse de doctorat, académie de Montpellier, 302 pages.