

UNIVERSITE
POLYTECHNIQUE
DE BOBO
DIOULASSO
(U.P.B.)

INSTITUT DU
DEVELOPPEMENT
RURAL
(I.D.R.)

INSTITUT
DE RECHERCHE
POUR LE
DEVELOPPEMENT
(I.R.D.)

ANTENNE DE BOBO-
DIOULASSO

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGÉNIEUR DU
DEVELOPPEMENT RURAL

Option : AGRONOMIE

Thème :

**ÉTUDE DES TECHNIQUES PALLIATIVES À LA
RARÉFACTION DES JACHÈRES :
cas de la fonction "conservation des eaux et des sols" en zone
soudanienne du Burkina Faso**

NIMY VICTOR

**JUIN 1999
23^{ème} promotion**

A la mémoire de mes parents,

***A ma famille et au peuple du CONGO qui endurent les
privations et les violences de la guerre,***

***Au BURKINA FASO et à son peuple qui nous ont
accueilli en cette période de détresse,***

Je rends un vibrant hommage.

Que toute la gloire revienne à Dieu

AVANT-PROPOS

Ce mémoire est le résultat de dix (10) mois de stage effectué à l'Institut de Recherche pour le Développement (I.R.D.), antenne de Bobo-Dioulasso. Il s'inscrit dans le cadre du stage de fin d'étude à l'Institut du Développement Rural (I.D.R), sous la direction de MM SERPANTIE Georges (agronome - I.R.D.) et SOME. N. Antoine (écologue - I.D.R.) respectivement maître de stage et directeur de mémoire. Ce stage s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre deux vastes programmes sans lesquels ce travail n'aurait pas eu lieu.

- le programme de recherche appliquée sur les stratégies de gestion des eaux et des sols en zone soudanienne au BURKINA-FASO dont le maître d'oeuvre est l'ETSHER (Département «Gestion des eaux et des sols»).

- le programme multidisciplinaire de recherche sur "l'étude, l'amélioration et la gestion de la jachère en Afrique tropicale" dont la coordination est assurée au BURKINA-FASO par le centre national de la recherche scientifique et technologique (C.N.R.S.T) et l'I.R.D assure l'assistance technique.

Par son cadre même de réalisation, ce travail prouve qu'il est le résultat de la volonté, des efforts et de l'abnégation de collaborations diverses. Aussi, au risque d'oublier certaines personnes, j'exprime du plus profond de mon être, ma profonde gratitude et ma sincère reconnaissance en vers tous ceux qui ont de près ou de loin participé à la réalisation de ce mémoire. Ceux qui me reviennent en mémoire sont :

- M. Georges SERPANTIE, qui a proposé le thème de ce mémoire, de m'avoir encadré ;

- M. Antoine N. SOME, mon directeur de mémoire, pour sa disponibilité, son ouverture au débat et ses riches et précieuses orientations ;

- M. Jacques FOURNIER (responsable technique du programme de "Recherche appliquée sur les stratégies de gestion des eaux et des sols en zone soudanienne au BURKINA-FASO") dont les essais sur le terrain ont servi de base à ce travail ;

- M. Bernard LACOMBE, chef d'antenne I.R.D - Bobo dont les locaux nous ont servi de cadre de travail. Ses conseils, ses amitiés et son intérêt pour mon travail m'ont été d'une grande utilité et m'ont réconforté dans mon travail ;

- M. François SODTER, démographe I.R.D, pour ses informations utiles et son amitié ;
- M. Bernard BACYE, notre chef du département agronomie de l'I.D.R., qui m'a initié au plaisir et à la rigueur de l'observation de terrain ,
- M. Hebié DITALAMANE, notre professeur à l'I.D.R., qui m'a attentivement et chaleureusement suivi durant toute la durée de mon stage ;
- MM et Mmes les professeurs de l'I.D.R., pour la formation qu'ils nous ont donnée et dont je leur suis plus particulièrement redevable ;
- L'équipe I.R.D. : DJIMADOUM Madibaye, Stéphane DUGAST, BILGO Ablassé, Rémi DEMAZOIN, Moïse YONI, Christèle NEBIE, Saïbou NIGNAN, Douanio MANAKA, Emmanuel MAKELET, qui m'a intégré et encouragé de son amitié ;
- Les techniciens de terrain et de laboratoire I.R.D. et ETSHER : Tahirou SAKO, Yezouma COULIBALI et Yedan YAYA, dont j'ai apprécié le dévouement efficace au service de la recherche ,
- Le personnel administratif de l'I.R.D. : Zoumana WATTARA, Mme Seko DIALLO, ZEBA Issaka, dont l'aide ne m'a jamais fait défaut ;
- Mes collègues et camarades de la 23^{ème} promotion, pour ces années vécues ensemble au Burkina ;
- Mes amis : Ahmed NAKAVOUA, Ange NKOKOLO-MASSAMBA, Alain BATCHI, Joseph NTIMINI, Sébastien MAMPASSI, Dominique MAVOUNGOU, Olga SAKANGA, Ibara OKONZA, Salimata ZOUNGRANA, Agnès AMALEKE, Marie NDOMBE, Carole KOULENGANA, Clémentine D. DABIRE, Thio BOUMA, Hervé SOMDA, Hamidou KINDO, Tordina NGAYE, dont l'affection m'a aidé dans les heures difficiles et heureuses que j'ai vécues tout au long de ce travail ;
- Les habitants de Bondoukuy, pour leur gentillesse et leur accueil ;
- Les gardiens de l'I.R.D. pour avoir enduré mes dérangements nocturnes et qui m'ont ouvert le portail de nuit et durant les fins de semaines.

«On doit tant aux autres»

SIGLES ET ABREVIATIONS

C.E.S. : Conservation des eaux et des sols

C.I.R.A.D. : Centre de coopération internationale en recherche agronomique et le développement.

C.N.R.S.T. : Centre national de la recherche scientifique et technologique

C.T.F.T. : Centre technique forestier tropical.

E.T.S.H.E.R. : Ecole inter-Etat des techniciens supérieurs de l'hydraulique et de l'équipement rural

G.C.E.S. : Gestion conservatoire des eaux et des sols

I.D.R. : Institut de développement rural

I.R.D. : Institut de recherche pour le développement

O.R.S.T.O.M : Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération.

U.P.B. : Université polytechnique de Bobo Dioulasso

Résumé

Le problème de la conservation des eaux et des sols se pose un peu partout dans les régions de culture. C'est dans ce contexte que notre étude sur «les techniques palliatives à la raréfaction des jachères. cas de la fonction "conservation des eaux et des sols"» en zone soudanienne du Burkina Faso (plateau de Bondoukuy, P = 900 mm) trouve son importance. Afin de quantifier l'ampleur du problème et de comparer l'efficacité des techniques mises en oeuvre, nous avons travaillé sur onze parcelles (50 m de long) de culture paysanne, jachères herbeuses artificielles, jachères arbustives, sols nus encroûtés et enfin parcelles composites (constituées en amont d'une culture paysanne et en aval d'une jachère (de 2 ans) à *Andropogon gayanus* à forte densité de semis dans les proportions jachère/surface totale de 1/5.

En ce qui concerne l'érosion et le ruissellement en 1998, les parcelles de cultures paysannes ont ruisselé fortement, 20% (de pluies causant le ruissellement) ; avec une érosion de 5 t/ha et une charge moyenne de 2,9 g/l. En revanche ni les jachères à *Stylosanthes hamata*, ni les parcelles composites n'ont ruisselé. Le sol nu a ruisselé à 50% avec une érosion de 16 t/ha. La jachère arbustive ruisselle et s'érode très peu (13%, 1,4 t/ha), la parcelle composite de sol nu en amont (25 m) et de jachère arbustive en aval est proche de cette dernière (19%, 1,1 t/ha), ce qui montre le rôle des jachères dans l'absorption et la sédimentation des ruissellements entrants.

En ce qui concerne la productivité des techniques, il est apparu que certaines techniques ont eu un taux de réalisation du rendement moyen supérieur à celui des autres, tout en conservant un risque d'engorgement, ce sont : cordons pierreux (1,22), billons cloisonnés (1,05). Par contre les autres techniques ont moins produit, et conservent un risque de sécheresse : témoin (1,03), labour/billon (0,94). Ces résultats mettent en évidence le rôle des techniques de culture et de la pente (ruissellement) dans l'alimentation hydrique du sol.

Mots clés : zone soudanienne, Burkina Faso, Bondoukuy, *Andropogon gayanus*, *Stylosanthes hamata*, jachères artificielles, jachères arbustives, érosion, ruissellement, cordons pierreux, billons cloisonnés, taux de réalisation du rendement

Summary

The problem of soils and water conservation arises a little everywhere in the culture's areas. It is in this context that our study on «the palliative technicals with the increasing scarcity of the fallow, case of the function soils and water conservation » in the soudanian zone of Burkina Faso (Bondoukuy, P = 900 mm) finds its importance. In order to quantify the extent of the problem and to compare the effectiveness of the technicals implemented, we have worked on eleven plots (50 m length) of country culture, artificial grassy fallow, shrubby fallow, encrusted naked soils and finally composite plots (made up upstream of a country culture and downstream from a 2 years fallow) with *Andropogon gayanus* with strong density of sowing in the proportions fallow/ total surface of 1/5.

With regard to erosion and the streaming in 1998, the country cultures's have strongly streamed, 20% (of rain causing the streaming); with the erosion of 5t/ha and an average load of 2.9g/l. On the other and neither the *Stylosanthes hamata* fallow, nor the composite plots have streaming. The naked soil has streaming to 50% with an erosion of 16t/ha. The shrubby fallow streams and erodes very little (13%, 1.4t/ha), the composite plot of naked soil upstream (25 m) and of shrubby fallow downstream is near to the latest (19%, 1.1t/ha), which shows the role of the fallow in the absorption and the sedimentation of the incoming streamings.

With regard to the technicals productivity, it is appeared that certain technicals have had a rate of realization of the average output higher than that of the others, while preserving a risk of saturation, which are : stony cords (1.22), partitioned balks (1.05). On the other hand, the other technicals have produced less, and preserve the risk of dryness : witness (1.03), the tilling/balk (0.94). These results underline the role of the technicals farming and slope (streaming) in the water of the soil.

Key words : soudanian zone, Burkina Faso, Bondoukuy, *Andropogon gayanus*, *Stylosanthes hamata*, artificial fallow, shrubby fallow, erosion, streaming, stony cords, balks partitioned, rate of realization of the out put.

Sommaire

Dédicace	I
Avant-Propos	II
Liste des sigles	IV
Résumé.	V
Summary	VI
Plan	VII
Annexes	IX
liste des tableaux	X
liste des figures	XI
INTRODUCTION GENERALE.	1
Première partie	
Chapitre 1 : PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE	4
Chapitre 2 : QUELQUES ELEMENTS DE DEFINITION	6
I Jachères, techniques de culture et conservation des eaux et des sols.	
1 Définitions de la jachère	6
2 Rôles et fonctions de la jachère	6
2-1 Fonction agronomique	6
2-2 Jachère et biodiversité	8
2-3 Jachère et C.E.S.	8
3 Techniques de culture et C.E.S.	9
3-1 Pratiques culturales et dégradation des sols	9
3-2 Pratiques culturales et conservation du sol	10
II Quelques rappels sur l'eau du sol	11
1 Les mouvements d'eau au niveau du sol	11
2 Les formes de l'eau dans le sol	12
3 Les valeurs caractéristiques de l'eau du sol	12
Chapitre 3 : LE MILIEU NATUREL.	14
1 Localisation	14
2 Climat	15
3 Hydrographie	18
4 Géologie	18
5 Géomorphologie	18
6 Sols	19
7 Végétation	19
8 Milieu humain et activités socio-économiques	23
8-1 Population et groupes ethniques	23
8-2 Les activités socio-économiques	23
Conclusion	27

Deuxième partie

Chapitre 4 : MATERIELS ET METHODES	29
1 Les expériences I.R.D.-ETSHER	29
2 Les sites d'expérimentation	27
2-1 Site bas Bukui	30
2-2 Site Lamine	30
2-3 Les sols	32
3 Diagnostic des processus d'érosion, de ruissellement et gestion conservatoire des eaux et des sols sur le versant cultivé de Kossoghin	32
4 Les parcelles expérimentales	35
4-1 Description des essais.	35
4-1-1 le bloc 31.	35
4-1-2 Les bloc haut et bas.	34
4-2 Les itinéraires techniques sur les parcelles expérimentales.	39
4.2-1 Sur les parcelles non cultivées.	39
4.2-2 Sur les parcelles cultivées	39
4.3 Les mesures	41
4.3-1 Mesure de la quantité et de l'intensité des pluies	41
4.3-2 Evaluation du ruissellement	41
4.3-3 Mesure et suivi de l'érosion	42
4.3-4 Mesure et suivi de la teneur en eau du sol	43
4.3-5 Mesures et suivi agronomique.	44
4.3-6 Les récoltes	45
4.3-7 Les profils culturaux	45
4.3-8 Le matériel végétal utilisé dans les expérimentations	46
4.3-9 Traitement des données	46

Troisième partie

Chapitre 5 : RESULTATS ET ANALYSE.	48
I LE VERSANT	48
1 Les enquêtes auprès des agriculteurs	48
2 Evolution de l'occupation du sol sur le versant de Kossoghin et ses conséquences	55
3 Résultats en relation avec la topographie et la direction des billons	61
II LES PARCELLES EXPERIMENTALES	65
1 La pluviométrie (graphes)	65
2 Mesures et suivi de du ruissellement et de l'érosion	69
2-1 Résultats et analyse	69
2-2 L'analyse critique des parcelles d'expérimentation.	72

3 Mesure et suivi de la teneur en eau du sol.	73
3-1 Situation des mesures par rapport aux pluies de 1998 et leur représentativité.	73
3-2 Approche statique	74
3-2-1 Dates du 15 et du 20 juin 1998	74
3-2-3 Dates du 21 et 22 juillet 1998	81
3-2-2 Date du 30 novembre	88
3-3 Approche dynamique	92
3-3-1 Evolution de l'humidité par rapport à la réserve facilement utilisable	92
3-3-2 Evolution du stock hydrique.	96
3-3-3 Modèle de bilan d'eau	97
3-3-4 Satisfaction des besoins en eau dans les deux parcelles	99
4 Les profils culturaux	101
4-1 Description	101
4-2 Enracinement	101
4-3 poinçonnement ou résistance à la pénétration exprimée (en kg/cm ²)	103
5 Elaboration du rendement.	104
5-1 Les composantes du rendement	104
5-2 Les récoltes	106
5-3 Calcul du rendement	106
5-4 Calcul du taux de réalisation du rendement	107
 CONCLUSION GENERALE	 113

Annexes

Annexe 1 : questionnaire

Annexe 2 : fiche d'évaluation des profils

Annexe 3: fiche d'observation à la récolte, parcelle céréale

Annexe 4 : fiche d'observation à la récolte, parcelle coton

Annexe 5 : fiche de suivi agronomique

Annexe 6 : fiche de prélèvement de terre

Tableaux

Tableau 1 : les itinéraires techniques	40
Tableau 2 : description des paysans enquêtés	48
Tableau 3 : raisons de mise en jachère et gestion de celle-ci	50
Tableau 4 : résultats de mesure de l'érosion et du ruissellement	69
Tableau 5 : résultats de mesure des humidités volumiques en fonction de la profondeur pour différents états de surface (15/06/98)	76
Tableau 6 : test d'analyse de variance (facteur1 = état de surface, facteur2 = profondeur)	76
Tableau 7 : test de Newman-Keuls	76
Tableau 8 : résultats de mesure des humidités volumiques en fonction de la profondeur du 20/06/98.	77
Tableau 9 : test d'analyse de variance (fact1 = état de surface, fact2 = profondeur)	77
Tableau 10 : test de Newman-Keuls	77
Tableau des résultats 11 : étude des effets amont-aval (20/06/98)	78
Tableau 12 : analyse de variance	78
Tableau 13 : test de Newman-Keuls (facteur F1 = état de surface ou traitement)	79
Tableau 14 : test de Newman-Keuls (facteur F2 = station amont ou aval)	79
Tableau 15 : test de Newman-Keuls (facteur F3 = profondeur)	79
Tableau 16 : test de Newman-Keuls (facteur F1*2)	79
Tableau 17 : mesures du 21, 22/08/98	84
Tableau 18 : analyse de variance (fact1 = état de surface ou traitement; fact2 = station; fact3 = profondeur)	85
Tableau 19 et 20 : test de NEWMAN-KEULS (facteurs traitements et profondeur)	85
Tableau 21 : résultats d'humidité 22/08/98 (parcelles non cultivées)	86
Tableau 22 : nombre de racines par dm ² , bloc haut (maïs)	101
Tableau 23 : nombre de racines par dm ² , bloc bas (coton)	101
Tableau 24 : nombre de racines par dm ² , bloc 31	102
Tableau 25 : poinçonnement bloc haut	103
Tableau 26 : poinçonnement bloc bas	103
Tableau 27 : poinçonnement bloc 31	103
Tableau 28 : taux de réalisation du rendement moyen (1997-1998)	108
Tableaux 29 et 30 : tests statistiques	109
Tableau 31 : test statistique (fact1 = année, fact2 = traitement, fact3 = station amont/aval)	110
Tableau 32 : matière sèche (1997-1998)	111
Tableau 33 : Analyse de variance en ce qui concerne la paille 1998	112
Tableau 34 : Analyse de variance (variation interannuelle - paille)	113

Figures

Figure 1: localisation de la zone d'étude	14
Figure 2a : diagramme du bilan hydrique 1998	16
Figure 2b : pluviométrie de Bondoukuy de 1920 à 1995	16
Figure 3a : humidité relative de Bondoukuy	17
Figure 3b : bilan climatique de Dédougou 1950-1967	17
Figure 4 : température moyenne mensuelle, Bondoukuy, 1998	17
Figure 5 : carte géologique, Bondoukuy	22
Figure 6 : esquisse géomorphologique, Bondoukuy	23
Figure 7: carte pédologique de Bondoukuy	24
Figure 8: localisation des parcelles d'étude	31
Figure 9 : bloc 31	36
Figure 10 : bloc haut et bloc bas	38
Figure 11: évolution de l'occupation du sol (1952-1996)	58
Figure 12 : carte d'occupation des sols en 1998	59
Figure 13 : carte de l'érosion	60
Figure 14 : Histogramme de pente de billons	61
Figure 15 : histogramme de pente de terrain	61
Figure 16 : Histogramme des angles billons/courbes de niveau	61
Figure 17 : pente de billons en fonction de la plus grande pente	62
Figure 18 : pluviosité et bilan climatique au niveau des essais	66, 67, 68
Figure 19 : Analyse des paramètres du ruissellement	71
Figure 20, 21, 22 : humidité du sol (approche statique)	75, 82, 83, 88, 89, 90
Figure 23 : humidité du sol (approche dynamique)	92, 93
Figure 24 : simulation du bilan hydrique et satisfaction des besoins en eau	100
Figure 25 : composantes du rendement	106
Figure 26 : effet année sur le taux de réalisation du rendement.	114

INTRODUCTION GENERALE

Cette étude a été réalisée au Burkina Faso dans la région de Bondoukuy (P = 950 mm), située à 100 km de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo - Dédougou, à l'ouest du pays. Le choix de cette région est guidé par plusieurs raisons dont voici certaines :

- il existe une demande de connaissances sur les savanes qui focalisent actuellement de multiples enjeux (SERPANTIE et DEVINEAU, 1991) :

- * enjeux industriels et économiques nationaux, à travers les questions sur l'avenir de la production cotonnière ;
- * enjeux en matière de développement régional durable à travers les questions des migrations agricoles et pastorales, de la reproductibilité des systèmes de production ;
- * enjeux environnementaux, à travers les questions posées sur l'évolution du biome savane compte tenu des activités qui s'y déroulent et de l'évolution climatique, ainsi que sur l'impact de cette évolution sur les milieux environnants ;
- * enjeux sur la gestion et la conservation des eaux et de la fertilité des sols ;

- Bondoukuy appartient à une zone de transition entre deux domaines phytogéographiques et climatiques, le domaine sahélien et soudanien (GUINKO, 1984) ;

- il existe dans cette région une diversité humaine, mais aussi celle du milieu physique et biologique. Cette diversité humaine est accentuée par des migrations récentes et intenses. D'une densité de 5 habitants au km² jusqu'à la moitié du XX^{ème} siècle, Bondoukuy présente aujourd'hui 33 habitants au km². Cette densité est inquiétante si l'on considère le rapport population/surface cultivable (KISSOU, 1994) ; elle a pour conséquence une augmentation de la pression sur les ressources naturelles avec pour corollaire, le surpâturage, le prélèvement abusif des produits forestiers, etc.

On assiste donc à une évolution rapide des systèmes de culture et d'élevage. L'équilibre de l'ancien système basé sur les courtes périodes de culture suivies des longues périodes de jachère et un cheptel réduit, est rompu. Les signes de dégradation apparaissent partout. L'un des types de dégradation

le plus répandu est l'érosion des sols due au ruissellement des eaux de pluie, en témoignent les affleurements de cuirasses, l'ensablement des bas-fonds, la présence des rigoles et des zones décapées. Il en résulte la diminution des rendements agricoles et donc la baisse des revenus. Cette dégradation résulte d'une réaction en chaîne que l'on peut résumer comme suit :

- la dégradation physique par compactage et encroûtement de la surface du sol, entraînant peu d'infiltration et beaucoup de ruissellement ;
- la dégradation par perte d'éléments nutritifs et acidification ;
- la dégradation biologique par diminution de la teneur en humus et réduction de l'activité biologique dans le sol.

Il faut donc plus de surface cultivée et plus d'engrais pour maintenir les rendements, deux choses difficiles à réaliser : la première au vu du degré de saturation de l'espace agricole et la seconde compte tenu du faible pouvoir d'achat des paysans de la région.

Première partie

Chapitre 1 : PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE

Comment accroître les rendements au niveau des productions végétales et assurer au mieux la protection ou la restauration de l'environnement ? Ceci est une préoccupation pour la région.

Devant ce diagnostic sur le raccourcissement de la durée des jachères et dans ce contexte de la dégradation du potentiel agricole, la recherche de techniques de substitution aux pratiques locales constitue un objectif prioritaire pour le maintien ou l'augmentation de la production agricole.

L'étude porte sur la connaissance scientifique des fonctions de la jachère, plus particulièrement la fonction mal connue ; la fonction « conservation des eaux et du sol », c'est à dire « l'étude des aménagements cultureux alternatifs à la raréfaction des jachères ».

Depuis que l'on s'intéresse à la question de la dégradation des sols, plusieurs causes explicatives de ce phénomène sont énumérées :

- *les causes naturelles* telles que : la succession d'averses, les orages, les affaissements de terrains, l'érodibilité du sol, l'énergie de battance de pluie sur le sol dénudé, les éboulements, le ruissellement, l'érosion, le lessivage qui sont indépendantes de l'homme, mais dont certaines peuvent être accélérées par ce dernier ;
- *les causes anthropiques* : les activités humaines introduisent des changements de l'écosystème par l'agriculture itinérante consommatrice d'espace, la destruction du couvert végétal (prélèvement de bois), l'exploitation par cueillette du milieu, l'utilisation de techniques culturales peu adaptées à la sauvegarde des sols, les feux de brousse, le surpâturage, la mécanisation et la motorisation, la modification des états de surface par le travail du sol (encroûtement), la monoculture ; l'utilisation des engrais chimiques et pesticides, la création des pistes et des routes (lieux privilégiés de décapage et de transport de terre).

Toutes ces causes, prises ensemble ou individuellement, en relation avec le niveau d'anthropisation ou d'artificialisation peuvent être à l'origine de la dégradation des sols cultivés ou non cultivés dans des proportions parfois inquiétantes.

La problématique d'ensemble repose sur l'idée qu'une utilisation efficace de certaines techniques de culture appropriées diminuerait l'emprise sur l'espace cultivable et permettrait une bonne exploitation durable des sols. Il s'agit d'une recherche qui tente de trouver des réponses aux questions posées par les utilisateurs traditionnels du milieu et les acteurs de développement.

La durabilité des systèmes de production suppose la mise en place de techniques de culture adaptées aux exigences de la conservation des eaux et des sols tout en assurant un entretien de l'espace rural et la préservation des ressources naturelles (sol, eau, couvert végétal...). Il faut donc concevoir des systèmes de culture adaptés et proposer aux décideurs des outils (références techniques) et des méthodes à des fins de préservation de l'environnement dans le respect des diverses activités en milieu rural.

La démarche globale de notre étude se résume par ces traits :

- d'une part, d'enquêter et d'expérimenter sur le ruissellement et l'érosion dans des cultures, jachères courtes et longues
- d'autre part, comparer ce fonctionnement avec celui de cultures soumises à différentes techniques d'aménagement, en particulier raisonnées pour réduire ruissellements et érosion à l'échelle du champ.
- enfin, étudier les conséquences agronomiques de ces techniques d'aménagement « palliatifs », en particulier, mener une réflexion sur l'intérêt et les conditions de l'intégration de ces techniques d'aménagement dans les systèmes de culture élaborés par les paysans de terroirs confrontés à une relative saturation foncière. Il s'agira donc d'une meilleure diffusion de ces techniques, si elles s'avèrent efficaces à l'analyse agronomique, surtout en matière de conservation des eaux et de la fertilité des sols.

Notre travail va donc s'articuler autour de trois parties :

- la première partie est consacrée à la problématique et la synthèse de la littérature existante sur l'importance des jachères et des techniques culturales assurant la conservation des eaux et des sols ; elle définit quelques notions sur l'eau du sol, et décrit le milieu naturel ;
- la deuxième partie traite des méthodes et matériels utilisés ;
- la troisième partie expose les résultats et en présente l'analyse ;

Dans une conclusion générale nous ferons ressortir les acquis scientifiques et techniques des travaux et les perspectives qui peuvent s'ouvrir pour la région.

Chapitre 2 : QUELQUES ELEMENTS DE DEFINITION

I Jachères, techniques de culture et conservation des eaux et des sols

1 Définitions de la jachère

Les écrits sur la jachère abondent. Cela témoigne de l'intérêt que l'on porte à celle-ci, qu'elle soit naturelle ou améliorée, de longue ou de courte durée. De la diversité de ses rôles et fonctions, plusieurs définitions de la jachère sont données par divers auteurs :

- selon le Centre Technique Forestier Tropical (1979), *la jachère est une terre en repos, hors culture et hors pâture et fait partie d'un assolement, qui a été précédemment cultivée et sur laquelle l'homme n'intervient pas ;*
- SEBILLOTTE (1985) définit la jachère comme *l'état d'un terrain laissé temporairement sans culture et qui remplit diverses fonctions ;*
- pour montrer cette diversité des fonctions de la jachère, JOUVE (1991) définit la jachère comme *un ensemble de pratiques très diverses qui n'ont parfois guère de points communs tant les rôles et fonctions de la jachère sont multiples mais qui toutes nous fournissent une clé privilégiée pour comprendre les grands modes d'exploitation du milieu et leur dynamique ;*
- pour SERPANTIE et DEVINEAU (1991), *la jachère représente une voie de reconstitution des potentiels biologiques des milieux naturels ;*
- pour BELEM et al (1996), *la jachère est un champ au repos, une solution alternative de lutte contre les adventices, une brousse de réserve et un pâturage.*

2 Rôles et fonctions de la jachère

2-1 Fonction agronomique

La jachère augmente le stock d'éléments minéraux assimilables dans le sol (RUTHENBERG, 1974). C'est aussi la méthode la plus ancienne et la plus

simple pour restaurer les propriétés d'un sol dégradé par plusieurs années de culture, notamment par l'augmentation du taux de matière organique dans le sol, ce qui a pour conséquence l'amélioration des propriétés physiques et chimiques du sol. Cette amélioration se traduit aussi par une meilleure infiltration de l'eau et une diminution des pertes par ruissellement, une augmentation de la capacité de rétention d'eau du sol et une diminution des pertes par lessivage (JEAN, 1975 ; PIERI, 1989). D'où le qualificatif de technique de fertilisation *passive* (JEAN, 1975).

La jachère est donc un moyen pour améliorer la fertilité des sols *fatigués* et renforcer leur capacité de résistance à l'érosion.

La présence de certaines espèces herbacées dans les jachères (*A pseudapricus*, *A gayanus*, *A ascinodis*) permet aux paysans d'identifier l'évolution du sol et de sa fertilité (SOME, 1994 ; SAVADOGO, 1998 ; DJIMADOUM, 1999).

Par ailleurs, pour de nombreux auteurs (JEAN, 1975 ; BOUDET, 1975 JONES, 1979 ; BEDU et al, 1987 ; ALEXANDRE, 1989 ; SEBILLOTTE, 1991 ; DIENG et al, 1997), la jachère représente un moyen de lutte contre les adventices de culture. DIENG (1997) rapporte qu'une jachère améliorée à *Andropogon gayanus* élimine les adventices et améliore les sols cultivés et conseille son introduction comme culture fourragère en Afrique tropicale

Les propriétés restauratrices de la jachère ont été résumées par NYE et GRENLAND (1960) :

- restaurer le niveau des éléments nutritifs dans le sol ;
- restaurer le niveau de carbone et améliorer la structure du sol ;
- supprimer les mauvaises herbes ;
- supprimer les parasites ;
- diminuer l'érosion.

D'autres fonctions non moins importantes en zone soudanienne, car économiques et sociales sont celles du renouvellement du parc à karité, le pâturage, la coupe de bois et la cueillette (SERPANTIE, 1993).

2-2 Jachère et biodiversité

La jachère consacre le retour de la diversité spécifique (MITJA et PUIG, 1991 ; ZOUNGRANA, 1991 ; SOME, 1996 ; DJIMADOUM, 1999) et faunique (BACHELIER, 1978 ; PIERI, 1989).

2-3 Jachère et conservation des eaux et des sols (C. E. S.)

L'une des grandes fonctions de la jachère est la "fonction conservation des eaux et des sols". Dans un système d'agriculture itinérante, consommatrice d'espace, la mise en jachère favorise le retour de la végétation qui, selon DELOYE et REBOUR (1958), va agir de trois manières sur le sol :

- contre l'effet vertical : elle amortit la violence des pluies, conduit l'eau doucement vers le sol, atténuant ainsi le tassement superficiel, la destruction des agrégats et l'entraînement des éléments fins, cela maintient la porosité ;
- contre l'effet horizontal : la végétation oppose un obstacle au ruissellement, elle ralentit le courant et divise les filets d'eau ;
- l'action souterraine des racines renforce la cohésion du sol.

CORNET (1992) ajoute que la végétation des jachères modère les alternances humectation-dessèchement conduisant à une désorganisation pelliculaire de surface avec, pour conséquences, une diminution de la perméabilité, une augmentation du ruissellement et une baisse de l'infiltration. Cette action est d'autant plus importante que la végétation est plus abondante.

Selon FLORET et PONTANIER (1993), le maintien d'une parcelle en jachère peut s'avérer nécessaire pour lutter contre l'érosion et augmenter l'infiltration. La jachère présente en plus une capacité à décanter les ruissellements exogènes, à empêcher les concentrations érosives, protégeant ainsi les paysages et améliorant les processus de recharge des nappes d'eau (FOURNIER et al, 1999). Ces processus pourraient participer à la remontée de

la fertilité des jachères. C'est pourquoi SERPANTIE (1993) propose une gestion de l'espace agricole qui réserve une place de choix à la jachère.

D'après ROOSE (1991), l'érosion et le ruissellement sont médiocres sur une savane intégralement protégée (ni feu, ni pâturage). Dans la même savane soumise aux feux précoces, le ruissellement et l'érosion se manifestent dès les premiers orages (ROOSE, 1979 et 1981 ; CASENAVE et VALENTIN, 1989). Le ruissellement est fonction des états de surface, en particulier les surfaces encroûtées, du couvert végétal et de l'activité de la mésofaune (ROOSE, 1979 et 1991 ; CASENAVE et VALENTIN, 1989). Ces auteurs ajoutent que la présence d'une litière à la surface du sol, fortement transformée par les vers de terre et les termites explique la disparition des croûtes de battance et l'amélioration de la capacité d'infiltration de l'eau par les jachères.

3 Techniques de culture et conservation des eaux et des sols

3-1 Pratiques culturales et dégradation des sols

MARTIN (1963) cité par SEBILLOTTE (1991) rapporte qu'en région tropicale et en région sèche, la mise en culture entraîne automatiquement une chute du taux de matière organique et une dégradation de l'état structural. Sauf jachère de très longue durée, on ne rattrape pas la situation initiale par des temps de repos courts.

En général la mise en culture se traduit par l'installation d'une couverture végétale peu protectrice vis à vis du ruissellement et par l'émergence des adventices. Le sol ainsi exposé à l'énergie de battance des gouttes de pluie s'encroûte, le ruissellement s'accélère ainsi que l'érosion en nappe. CHRISTOI (1966, cité par ROOSE, 1989) sur rotation mil-arachide à Niangoloko au Burkina Faso ($P = 1422$ mm, sol ferrallitique sablo-argileux, pente 2. 5%), rapporte que la jachère a un coefficient de ruissellement annuel de 0. 4% et s'érode à 0. 09 t/ha, tandis que la mise en culture sur billon parallèle à la pente produit un ruissellement de 2% et une érosion de 6. 34 t/ha.

Ce sont sélectivement les particules fines (matières organiques, limons, argiles, et nutriments adsorbés) qui constituent l'essentiel de la fertilité du sol qui sont

érodées. C'est pourquoi il faut tenir compte de la quantité de terre transportée, mais aussi et surtout quantifier la fertilité perdue (BOLI et *al*, 1998).

VILAIN (1989) estime que l'érosion est en rapport avec les aléas climatiques mais surtout avec l'importance et les modalités de mise en valeur agricole, et spécialement le remplacement de la forêt par des terres labourées. Elle est accentuée par :

- l'augmentation de la taille des parcelles ;
- réduction des types de cultures à l'origine d'une homogénéisation des pratiques culturales ;
- modification des méthodes de travail : diversification d'outils qui entraîne un émiettement du sol et par conséquent sa fragilisation.

Les billons dans le sens de la pente sont d'autant de petits canaux qui évacuent et concentrent l'eau renforçant le ruissellement et l'érosion. Ce ruissellement selon VILAIN (1989) est à l'origine de la pollution des eaux de surface.

3-2 Pratiques culturales et conservation des sols

Le travail du sol a une part importante dans sa conservation ; toutes les formes de conservation dépendent de lui (STOCKING and ABEL, 1992). LEPRUN (1998) pense que la pratique des billons isohyphes cloisonnés élimine pratiquement la perte en terre et en eau dans la plupart des cas. Il conclut que le danger érosif n'est réel que sur sol nu et travaillé : début de culture au moment des semis et dans les conditions de terrain et culture non appropriées. Selon divers auteurs, les techniques du paillage (SMOLIKOWSKI et *al*, 1998), des cordons pierreux isohyphes (SERPANTIE et LAMACHERE, 1998) et le semis direct (BARTHES et *al*, 1998) permettent une réduction du ruissellement et de l'érosion dans les conditions soudano-sahéliennes.

L'érosion est donc le signe d'un déséquilibre entre les potentialités du milieu et le mode de gestion par la société actuelle (ROOSE, 1994).

Il ressort de ces écrits que les jachères et les façons culturales ont des effets sur la structure du sol sous d'autres climats et situations édaphiques ; mais ce sont surtout les jachères forestières que l'on a étudiées. En dehors des travaux effectués par CHRISTOI (1966, cités par ROOSE, 1989), il manque les connaissances des effets réels des jachères et des techniques de culture en savanes soudaniennes. Notre programme de recherche essaie d'apporter une contribution dans ce sens :

II Quelques rappels sur l'eau du sol

1 Les mouvements d'eau au niveau du sol

L'eau qui arrive à la surface du sol par les précipitations atmosphériques ou l'irrigation est l'objet de plusieurs mouvements :

- **le ruissellement** : c'est l'écoulement de l'eau à la surface du sol de l'amont vers l'aval d'un terrain, pouvant avoir pour conséquences rapides et nuisibles, la perte d'eau et l'érosion du sol ;
- **l'évaporation potentielle (E. P.)** : c'est l'évaporation de l'eau d'une surface inerte donnée lorsqu'il n'y a pas de restriction à la disponibilité, seule l'énergie disponible est un facteur restrictif ;
- **l'évapotranspiration potentielle (E. T. P.)** : c'est l'évaporation d'une surface biologique standard (sol + gazon) disposant de l'eau sans restriction. L'énergie disponible étant le seul facteur restrictif ;
- **l'évapotranspiration maximale (E. T. M.)** : c'est l'évapotranspiration d'une culture à un stade, dans les conditions climatiques habituelles, le sol étant bien alimenté en eau ;
- **l'évapotranspiration réelle (E. T. R.)** : c'est la quantité d'eau évapotranspirée par une culture durant un intervalle de temps en conditions hydriques du sol quelconques et dans les conditions climatiques habituelles.
- **la remontée capillaire ou ascension** : c'est le mouvement d'eau de la profondeur vers la surface du sol. Il est d'autant plus prononcé que le sol est tassé, que l'évapotranspiration est plus lente et régulière, que le sol est parcouru par des racines ;

- **l'infiltration (ou percolation, ou drainage)** : c'est le mouvement d'eau de la surface du sol vers la profondeur. Elle dépend de la perméabilité du sol et peut être cause du lessivage des éléments fins ou de la lixiviation en profondeur des éléments solubles tels les nitrates, les sels de calcium ;
- **les mouvements latéraux** : l'eau se déplace de la zone la plus humide vers la zone la plus sèche, en général ce sont des mouvements de faible amplitude ;

2 Les formes de l'eau dans le sol

L'eau du sol est retenue par des forces regroupées sous le terme de « force de succion ». L'intensité de cette force est inversement proportionnelle à la quantité d'eau dans le sol. Cette force est appréciée par le potentiel capillaire ou pF ($pF = \log P$, avec P, pression des agrégats sur l'eau du sol). Dans le sol l'eau se trouve sous forme de :

- **l'eau d'imbibition** : qui imprègne les colloïdes et très fortement retenue ;
- **l'eau pelliculaire** : qui forme un mince film à la surface des agrégats, elle est fortement retenue ;
- **l'eau capillaire** : qui occupe la macroporosité du sol, très importante en quantité et représente le réservoir en eau de la plante.

3 Les valeurs caractéristiques de l'eau du sol

Dans une tranche de sol, à chaque instant il existe un équilibre entre le sol, l'air et l'eau correspondant à des états d'humidification donnés. On distingue :

- **l'humidité à saturation** : c'est la quantité d'eau du sol après une pluie ou un arrosage suffisant. L'eau s'écoule par gravité vers les profondeurs, en ce moment les forces de succion sont nulles. L'eau est soumise au potentiel gravitaire $F = gz$;
- **l'humidité à la capacité de rétention (Hcr)** : après la pluie, lorsque cesse l'action des forces de gravité, les forces de rétention qui agissent sur l'eau varient autour d'une pression de 500g/cm², ce qui équivaut à un pF de l'ordre de 2.7 ;

- **l'humidité au point de flétrissement (Hf)** : c'est l'humidité contenue dans le sol lorsque la plante ne peut plus prélever l'eau du sol. Les forces de rétention qui agissent sur l'eau équivalent à une pression de 16000 g/cm², ce qui revient à un pF de 4. 2 et la peut se faner de façon réversible ou irréversible.
- **l'humidité de constitution** : c'est la quantité d'eau qui subsiste dans le sol après passage à l'étuve à 105°C. Les forces de rétention atteindraient plusieurs tonnes par cm² ;
- **la réserve utile (RU)** : c'est la quantité maximale d'eau que le sol peut céder à la culture. Elle se calcule par la formule $R. U. = (H_{cr} - H_f) \times D_a \times z$ (D_a est la densité apparente, z est la profondeur d'humectation) ;
- **la réserve facilement utilisable (RFU)** : l'expérience montre que l'eau n'est pas accessible avec la même facilité. Pour traduire la réduction de disponibilité de l'eau, on ne retient qu'une fraction de la RU : la réserve facilement utilisable (R. F. U.), avec $RFU = \beta RU$ ($1/3 \leq \beta \leq 2/3$). Elle varie avec la finesse de la structure et la densité d'enracinement.

La participation de la technique de culture à la satisfaction des besoins hydriques de cultures peut être abordée selon deux approches différentes :

- d'un point de vue statique : on évalue la quantité d'eau (humidité) disponible par traitement sans considérer les modalités d'utilisation par les plantes.
- d'un point de vue dynamique : la technique de culture doit fournir un débit d'eau compensant le débit d'évapotranspiration ; on fait appel à la notion de réserve facilement utilisable pour évaluer cette participation

Chapitre 3 : LE MILIEU NATUREL

1 Localisation

A 100 km de BOBO-DIOULASSO, sur l'axe reliant BOBO-DIOULASSO à DEDOUGOU et sur la rive droite du *MOUHOUN*, se situe la région de BONDOUKUY où l'étude a été menée. Cette région fait partie de l'ouest du BURKINA-FASO qui est la zone cotonnière.

Le département de BONDOUKUY s'étend sur 1100 km² environ, 23 villages administratifs. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes :

- 360 m d'altitude,
- 3°45' de longitude ouest,
- 11°51' de latitude nord.

Les trois régions naturelles principales qui forment le département sont :

- la plaine du TUI,
- le plateau de BONDOUKUY,
- la plaine du *MOUHOUN*.

Nous avons effectué notre étude sur le plateau, qui est le plus concerné par notre problématique du fait de fortes pentes. La figure 1 ci-dessous nous montre la localisation géographique du département dans l'ensemble burkinabé.

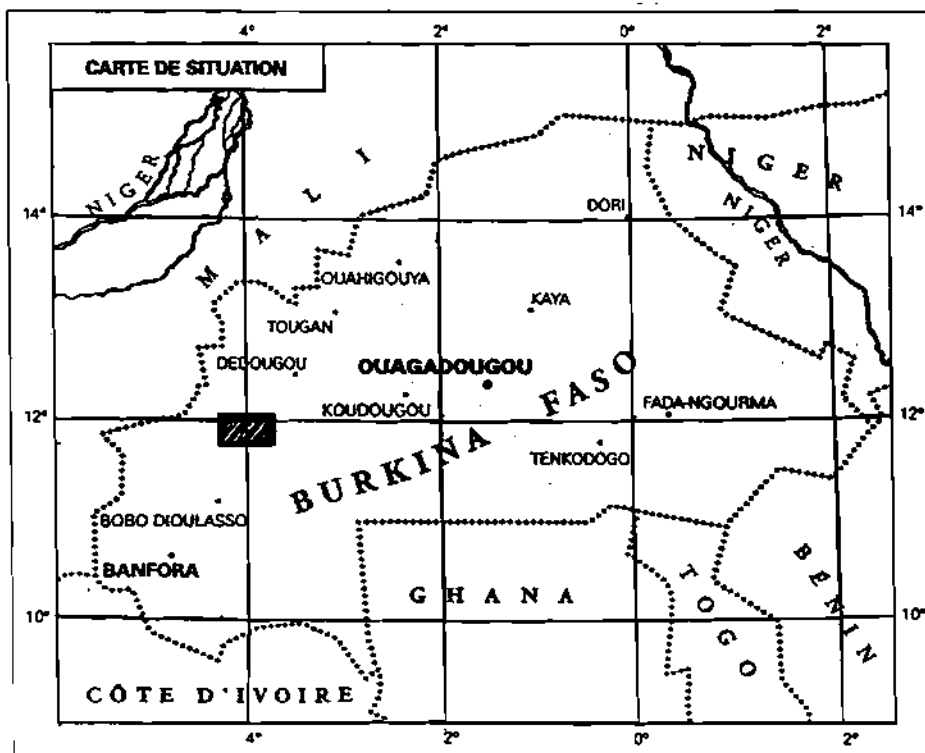


Figure 1. Localisation de la zone d'étude.

2 Climat

Il est du type soudanien méridional, avec deux saisons bien contrastées : une saison sèche de 6 à 7 mois et une saison pluvieuse de 5 à 6 mois.

Grâce aux stations électroniques CIMEL placées par l'I. R. D. , on a des informations relatives au climat de Bondoukuy. Ce climat est moyen entre celui de Bobo et celui de Dédougou. Au niveau des sites d'expérimentation on dispose des pluviomètres et pluviographes pour l'enregistrement de la quantité et de l'intensité des pluies.

Les précipitations se caractérisent par leurs variations interannuelles et leurs mauvaises distributions spatiale et temporelle au cours de la même année. Les figures 2a et 2b nous donnent respectivement les évolutions mensuelles (1998) et annuelles (1920-1995) de la pluviométrie en millimètre estimée

La figure 3a nous donne l'évolution moyenne mensuelle de l'humidité relative (HR) en 1998 d'après les stations CIMEL du plateau et du bas-glacis. On peut remarquer que cette humidité relative amorce une hausse dès les mois d'Avril et Mai. La figure 3b nous donne l'évolution du bilan climatique de Dédougou : comparaison phase humide (1950-1967) et phase sèche (1968-1985)

Les températures sont très variables. La moyenne annuelle oscille entre 23 et 33°C. Les mois les plus chauds sont mars et avril, voir figure 4.

Il souffle un vent sec en saison sèche (l'hamattan) et un vent humide en saison de pluie (la mousson) ; avec des températures élevées, on enregistre de fortes valeurs de l'ETP (ETP/2 supérieure aux précipitations). En période pré-humide (mai-juin), les précipitations sont supérieures à ETP/2. Certaines herbacées précoces germent, mais ces pluies n'entraînent pas automatiquement le démarrage des semis. En période humide, par contre, l'ETP diminue. Durant cette période, le sol constitue ses réserves hydriques. THORNTWHAITE (1948), définit :

- un mois humide lorsque P supérieur à ETP ;
- un mois sec lorsque P inférieur à ETP/2 ;
- un mois de transition lorsque ETP/2 inférieur à P inférieur à ETP.

La période de végétation active correspond à la période pendant laquelle les précipitations sont supérieures à ETP/2 (figure 3b).

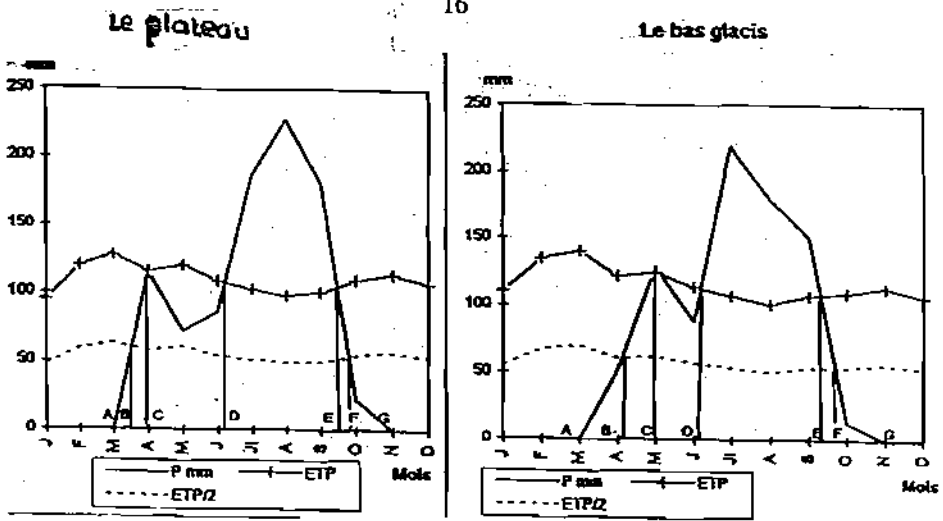


Figure 2a Diagramme du bilan hydrique 1998 (Pluviosité: moyenne de quatre stations pluviométriques du plateau et de trois stations du bas glacis; ETP (TURC): moyenne des deux stations CIMEL des mêmes localités)

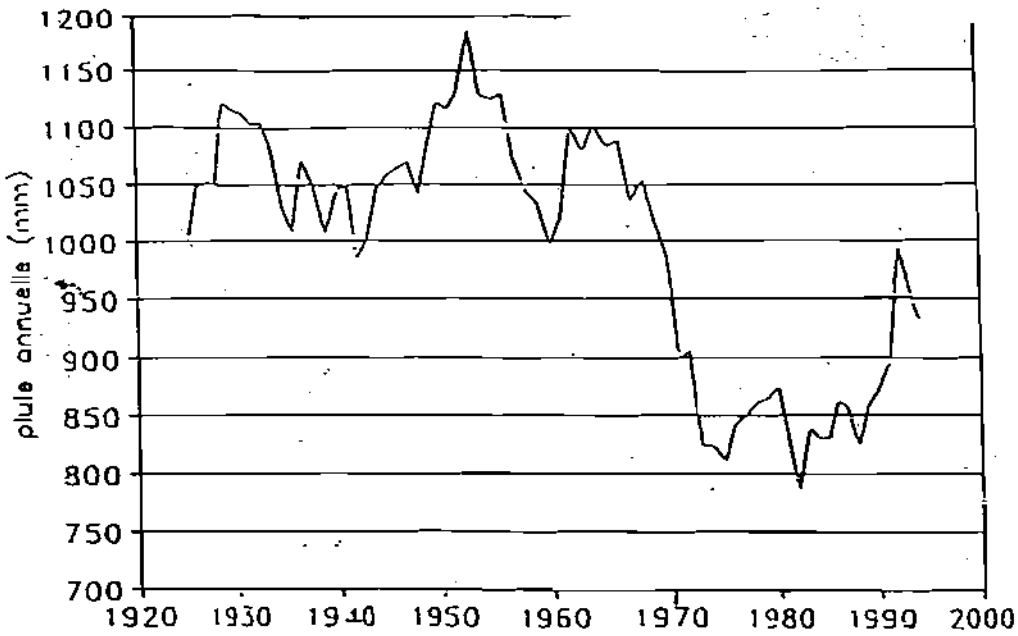


Figure: 2b, Évolution pluviométrique estimée de Bondoukui de 1920 à 1995 (moyennes lissées de Bobo-Dioulasso et de Dédougou). D'après (LOMPO, 1997).

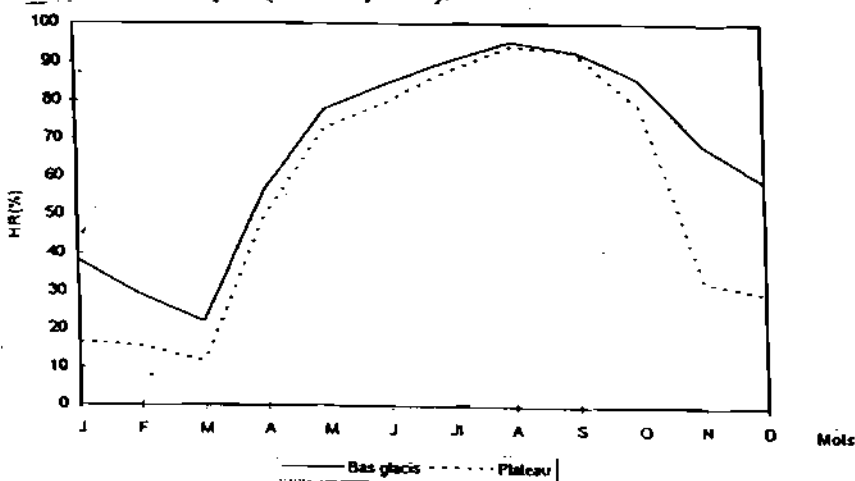


Figure 3a Humidité relative (HR) moyenne mensuelle (d'après les stations CIMEL du plateau et du bas glacis, 1998).

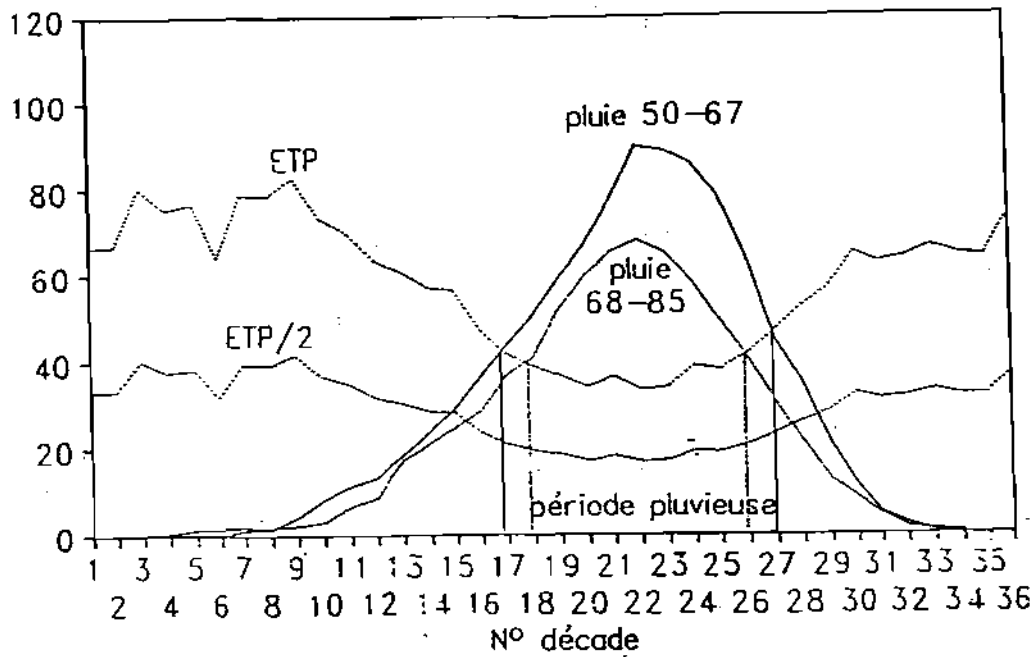


Figure 3 b: Le bilan climatique de Dédougou. Comparaison de la phase humide 1950-1967 et la phase sèche 1968-1985 (valeurs moyennes décennales, courbes lissées). Source: Atlas Agrhymet, 1991

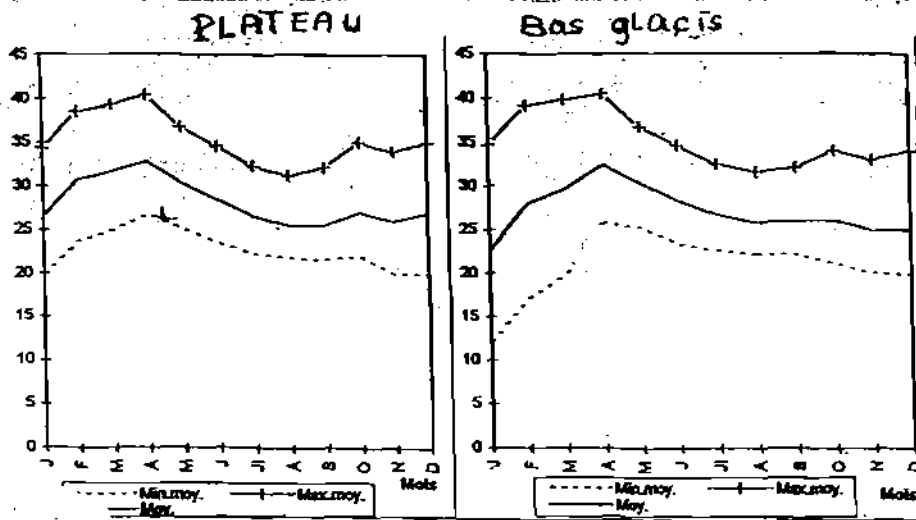


Figure 4: Température moyenne mensuelle, maxima et minima moyens, en degré celsius (d'après la station CIMEL du plateau et du bas glacis, 1998).

3 Hydrographie

Le fleuve *Mouhoun* constitue l'élément essentiel de l'hydrographie de la région de Bondoukuy. Il borde la partie nord-ouest de la région et coule tout d'abord en direction du nord-est dans une large vallée aux versants faiblement inclinés, puis dans la direction sud-est (PALLIER, 1981). Il décrit de très large méandres. En outre, on note la présence de quelques cours d'eau saisonniers et de points d'eau temporaires.

4 Géologie

La région de Bondoukuy repose sur un substratum géologique constitué des formations sédimentaires gréseuses infracambriennes et paléozoïques. Ces formations se présentent en bandes grossièrement parallèles, d'âge de plus en plus récent, de l'est vers l'ouest (LEPRUN et MOREAU, 1969 ; LADMIRANT et LEGRAND, 1977). Ce substratum géologique d'altération est à l'origine des formations pédologiques observées dans la région (figure 5).

5 Géomorphologie

Le cadre géomorphologique (figure 6, selon KISSOU, 1994) de la région a été décrit par plusieurs auteurs, notamment LEPRUN et MOREAU (1969) ; GUILLOBEZ et RAUNET (1979). DEVINEAU et *al* (1997) décrivent ce cadre comme un système de glacis cuirassés polygéniques plus ou moins sévèrement entaillé par le réseau hydrographique, avec une plaine colluvio-alluviale puis alluviale le long des grands axes de drainage (le *Mouhoun* et ses affluents). D'après ces auteurs, les reliefs et les glacis peuvent être rattachés à quatre grands épisodes morphogénétiques qui sont selon la terminologie de MICHEL (1959, 1969) et de VOGT (1959) :

- le relief intermédiaire (d'âge estimé pliocène ou plio-quatenaire) : il comporte ici en surface des témoins de la surface éocène qui indiquent un démantèlement récent de celle-ci ;
- les glacis quaternaires : haut glacis, moyen glacis et bas glacis.

6 Sols

Divers auteurs ont réalisé des études pédologiques dans la région de Bondoukuy (LEPRUN et MOREAU, 1969 ; DEVINEAU et *al*, 1997). KISSOU (1994) et ZOMBRE et KISSOU (1995) en font la répartition suivante :

Sur le « plateau », les sols ferrugineux, de structure massive sont pauvres en éléments nutritifs prédominant (64%). Lorsque la carapace existe, celle-ci bien que poreuse gêne l'enracinement et limite la disponibilité en eau. Les sols ferrallitiques (23%) sont généralement profonds, bien drainés, chimiquement pauvres mais homogènes. Ils offrent une bonne pénétration des racines et des teneurs notables en aluminium échangeable en profondeur qui peuvent être toxiques pour certaines plantes à systèmes racinaires pivotants comme le cotonnier.

Sur le « bas glacis », c'est le sous-groupe des sols ferrugineux lessivés à taches et concrétions qui prédominent (34%), ils sont moyennement pourvus en matière organique mais pauvres en bases échangeables ; les lithosols occupent 27% de la superficie totale (buttes cuirassées) et les sols ferrugineux lessivés indurés (20%) sur les glacis versants carapacés. La carapace apparaît à des profondeurs variables.

La figure 7 nous donne la répartition des différents types de sol de la région d'après LEPRUN et MORAUX (1969).

7 Végétation

La végétation de Bondoukuy fait partie du secteur soudanien méridional, district Ouest-Mouhoun. DEVINEAU et *al* (1997) réalisent une analyse floristique qui permet de différencier trois principaux ensembles de groupements : les groupements de formations de cuirasses ; les groupements de sols gravillonnaires et les groupements des sols sableux à argileux.

Groupements de formations végétales de cuirasses

Ce sont les formations arbustives claires des rebords de cuirasses et buttes cuirassées, et les formations herbeuses de cuirasses.

Les espèces ligneuses fréquemment rencontrées sont : *Cochlospermum planchonii*, *Detarium microcapum*, *Combretum glutinosum*, *Combretum collinum*, *Acacia macrostachya*, *Guiera senegalensis*, *Gardenia erubescens*...

les espèces herbacées sont : *Andropogon ascinodis*, *Andropogon pseupricus*, *Loudetia togœns*, *Cassia mimosoïdes*, *Loudetia simplex*, *Ctenium elegans*...

Groupements végétaux des sols gravillonnaires

Les groupements végétaux des sols gravillonnaires sont :

- des formations naturelles ou jachères anciennes arborées ou boisées, parfois forêt claire à *Isoberlina doka* ;
- des formations arbustives ou arborées à *Burkea africana* ;
- des savanes arbustives à *Detarium microcarpum* et *Ozoroa insignis*.

Les espèces ligneuses sont : *Diospyros mespiliformis*, *Cochlospermum planchonii*, *Daniella oliveri*, *Vitellaria paradoxa*, *Prosopis africana*, *Isoberlina doka*, *Saba senegalensis*, *Burkea africana*, *Combretum glutinosum*, *Combretum collinum*, *Detarium microcarpum*, *Lannea velutina*, *Ozoroa insignis*...

Les espèces herbacées sont : *Pennisetum pedicellatum*, *Andropogon ascinodis*, *Andropogon pseudapricus*, *Borreria stachydea*, *Cassia mimosoïdes*, *Andropogon fastigiatus*, *Pandiaka heudelottii*, *Borreria radiata*, *Lepidagathis collina*...

Groupements végétaux de sols sableux à argileux

Les Groupements végétaux de sols sableux à argileux sont :

- les végétations de jachères ou friches herbeuses ou arborées à couvert ligneux faible sur sols hydromorphes ;
- les végétations de jachère ou friches arbustives à *Piliostigma thonningii* ;
- les végétations de jachère ou friches à *Dichrostachys cinera* et

Securinega virosa ;

- les végétations de jachère ou friches à *Pteleopsis suberosa* et *Annona senegalensis* ;

- les végétations de jachère herbeuses ou arbustives à *Piliostigma reticulatum*.

Les espèces ligneuses sont : *Combretum collinum*, *Nauclea latifolia*, *Parkia biglobosa*, *Annona senegalensis*, *Pteleopsis suberosa*, *Gardenia ternifolia*, *Guiera senegalensis*, *Vitellaria paradoxa*, *Acacia dudgeoni*, *Securinenga virosa*, *Gardenia erubescens*, *Prosopis africana*.

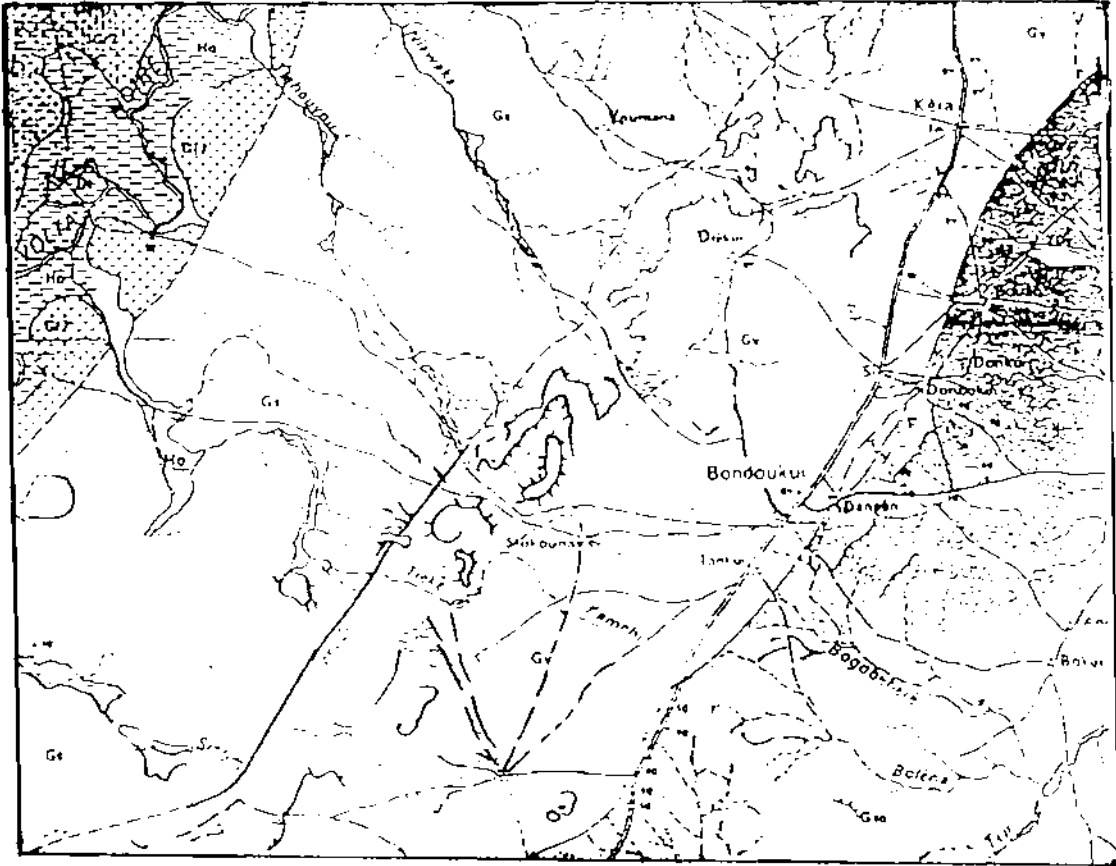
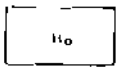
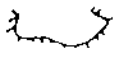


Figure 5 : Carte géologique de la région de Bondoukuy (d'après LADMIRANT et LEGRAND, 1977)

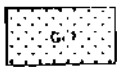
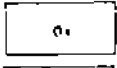
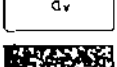

LEGENDE

 Alluvions de fonds de vallées et de basses terrasses.

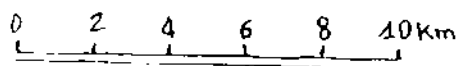
 Cuirasses latéritiques.

FORMATION DU SUBSTRATUM

PRECAMBRIEN SUPERIEUR

-  Grés roses et fins. gr. grés homogènes et fins, toujours compacts et durs parfois un peu quartziques, fréquemment micacés généralement roses, rarement grisâtres.
-  Grés schisto-dolomitiques. gs. grés schisteux et dolomitiques à base, dolomie gréseuse violacée.
-  Grés à yeux de quartz. gy. grés grossiers contenant des galets de quartz de dimensions variables et pouvant atteindre le centimètre.
-  Grés de Sotuba. sg. schistes gréseux, grés glauconieux et grés schisteux en plaquettes.

échelle : 1/200 000^e



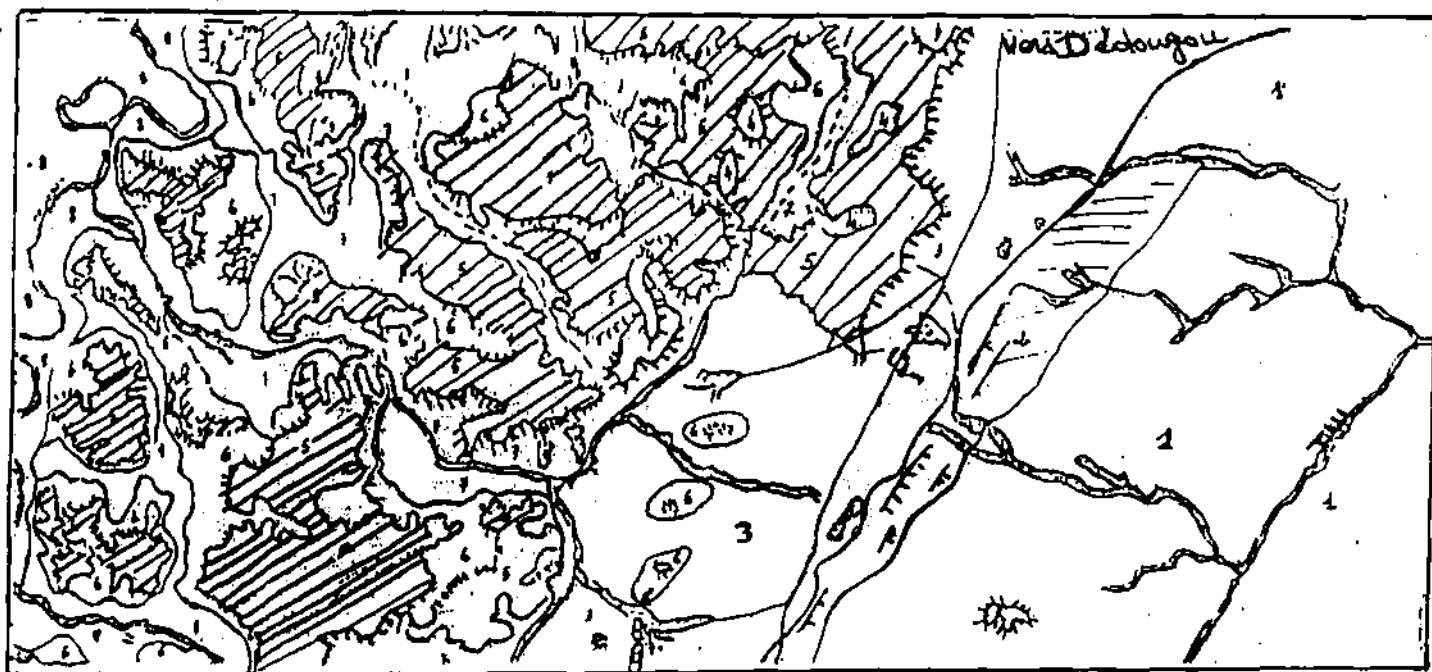


Figure 6 Esquisse géomorphologique de la région de Bondouky (d'après KISSOU, 1994)

Symbole	Unités géomorphologiques	Paysage	Symbole	Unités géomorphologiques	Paysage
1	Dépression subséquente de la plaine de Tui (Grès de Sotuba)	Modèle mou à croupes et crêtes (moyen glacis carapacé parfois cuirassé), glacis colluviaux et plaines d'épandage à réseau hydrographique diffus (280 à 320 m)	5	Témoins du moyen glacis	Modèle à buttes et plateau cuirassés de moyenne altitude comprise entre 360 et 280 m, entaillées profondément par le bas glacis (plaines interstielles)
2	côte de Sara	Pente forte (5%) à affleurements de bancs de grès en feston entaillés de petites combes, surmontée de témoins isolés du Haut glacis cuirassé.	6	Glacis versant carapacé	Surface intermédiaire entre haut ou moyen glacis et le bas glacis. pente faible.
3	Glacis structural de dénudation	Plateau à 360 m. Modèle mou, affleurement de grès à yeux de quartz et glacis-versants carapacés. Entaillé par les branches amont du réseau hydrographique.	7	Bas glacis	Surface basse bordant le réseau hydrographique pente < 2%. Altitude comprise entre 280 et 270 m
4	Témoin du haut glacis	Modèle à buttes cuirassées isolées ou plateaux entaillés par le réseau hydrographique. Altitude 400 à 370 m.	8	Plaine alluviale et bas-fonds	Surface plane longeant ou occupant les fonds plats du réseau hydrographique à 270m



Légende

**SOLS MINÉRAUX BRUTS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE**

D'ÉROSION
LITHOSOLS
Sur cuirasse ferrugineuse



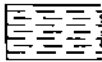
**SOLS PEU ÉVOLUÉS
D'ORIGINE NON CLIMATIQUE**

D'ÉROSION
REGIQUES
Sur matériau gravillonnaire
Association à lithosols sur cuirasse ferrugineuse

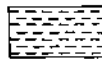


**SOLS HYDROMORPHES
MINÉRAUX**

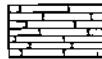
PEU HUMIFÈRES À PSEUDOGLEY
À TACHES ET CONCRÉTIONS



FACIÉS STRUCTURÉ
Sur matériau alluvionnaire de texture variable souvent argileuse



FACIÉS MODAL
Sur matériau limono-argileux à argileux



Association à sols peu évolués d'érosion sur matériau gravillonnaire

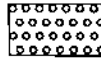
**SOLS À SESQUIOXYDES ET À MATIÈRE ORGANIQUE
RAPIDEMENT MINÉRALISÉE**

SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

LESSIVÉS OU APPAUVRIS

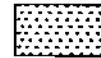
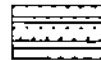
À TACHES ET CONCRÉTIONS

Sur matériau argilo-sableux
Association à sols feralliques faiblement et moyennement désaturés



HYDROMORPHES

Sur matériau argilo-sableux à argileux



Association à sols hydromorphes à pseudogley à taches et concrétions sur matériau limono-argileux à argileux.

REMANIÉS

APPAUVRIS

Sur matériau gravillonnaire et cuirasse ou altération de schistes



Association à sols ferrugineux remaniés indurés sur matériau gravillonnaire

Échelle

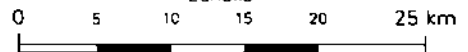


Figure 7. Extrait de la carte pédologique de la Haute-Volta à 1/500 000 (LEPRUN et MOREAU, 1969).

8 Milieu humain et activités socio-économiques

8-1 Population et groupes ethniques

En 1997 on a dénombré 36. 824 habitants (données préfectorales).

Cette population est essentiellement formée des autochtones que sont les Bwaba (30%), détenteurs des terres et les allochtones (70%). Ces allochtones sont en grande majorité des Mossi. Le reste est composé des Marka musulmans, des Peuls, des Samo et des Dafing. Les Mossi construisent leurs propres villages (Mokouna, Bouladi, Silmimossi). Les Peuls s'installent autour des villages et les Dafing vivent avec les Bwaba.

Les migrants viennent en majeure partie du Yatenga, du Plateau Mossi, du Passoré, du Bam et dans une moindre mesure de la Kossi (deuxième migration)

8-2 Les activités socio-économiques

Les espèces cultivées

L'agriculture est basée sur le système défriche-brûlis. Les ligneux utiles échappent à l'abattage : *Parkia biglobosa* (Néré), *Butyrospermum paradoxum* (Karité), *Tamarindus indicus* (Tamarinier), le *Lannea microcarpa* (Raisinier), le *Sclerocarya birrea* (Prunier) et certains autres.

Les principales espèces cultivées sont :

- Les céréales : *Pennisetum thyphoides* (mil), *Sorghum spp* (sorgho), et *Zea mays* (maïs) ;
- les légumineuses : arachide, pois de terre et niébé ;
- les tubercules : taro et patate douce ;
- les oléagineux : sésame

Le coton est la principale culture commerciale. Certaines espèces (dites espèces à sauce) sont également cultivées (oseilles, gombo,...).

Les systèmes de culture et systèmes de production

Un système de culture est un ensemble de parcelles cultivées de façon homogène et en particulier soumises à la même succession culturale (JOUVE cité par BEDU et *al*, 1987).

Le système de production est compris au sens large de système agraire. C'est-à-dire comme un mode commun à un ensemble d'exploitations, de combinaison entre terre, force de travail et moyen de travail à des fins de production végétale et ou animales

Ils sont essentiellement basée sur l'élevage et la production végétale. On cultive sur le plateau et le bas-glacis ainsi que dans les vallées qui les relient. Les terres marginales et érodibles sont de plus en plus sollicitées en raison de la pression agricole - toujours plus grande - due à l'installation des migrants. SERPANTIE et *al* (1993) distinguent trois systèmes de production :

1. - un système essentiellement tourné vers la satisfaction des besoins alimentaires. Ce système privilégie les cultures vivrières : sorgho, mil en association avec le niébé, les légumineuses en petites surfaces (arachide, pois de terre, niébé), et d'autres cultures telles que le gombo, l'oseille, le sésame et plus ou moins la pastèque. L'élevage est restreint et limité en général au petit bétail.

2. - un système orienté à la fois vers le marché et l'autosuffisance alimentaire, basé sur la rotation coton-céréales (maïs, sorgho, mil). Dans ce système le coton bénéficie de toutes les attentions : fumure minérale et traitement phytosanitaire. Les céréales qui le suivent immédiatement bénéficient des effets prolongés de ces fumures. Le coton est la source principale du revenu monétaire. Les troupeaux de thésaurisation sont constitués, mais souvent confiés aux bergers peuls qui les nourrissent sur les pâturages naturels et les résidus de récolte. En général, le cheptel est constitué de bovins, mais les petits ruminants (caprins, ovins) sont en accroissement. Les animaux de trait, environ un tiers sont nourris de façon intensive (KIEMA, 1992, cité par KISSOU, 1994).

3. - un système représenté par l'élevage peul de type extensif. En hivernage les animaux sont conduits dans les anciennes jachères et les

piémonts collinaires. Après la récolte ils sont menés dans les champs où ils consomment les résidus de récolte des agriculteurs. En saison sèche chaude, le gros du troupeau est conduit en transhumance plus au sud et le reste se contente des résidus de récolte, des émondes et des fruits de certains arbres ou des compléments achetés. .

Les autres activités

Outre l'agriculture et l'élevage, la population pratique la cueillette, la coupe de bois, la fabrication du *dolo* (bière locale) et l'apiculture artisanale. L'artisanat est peu développé, il se réduit à la fabrication d'outils ménagers, à la confection des toitures de cases, au tissage, etc.

Conclusion

Bondoukuy se situe dans la zone climatique soudano-méridionale. Les périodes de sécheresse se succèdent depuis une vingtaine d'années. On observe des variations pluviométriques d'une année à une autre, et au cours d'une même année d'un mois à un autre.

Le substratum géologique est constitué des grès, d'où la présence des sols limono-sableux à sableux. Le relief est marqué par une mosaïque de glacis cuirassés ou non avec des pentes faibles et des talus d'éboulis raides, ainsi qu'une côte gréseuse. Les sols ferrugineux sont dominants. Sur le plateau, les sols sont limono-sableux et présentent une pente. Ils sont limono-argileux sur le bas-glacis (KISSOU, 1994). Seuls 54% de la superficie totale est cultivable. Ce qui amène la densité par surface cultivable à environ 60 habitants au km² (KISSOU, 1994)

La végétation est marquée par l'homme. Elle est formée des savanes arbustives et des parcs arborés. Les ligneux rencontrés sont caractéristiques de la zone phytogéographique soudanienne.

Deuxième partie

CHAPITRE 4 : MATERIELS ET METHODES

1 Les expériences I. R. D. -ETSHER

En dehors des travaux de recherche et d'inventaire (écologie des jachères, diversité des systèmes de production), le programme jachère conduit des expérimentations pour mieux appréhender les processus à l'œuvre dans les milieux pâturés et cultivés : expérimentation de mise en défens, étude de la fertilité du sol, de l'érosion, du ruissellement et de l'infiltration ; évaluation de réinfiltration des jachères longues, des parcelles cultivées, des bandes herbeuses ou sol nu.

L'Ecole Inter-Etat des Techniciens Supérieur de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural (ETSHER) qui s'intéresse aux instruments de mesure du ruissellement, travaille en collaboration avec l'IRD/programme jachère sur un "programme de recherche appliquée sur les stratégies de gestion des eaux et des sols en zone soudanienne" au Burkina Faso.

Sur les sites expérimentaux de Bondoukuy (plateau), les expériences menées en collaboration par l'IRD et l'ETSHER portent sur :

- la mesure de la quantité et de l'intensité des pluies sur chaque site à l'aide d'un pluviomètre et un pluviographe ;
- l'évaluation du ruissellement courant et exceptionnel produit après chaque pluie par les cultures, les jachères longues, les bandes herbeuses ou le sol nu,
- la mesure et le suivi de l'érosion et de la teneur en eau du sol au cours de la saison, en amont et en aval de la parcelle ;
- la surveillance de la nappe par des tubes piezométriques ;
- l'évaluation de la capacité de réinfiltration des cultures, des jachères longues, des bandes herbeuses ou des sols nus ;
- le suivi de l'itinéraire technique ;
- mesure et suivi agronomique (suivi de la levée et de la croissance des semis pour les parcelles cultivées, la récolte et les profils culturaux.) ;
- le suivi des états de surface.

2 Les sites d'expérimentation

Nous avons effectué notre travail sur la zone agro-écologique du plateau non loin du village de Moukouna (figure 8). C'est dans cette zone que l'ETSHER et L'I. R. D. ont placé les blocs expérimentaux sur deux sites bien définis

- le site de bas Bukuy dans le sous terroir de Bukuy avec un bloc appelé *bloc 31*
- le site Lamine, dans le sous terroir de Mokouna-Bomborokui avec deux blocs qui sont le *bloc haut* et le *bloc bas*.

2-1 Site bas Bukuy :












C'est l'un des trois sous-terroirs faisant partie de l'ensemble Bondoukuy-Bukuy (SERPANTIE, 1994), domaine foncier anciennement contrôlé par MAHOMA, puis attribué au lignage NIATANWAZYN, tous habitants de Bondoukuy. Les Bwaba occupent la partie centrale du domaine. Les abords sont occupés par les Dafing et les Mossi de Mokouna. Ce sous-terroir fut cultivé dans les années 50 par des champs lignagers, puis mis en jachère et ensuite repris dans les années 70. Ce secteur porte des jachères de plus de 20 ans. Il est remis progressivement en culture au début des années 90.

2-2 Site Lamine :

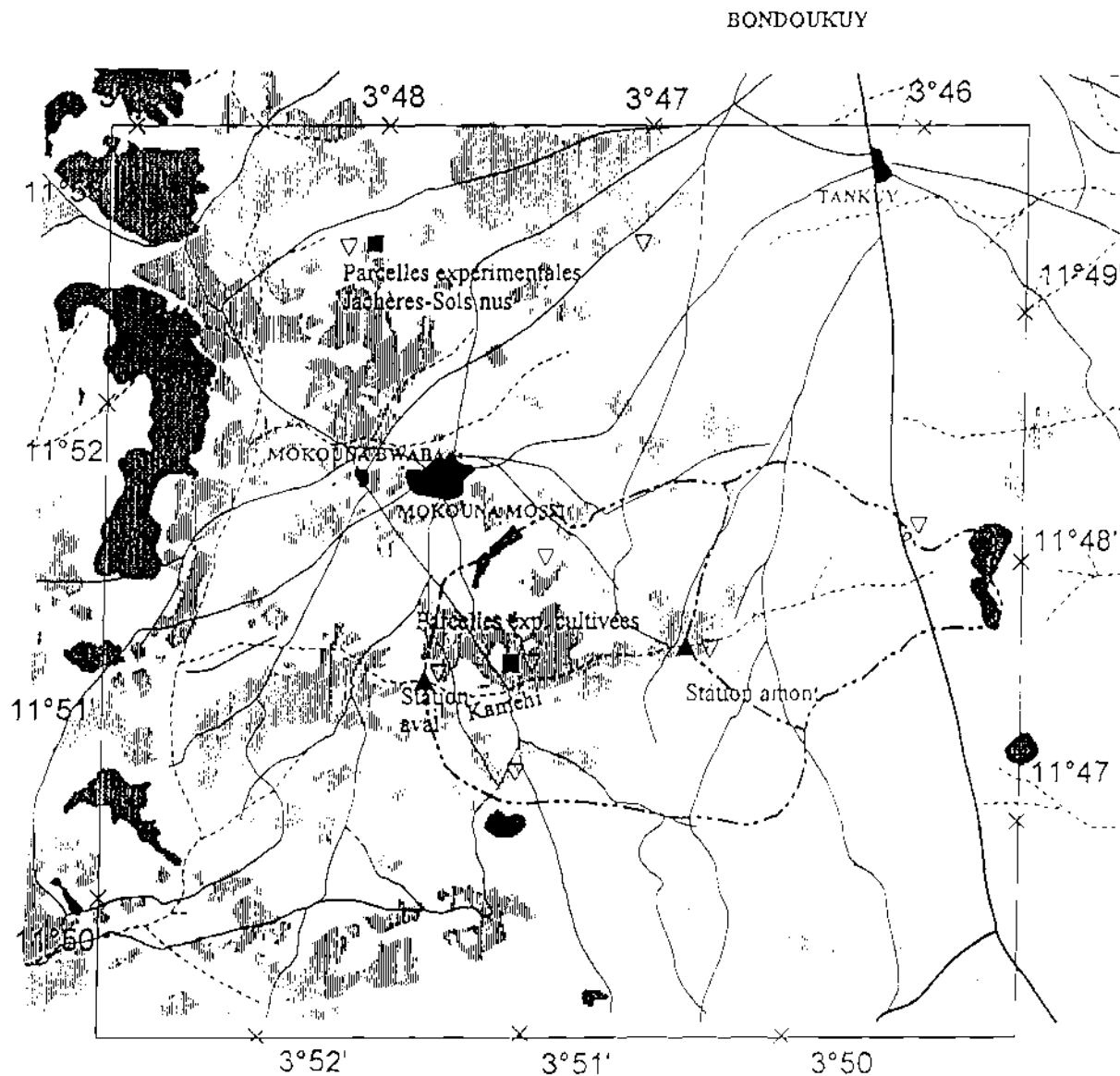
Il appartient au sous terroir Mokouna-Bomborokui, renommé Kossoghin par les migrants Mossi dans les années 1980. Ce sous-terroir fut cultivé par un groupe de Bwaba de Mokouna dans les années 30, puis laissé en jachère. Dans les années 1950, il est partiellement cultivé par un groupe de Bwaba de Tankui. C'est autour des années 1970 que les migrants Mossi reçoivent ce sous-terroir et y cultivent jusqu'à nos jours selon un système : 10 ans de culture / 10 ans de jachère.

Figure : Localisation des parcelles et bassins-versants expérimentaux de Bondoukuy-Mokouna

LEGENDE

-  Cultures
-  Jachères herbeuses, arbustives, arborées
-  Savane herbeuse sur cuirasses et collines
-  Habitations
-  Pluviomètre et pluviographe
-  Route principale
-  Pistes secondaires
-  Thalwegs
-  Parcelles expérimentales
-  Station hydrologique
-  Limites de bassins

0 2 Km.



2-3 Les sols

D'après la carte morphopédologique du plateau de Bondoukuy réalisée par KISSOU (1994), à l'échelle de 1/20. 000, les blocs d'expérimentation sont situés sur des sols appartenant à la classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse. Ce sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés présentant une hydromorphie à faible profondeur (40 cm). Ils sont faiblement concrétionnés (0-15%). Ces sols sont de texture sablo-limoneuse en surface, limono-argileuse en profondeur. Ils présentent une structure massive en surface souvent accompagnée d'un litage de sable dans les parcelles cultivées. Au cours de l'effondrement des billons, il se forme des micro-horizons de sable pur (PIERI, 1989). La teneur en matière organique est variable. La plus forte est rencontrée sur sol en jachère de plus de 15 ans, la plus faible sur sol cultivé en continu depuis plus de 20 ans et entre les deux extrêmes s'intercalent des sols en jachère de 7 à 11 ans (KISSOU, 1994).

Une carapace ferrugineuse poreuse à trame rouge est observée en profondeur au niveau du site bas Bukuy.

La pente est relativement faible : pour les deux sites, elle est de 1%.

3 Diagnostic des processus d'érosion, de ruisselement et gestion conservatoire des eaux et des sols sur le versant cultivé de Kossoghin

Matériels et méthodes

Pour appréhender la stratégie paysanne en matière de gestion conservatoire des eaux et du sol et d'aménagement de l'espace agricole, nous avons procédé de la façon suivante :

- nous avons sillonné le versant pour noter les activités qui sont menées, en nous servant d'un fond de carte réalisée par KISSOU (1994) ;
- nous avons fait le choix de quelques paysans en tenant compte des superficies cultivées, du cheptel, des dégâts susceptibles d'être causés,

de la distance avec nos essais, et de leur disponibilité ;

- nous avons ensuite élaboré un questionnaire qui laisse au paysan toute latitude pour s'exprimer sur toutes les questions. Ces enquêtes ont été effectuées en septembre et saison sèche de l'année 1998. En annexe nous présentons ce questionnaire.

Six paysans disponibles ont pu être enquêtés. Leurs exploitations ayant des superficies allant de 6 à 30 ha. Les enquêtes ont été menées dans les champs, avec des déplacements dans des lieux-cibles (traces d'érosion, techniques de lutte...). En outre, nous avons effectué la topographie des champs et des billons.

Outre le matériel classique servant pour réaliser l'enquête (questionnaire écrits, bloc-note), nous disposons d'un double décimètre pour mesurer les petites distances (dimension des champs), d'un vélomoteur avec compteur pour les grandes distances et d'un appareil pour photographier les endroits affectés par le ruissellement et l'érosion et les dispositifs paysans de lutte.

A l'aide des cartes de végétation et d'occupation des sols de 1952 à 1996 réalisées par SERPANTIE et al (1999) et non encore publiées et les cartes d'occupation des sol en 1998 que nous avons réalisé, nous avons tenté de retracer l'histoire culturelle du versant et ses conséquences sur le sol.

Pour la topographie nous avons procédé comme suit : à l'aide d'un niveau d'ingénieur, instrument aimablement prêté par l'ETSHER, la topographie de 15 parcelles du versant de Kossoghin est étudiée en différents points. Sur chaque site choisi pour sa représentativité, d'une étendue d'un hectare, on mesure les coordonnées x, y et z de trois points en triangle (OAB) distants d'environ 30 m. Deux de ces points sont alignés sur un creux de billon, les coordonnées x, y et z de OAB sont déduites des coordonnées polaires fournies par l'instrument.

On calcule alors la pente du billon, la pente générale, l'angle formé par la direction du billon et la droite de niveau au moyen des formules de topographie suivantes :

$Z = a \cdot X + b \cdot Y$ étant l'équation du plan. (OAB), O étant l'origine du repère orthonormé

$$b = (Z_B \cdot X_A - Z_A \cdot X_B) / (Y_B \cdot X_A - X_B \cdot Y_A),$$

$$a = (Z_A - b \cdot Y_A) / X_A$$

La ligne de pente maximum (M,O,M'), $d(O,M) = 1$

$$X_M = a / (a^2 + b^2)^{1/2}, Y_M = b / (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$X_{M'} = -X_M, Y_{M'} = -Y_M$$

Ligne de pente nulle (N,O,N')

$$X_N = b / (a^2 + b^2)^{1/2}, Y_N = a / (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$X_{N'} = -X_N, Y_{N'} = -Y_N$$

4 LES PARCELLES EXPERIMENTALES

4-1 Description des essais

Deux situations-types caractérisent nos expérimentations. La situation des parcelles non cultivées dans le site Bas-Bukuy (bloc 31) et la situation des parcelles cultivées dans le site Lamine (bloc haut et bloc bas). La figure 8 nous montre la localisation de ces sites dans la zone d'étude.

4-1-1 le bloc 31

Il est formé de trois parcelles non cultivées pour étudier la jachère et le sol nu. L'ensemble est protégé du pâturage et de l'action des hommes (en dehors des expérimentateurs) par un grillage, mais soumis au feu tous les ans. Chaque parcelle matérialise un petit bassin versant de surface connue ; elle est séparée de l'extérieur et des autres parcelles par des tôles fixées en terre (162.5 m² pour la jachère ou le sol nu et 325 m² pour la parcelle composite sol nu/jachère arbustive). Chaque parcelle est équipée en aval d'une fosse de décantation, d'un partiteur étalonné, d'un ou de deux fûts communiquant par un conduit afin que le surplus d'eau soit évacué dans l'autre fut. Ces fûts recueillent l'eau d'écoulement superficiel chargées de matières solides après chaque pluie.

* **la parcelle p13** : parcelle de 25 m de long sur 6.50 m de large, qui est une jachère arbustive typique de 22 ans constituée :

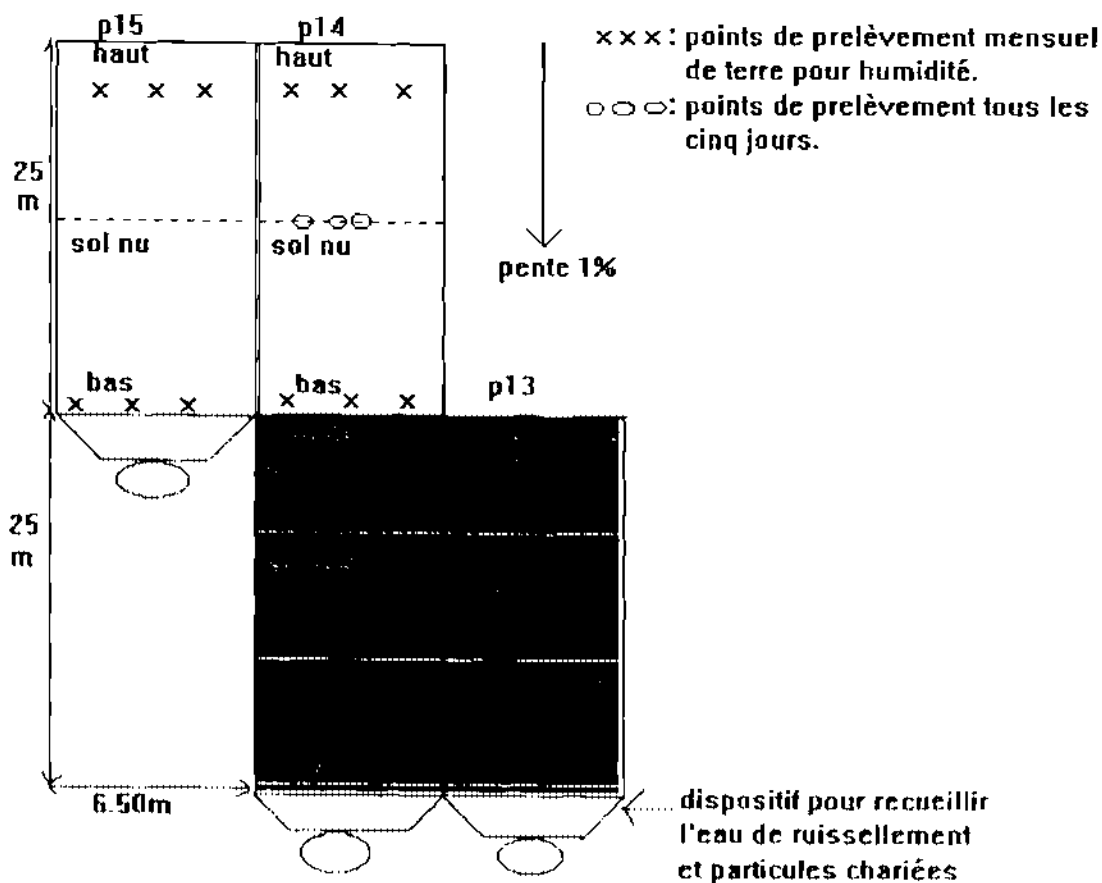
- par moins de quatre arbres essentiellement de *Terminalia spp* ;
- par une strate arbustive dont les espèces dominantes sont :
Dicrostachys cinera, *Pteleopsis suberosa*, *Gardenia sp*, *Combretum sp*,
Acacia macrostachia, *Securinenga virosa*, *Anona senegalensis* ;
- une strate herbeuse formée de : *Sida ovata*, *Triumpheta romboïdea*,
Ipomea eriocarpa, *Hyptis spicigera*, *Comelina bengouensis*, *Desmodium prostratum*, *Sida alba*, *Rotbolia exaltata*, *Teprosia linearis* ;

- par deux types de Graminées pérennes, l'*Andropogon gayanus*, *Andropogon pseudapricus* et *Pennisetum pedicellatum*. La parcelle est un parc à *Pennisetum pedicellatum*.

* **parcelle p14** : parcelle de 50 m de long sur 6.50 m de large constituée de 25 m dénudé par désherbage chimique (au gramoxone) et ratissage constituant un impluvium encroûté (sol nu) en amont et de 25 m de jachère arbustive typique de 22 ans en aval ayant la même composition floristique que la première.

* **la parcelle p15** : parcelle de 25 m de long sur 6.50 m de large, dénudé par désherbage chimique (au gramoxone) et ratissage (sol nu).

Figure 9 : essai bas Bukuy, bloc 31



4-1-2 Les blocs haut et bas

Ils sont formés respectivement de huit (8) parcelles pour le bloc haut et de neuf (9) parcelles pour le bloc bas, toutes billonnées dans le sens de la pente (figure 10). Le bloc haut porte la culture du maïs et le bloc bas la culture du coton. Les mêmes traitements se retrouvent dans les deux essais sauf le traitement culture associées qui ne se retrouve que dans l'essai bas (parcelle p8). Les autres traitements sont :

- * **témoin paysan** : parcelles billonnées simplement (p1 et p7) ;
- * **ie-cp** : interception et épandage des eaux par cordons pierreux tous les 10 m (p2 et p16) ;
- * **stylo** : parcelles de *Stylosanthes hamata* contenant bande de mulch à base de chaumes de feuilles de karité et tige de coton vers l'amont (p3 et p11) ;
- * **ie-bh** : interception et épandage par bande herbeuse (p4 et p12) ;
- * **sd-ab** : semis direct sur ancien billon (p5a et p10b) ;
- * **lab-bill** : parcelle labourées puis billonnées (p5b et p10a) ;
- * **lab-bc** : labour puis billonnage cloisonné (p6a et p9b) ;
- * **sd-abc** : semis direct sur anciens billons cloisonnés (p6b et p9a) ;
- * **tp-ca** : parcelle billonnée simplement et portant le coton et le riébé en association (bloc bas) ;

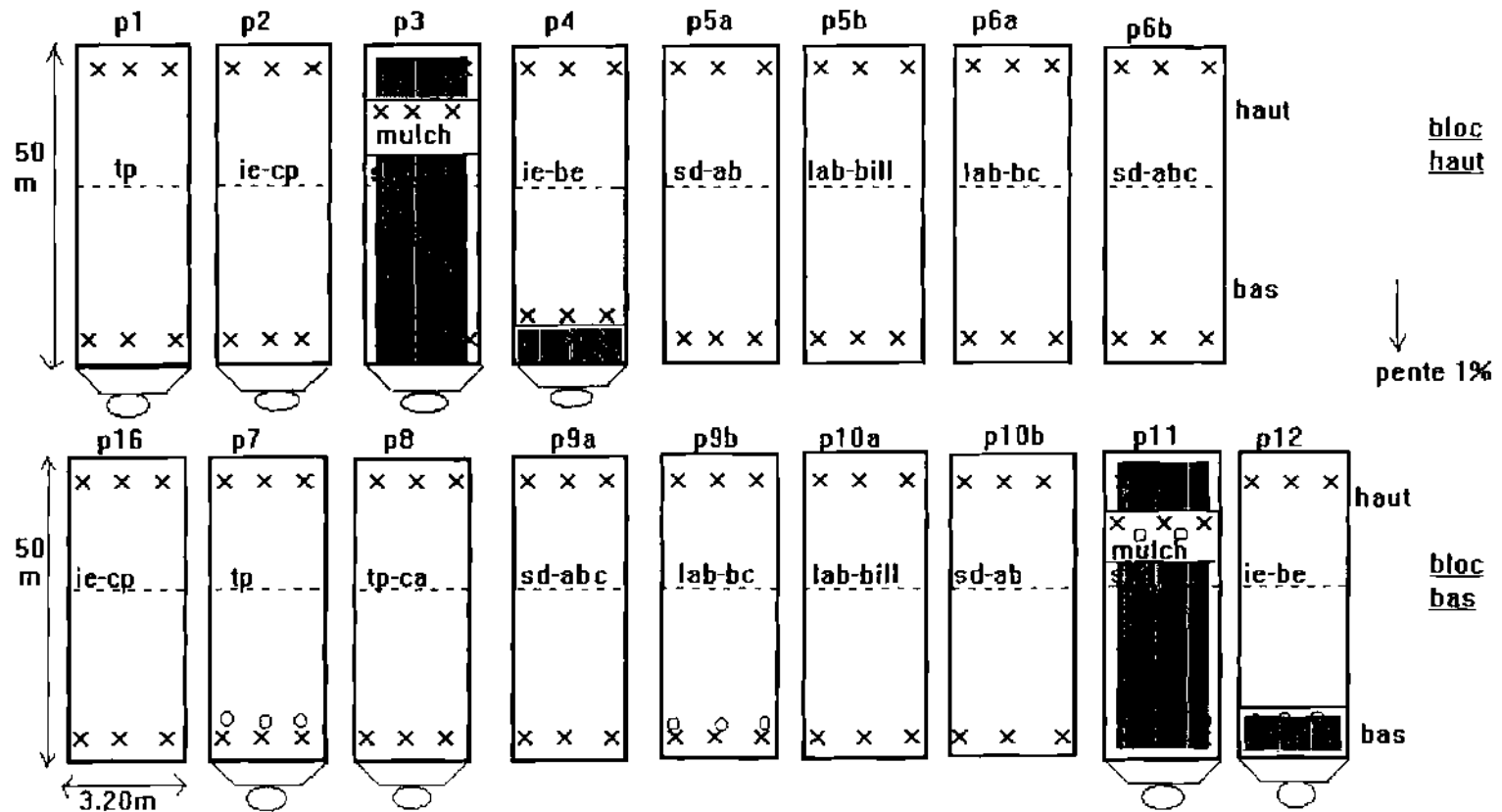
Les parcelles p1, p2, p3, p4, p5a, p5b, p6a et p6b appartiennent au bloc haut (maïs) et les parcelles p7, p8, p9a, p9b, p10a, p10b, p11, p12 et p16 appartiennent au bloc bas (coton).

Au niveau de ces blocs seules les parcelles p1, p2, p3, p4, p7, p8, p11 et p12 sont dotées d'un dispositif servant à recueillir les eaux de ruissellement et tout ce qu'elle charrie.

Les deux blocs sont protégés des animaux et des personnes étrangères par un grillage.

Dans chaque essai, nous avons placé un dispositif pluviométrique qui comprend :

un pluviomètre ; un pluviographe ; un tube piezométrique.



tp = témoin paysan

ie-cp = cordon pierreux

ie-be = interception épandage par bande herbeuse (parcelle composite, culture *Andropogon*)

sd-ab = semi direct sur ancien billon

lab-bill = labour billonnage

lab-bc = labour billons cloisonnés

sd-abc = semi direct anciens billons cloisonnés

4-2 Les itinéraires techniques sur les parcelles expérimentales

Il s'agit de suivre les différentes opérations réalisées sur les parcelles, et leurs dates de réalisation.

4-2-1 Sur les parcelles non cultivées (bloc 31)

Sur les parcelles à sol nu (impluvium)

Les différentes opérations de nettoyage ont été effectuées lors de la mise en place de l'essai en 1997. Cette année (1998), la végétation qui tente de s'installer sur ces parcelles a été éliminée par traitement chimique au gramoxone. Le sarclage manuel étant prohibé pour éviter de modifier les états de surface qui aurait des conséquences sur l'infiltration, le ruissellement et l'érosion.

Sur les jachères arbustives de 22 ans

Aucune opération n'a été réalisée dans ces jachères, en dehors des mesures liées à l'expérimentation.

4-2-2 Sur les parcelles cultivées (essai Lamine)

Dans le souci de rester proche de la pratique paysanne, toutes les opérations réalisées sur les parcelles suivent globalement la démarche paysanne.

Dates	opérations effectuées
Du 12 au 13 mai 1998	Nettoyage des parcelles : ramassage des résidus de récolte et arrachage des herbes. Ces herbes n'ont pas été brûlé dans le champ pour éviter d'introduire des hétérogénéités dues à la distribution irrégulière des cendres
Le 16 Mai 1998	Nous avons effectuée la délimitation des parcelles (piquetage).
Le 20 mai 1998	Nous avons procédé au traitement de certaines parcelles par du gramoxone, ce sont : - les bandes herbeuses, - les parcelles p5A et p6B du bloc haut (semis direct sur anciens billons) - les parcelles p9A et p10B du bloc bas (semis direct sur anciens billons).
Du 25 au 26 Mai	Mise en place du mulch (à base de feuilles et tiges de cotonnier) et labour des parcelles non traitées au gramoxone (dans les deux blocs).
Du 29 au 30 mai 1998	- billonnage profond (à la charrue) des parcelles p5B et p10A et billonnage cloisonné manuel (à la daba) des parcelles p6A et p9B. - semis de maïs et du coton par poquets à l'aide du rayonneur. Trois à 6 grains par poquet. - traitement de prélevé avec le primagramme à la dose de 434 cc (9. 8mm) de produit et 3580 cc (89. 5 mm) d'eau pour ¼ ha pour le maïs et avec le cotodon à la dose de 9. 8 mm de produit (éprouvette) et 85 mm d'eau.
Le 3 juin 1998	Mise en place des stations de suivi agronomique qui consiste à suivre la croissance (taille, nombre de feuilles,...)
Le 6 juin 1998	Début des mesures agronomiques.
Le 9 juin 1998	Deuxième traitement au gramoxone de l'impluvium
Le 12 juin 1998	Ressemis des poquets non levés dans les parcelles cultivés.
Le 21 juin 1998	semis du niébé dans la parcelle p8 (3 à 5 graines par poquets
Du 24 au 25 juin 1998	Ressemis des poquets non levés et apport d'engrais auprès des pieds (dans de petits trous) à la dose de 400g/50m ²
Le 26 juin 1988	Arrachage manuel des adventices de culture
Le 6 juillet 1998	Traitement du coton par le E. C avec l'appareil TBU à pile, à la dose de 0. 25 litre EC dans 2. 25 litres d'eau pour ¼ha.
Le 10 juillet 1998	Sarclage à la daba
Le 17 juillet 1998	Traitement du coton contre les pucerons (à la même dose)
Du 18 au 19 juillet 1998	Désherbage manuel (à la daba)
Du 20 au 28 juillet 1998	Buttage à l'aide de la charrue butteuse (à deux pelles) tractée par deux paires de bœufs, opération suivi par un épandage de l'urée, ligne par ligne. Les parcelles cloisonnées sont buttées à la main, de même que la parcelle p8 car le niébé rampe partout.
Le 2 août 1998	Traitement du coton à l'EC avec l'appareil TBU à piles
Le 7 août 1998	Traitement des impluvium (surface nue) au gramoxone
Le 10 août 1998	Traitement du coton contre les chenilles avec l'EC (même pulvérisateur)

Tableau 1 : les itinéraires techniques

Les récoltes ont été faites de façon progressive en commençant par les stations mûres et versées par le vent. Pour le maïs elle a commencé le 12/09/98, soit un peu plus de trois mois après le semis. En ce qui concerne le coton, la récolte a débuté le 15/10/98, soit un peu moins de six mois après le semis.

4.3 Les mesures

4.3-1 Mesure de la quantité et de l'intensité des pluies

Matériel et méthode

Les pluviomètres et les pluviographes placés au niveau de chaque site nous donnent respectivement la quantité d'eau tombée en millimètre (hauteur) après chaque pluie et l'intensité des pluies et leur durée exacte, par conséquent on note leur fréquence pendant une période donnée. Nous disposons pour cela des papiers millimétrés et des fiches de relevé. Les mesures pluviométriques sont faites dans les heures qui suivent l'arrêt de l'averse sur l'ensemble des pluviomètres installés près des parcelles expérimentales.

4.3-2 Evaluation du ruissellement

4.3-2-1 Matériel et méthode

Le ruissellement, selon NICOU et al (1985), c'est la fraction des pluies qui ne peut s'infiltrer à l'intérieur du sol pour des raisons diverses et qui s'échappe au bas d'une parcelle expérimentale *entièrement isolée*. Nous l'exprimons par le rapport entre la lame d'eau ruisselée et la lame d'eau précipitée par deux grandeurs : KRAM (coefficient de ruissellement annuel moyen en pourcentage de précipitations) et KR MAX (coefficient de ruissellement maximum pour une averse donnée). Lorsque le splash joue un rôle en tant que facteur de destruction de la surface du sol, c'est le ruissellement avec son énergie

cinétique ($E_r = 1/2mv^2$) qui va ensuite intervenir comme agent de transport aux effets parfois spectaculaires.

Après une pluie suffisante, une certaine quantité d'eau ruisselle à la surface du sol. Cette quantité d'eau est évaluée au moyen des parcelles expérimentales limitées par des tôles fixées en terre, matérialisant un bassin versant de surface connue et permettant de mesurer tout ce qui en ressort : eau de ruissellement et particules drainées. Une petite fraction de ces eaux, séparées par des partiteurs est recueillie dans des cuves, de manière à permettre aux particules même les plus fines de se déposer (Roose, 1973, 1979).

Le volume de la cuve jaugée étant connu, le contenu des fûts est mesuré, on détermine ainsi la quantité d'eau ruisselée.

Comme matériel de travail, on dispose des fûts, des partiteurs, des tuyaux en plastique pour conduire l'eau des cuves aux fûts lorsque les cuves sont pleines pendant l'averse.

4-3-2-2 Avantages et inconvénients de la méthode

Cette méthode présente l'avantage de permettre le calcul du volume global ruisselé tout en n'en stockant qu'une partie. De plus pendant l'averse la présence du personnel n'est pas nécessaire, les opérations sont effectuées en plein jour dans des conditions sereines. Seules les épisodes orageux rapprochés laissent trop peu de temps pour effectuer les différents travaux, Les risques d'erreur peuvent provenir d'un possible engorgement par des matières végétales (en début des pluies), mais le partiteur est protégé de ce risque par des grilles fines placées au-dessus et en amont.

4-3-3 Mesure et suivi de l'érosion

Matériels et méthode

Lors du ruissellement, l'eau évacue les particules minérales et organiques arrachées par l'eau pluviale qui sont sur son passage. Ces différents éléments se déposent dans les cuves jaugées qui sont placées en aval des parcelles.

Après avoir remué les eaux du fond des cuves, un certain volume (un litre) est prélevé pour être filtré au laboratoire en vue d'une pesée et d'une analyse physico-chimique après séchage du filtrat.

Le matériel utilisé est constitué essentiellement de seaux, de petites pelles, des bouteilles, des éponges et balais pour nettoyer les cuves, les sachets en plastique pour recueillir ces fonds de cuves, le papier filtre, les fiches de relevé et les entonnoirs.

43-4 Mesure et suivi de la teneur en eau du sol

4.3-4-1 Matériels et méthode

L'humidité du sol est la proportion d'eau contenue dans le sol. Cette eau provient essentiellement des précipitations atmosphériques. Selon les cas on définit l'humidité massique ou pondérale (la plus usuelle), ou l'humidité volumique (Hv) qui est la plus logique du fait que le système racinaire d'une plante exploite un volume de sol. Les quantités sont évaluées en masse ou en volume. L'humidité du sol est l'un des facteurs qui déterminent la vie des plantes. De plus les conditions d'infiltration sont étroitement liées à l'état d'humectation préalable du sol. Lorsque le sol ne peut plus accepter le surplus d'eau (humidité à la saturation), naît alors le phénomène de ruissellement et par conséquent dans certaines conditions le phénomène d'érosion.

L'humidité du sol est évaluée par la méthode gravimétrique, c'est-à-dire prélèvement des échantillons de sol dans les boîtes à tare, au moyen de la tarière, tous les 20 cm jusqu'à 80 cm de profondeur sur des endroits situés en amont et en aval de la parcelle. Ces prélèvements se font tous les mois sur tous les sites et certains points particuliers (arbre, champ paysan,...) et tous les 5 jours, sur des point choisis du bloc bas et du bloc 31 au niveau des billons et des inter-billons. La méthode utilisée étant la méthode composite. Ces échantillons de sol sont pesés à l'état frais (PF) puis à l'état sec (PS) après passage à l'étuve à 105°C pendant 48 heures jusqu'à poids constant.

L'humidité pondérale du sol (H_p) est alors donnée par la formule suivante :

$$H_p = 100 \cdot (PF - PS) / (PS - tare)$$

La tare est le poids de la boîte vide. Nous avons exprimé cette humidité du sol en humidité volumique, les deux grandeurs étant liées par la relation suivante :

$$H_v = d \cdot H_p ; (d \text{ est la densité apparente du sol})$$

Des tubes piezométriques sont placés au niveau des sites afin d'observer une éventuelle remontée des nappes d'eau. Le matériel utilisé est le suivant : boîtes à tare numéroté avec couvercle et ruban de fermeture, tarière, couteau, seaux, un mètre-ruban, une balance de précision, un scotch, une étuve, des fiches de terrain et des tubes piezométriques en plastique de 2 m de profondeur.

4-3-4-2 Avantages et inconvénients de la méthode.

C'est une méthode assez précise, mais qui présente quelques inconvénients. En effet, elle cause la destruction du sol et demande une quantité importante de matériel à manipuler ; elle exige beaucoup d'effort physique, nécessite beaucoup de temps, donne un volume réduit de prélèvement et présente un risque certain d'assèchement des échantillons avant mesure.

4-3-5 Mesure et suivi agronomique

Suivi de la levée et de la croissance des semis

Il s'agit de suivre l'évolution des semis au cours du temps, notamment la levée, la non levée, la croissance en hauteur, la floraison, la fructification, les problèmes rencontrés et la récolte. Chaque parcelle est divisée en six (6) stations de suivi et de mesure ; soit 48 stations pour le bloc haut (maïs) plus le mulch, et 54 stations pour le bloc bas (coton) plus le mulch. La station fait environ 5 m de long dans le sens des billons et inclue 3 billons soit 2.40 m de large. Le suivi qui concerne les paramètres de croissance, de maladie, etc. est fait au niveau de ces stations bien définies dans la parcelle et dans le champ

du paysan voisin. Certains paramètres sont suivis sur 9 poquets et d'autres tout le long de la station. Il y a des fiches de suivi élaborées à cet effet.

43-6 Les récoltes

Au niveau des cultures, elle s'effectue selon la description faite dans les fiches de récolte (fiche de récolte coton, fiches de récolte céréale) en annexe

En ce qui concerne l'*Andropogon gayanus* Var *tridentatus* et le *Stylosanthes hamata*, la récolte se fait par surface de 1m² par station de mesure.

43-7 Les profils culturaux

Ils nous permettent d'appréhender les conséquences de l'application des différentes techniques culturales, d'étudier l'enracinement des plantes (abondance, forme, répartition, état sanitaire), la texture des couches travaillées, d'observer les semelles de labour, le lissage, les taches d'hydromorphie, l'évolution et la répartition de la matière organique, les fissures, la compaction, la prise en masse, la formation des croûtes d'érosion, etc.

On procède de la façon suivante : deux fosses de 1.5 m de long sur 0.6 m de large et d'une profondeur de 1 m sont creusées au travers de deux lignes ou deux billons de semis, en haut et ou en bas de chaque parcelle. Sur l'une des faces on effectue les opérations suivantes : délimitation d'unités morphologiques homogènes (UMH) homogènes, détermination de la couleur à l'aide du code Munsell, de la texture (au touché), des éléments grossiers, des taches et concrétions, de la structure et fissures, de la compacité, de la consistance, de densité racinaire, de la morphologie racinaire, de la penetrométrie (à l'aide du penetromètre), et il est fait un prélèvement du sol pour la densité apparente au niveau des différents horizons et une observation sur l'état de peuplement environnant.

D'autres prélèvements de terre sont réalisés à la tarière, en amont et en aval des parcelles, par la méthode d'échantillonnage composite composite, de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, et 30-40 cm ; pour des déterminations physico-

chimiques. Ces prélèvements se font au niveau des billons et des inter-billons. Pour cela nous disposons des pioches, des coupe-coupes, des pelles, des grilles pour le comptage des racines, des couteaux, des cylindres de 150 cm³, des sachets, des étiquettes, des fiches d'évaluation des profils, un marteau, une paire de ciseaux, le code Munsell, le pénétromètre, et d'un mètre ruban. Pour toutes les opérations de laboratoire sur le terrain, nous disposons d'un groupe électrogène

4.3-8 Le matériel végétal utilisé dans les expérimentations

Le matériel végétal utilisé est essentiellement constitué : du coton (*Gossipium*, var STAM 42), du Maïs (var SR 22), du Niébé, du *Stylosanthes hamata* et de l'*Andropogon gayanus* Var Tridentatus

4.3-9 Traitement des données

Il a été réalisé par les logiciels EXCEL, STATITCF et BIPODE.

Troisième partie

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET ANALYSE

I LE VERSANT

1 Les enquêtes auprès des agriculteurs.

Les six exploitations enquêtées ont fait ressortir les résultats suivants :

- *les exploitants*

Le tableau 2, page suivante, présente de façon synthétique les chefs d'exploitation enquêtés qui sont tous des migrants mossi habitant le village Moukouna depuis plus de 30 ans.

Noms et prénoms des chefs d'exploitation	village/province d'origine	superficie des terres et mode de gestion	mode d'acquisition des terres	Durée d'exploitation	état du terrain lors de l'acquisition.
SAWADOGO Hamadé	Tizambo/PASSORE	15 hectares dont : - 4 cultivés - 11 en jachère	Concession à long terme	15 ans	jachère de 7 ans plus forêt claire
El Hadj SAWADOGO Mahamadi	Tizambo/PASSORE	30 hectares cultivés	Concession à long terme	20 ans	jachère de 15 ans
OUEDRAOGO Malick	Gourcy/ZONDOMA	6 hectares dont : - 3 cultivés - 3 en jachère de 3 ans	Concession à long terme	16 ans	jachère de 10 ans
OUEDRAOGO Seydou	Ouayigouya/YA TENGGA	10 hectares dont : - 8 cultivés - 2 en jachère	Concession à long terme	plus de 16 ans	jachère de 4 ans plus une forêt claire
SAWADOGO Salam	Ouayigouya/YA TENGGA	6 hectares dont : - 4 cultivés - 2 en jachère	Concession à long terme	14 ans	jachère de 10 ans
OUEDRAOGO Lamine	Ouayigouya/YA TENGGA	20 hectares dont : - 1,5 cultivé sur le versant - le reste hors du versant.	Concession à long terme mais donne de temps en temps de la cola au propriétaire bwaba	plus de 20 ans	jeune jachère

Tableau 2 : description des paysans enquêtés

- les raisons de la mise en jachère des terres

raisons de la mise en jachère	gestion de la jachère
<ul style="list-style-type: none"> - baisse de rendement, - infestation par les mauvaises herbes surtout le <i>Striga hermontica</i>, - apparition des ravines causées par le ruissellement, - l'apparition des pierres dans le champ due à l'érosion par décapage de l'horizon superficiel. - le manque de mains d'œuvre. - manque de matériel adéquat de travail (charrette, charnue,...), - baisse de fertilité. 	<ul style="list-style-type: none"> - prélèvement de bois avec préservation des arbres utiles (arbres fruitiers, arbre médical ect), - cueillette (karité, néré,...), - libre pâturage, - feux annuels non voulus

Tableau 3 : raisons de mise en jachère et gestion de celle-ci

- l'impact des modes de gestion sur le sol

* La mise en culture

Lors de la mise en culture, tous les arbres qui empêchent les cultures de se développer sont supprimés (*Sclerocarya birrea* par exemple, selon les paysans, a un effet négatif sur la croissance des cultures). Au bout de trois à quatre ans d'exploitation de la terre (mise en culture), les symptômes cités dans le tableau ci-dessus apparaissent. La durée de la mise en culture dépend de la production agricole et aussi de l'état de dégradation physique du sol.

* La jachère

Tous les chefs d'exploitation enquêtés pensent que la jachère renouvelle (selon leur expression) la terre. Tous les défauts constatés avant la mise en jachère disparaissent ou sont atténués. Mais le fait que celle-ci soit vouée au libre pâturage, le piétinement par le bétail provoque la compaction des sols et les pistes que le bétail emprunte deviennent autant de rigoles qui renforcent le ruissellement et l'érosion (*gorgongo* en moré). Ces chemins de l'eau arrivent parfois dans les champs. Le broutage et le passage annuel du feu ne favorisent pas l'émergence d'une végétation abondante et variée. Même les espèces non appetées ont du mal à croître. Au bout du compte estiment ces

paysans, la jachère même n'assure plus ses fonctions naturelles d'autant moins que sa durée est de plus en plus courte et ses ressources végétales sont surexploitées.

- La succession des cultures depuis le début de l'exploitation

Tous les paysans sont unanimes sur le fait qu'au début ils cultivaient du mil et du sorgho auxquels ils associaient des plantes dites de sauce (gombo, oseille, .), les pois de terre, la pastèque et l'arachide. Ensuite ils ont intégré progressivement la culture du coton et du maïs grâce aux engrais chimiques. Les cultures qui réussissent mieux sont le pois de terre, le mil et un peu le sorgho car elles ne demandent pas tant de fertilisants.

- Les pratiques culturales et leurs avantages

Le labour à plat permet selon les paysans de conserver l'eau dans le sol. En général c'est la technique qui permet les meilleures récoltes. Il est souvent suivi du buttage lorsque les plantes atteignent une certaine taille pour qu'ils résistent à la verse. Les billons cloisonnés ne sont efficaces que lorsque la pluviométrie est faible.

Les paysans disent que le billonnage peut être perpendiculaire ou parallèle à la ligne de plus grande pente. En général il est perpendiculaire pour les cultures comme le coton et le maïs afin d'assurer la capture d'eau nécessaire pour ces plantes. Pour les autres cultures, le billonnage, quand il existe, est indifférent à la pente car ces cultures selon les paysans se satisfont d'un moindre besoin en eau. Certains d'entre eux estiment que les billons occupent trop de place dans le champ et sont comme des chemins d'eau quand ils sont mal placés.

Tous les paysans utilisent les engrais pour le coton et le maïs (mais pas de façon égale), et aussi de l'insecticide coton, les autres cultures en bénéficient rarement. Quelques-uns utilisent les herbicides et la fumure organique composée essentiellement des bouses de vaches (les moyens de transport de la fumure limitent cette entreprise). Tous reconnaissent qu'au début de la mise en culture, il n'était pas nécessaire d'utiliser les engrais pour produire. Aujourd'hui il faut plus de quatre sacs d'engrais (NPK) à l'hectare. Les résidus de récolte sont en partie transportés au village pour nourrir le bétail lors des

périodes de soudure et une autre est directement pâturée au champ.

La jachère n'est pas améliorée ; d'autres techniques agroforestières ne sont pas utilisées par ignorance en dehors du "parc". La disposition des jachères par rapport au champ n'est pas liée à une quelconque raison. Les paysans accomplissent une rotation entre les cultures et les jachères.

Les outils utilisés sont essentiellement traditionnels. L'utilisation de la charrue est connue. Mais, selon l'un des utilisateurs, elle est à l'origine de la création de ravines dans les champs.

- Eau du sol, ruissellement et érosion

Pour garder l'eau dans le sol les paysans pratiquent le labour à plat ou le billonnage. Les excès d'eau? Ils ne les constatent que pendant les grandes pluies, mais tout ruisselle à la fin de la pluie. Les paysans ne connaissent ce problème qu'à travers ses manifestations superficielles (flaques).

Au début des pluies, l'eau qui ruisselle est très sale, signe qu'elle transporte de la terre, par la suite elle devient limpide. Elle emprunte les chemins qu'elle se crée ou emprunte les entre-billons. Tout le champ peut être affecté mais, en général, il y a des zones où cette eau s'accumule et où le ruissellement augmente.

Le ruissellement et l'érosion touchent toutes les techniques culturales, mais ils sont plus marqués sur les billons qu'ils peuvent diviser en deux et même réduire de hauteur. La mise en culture précipite ce phénomène et dans certains champs apparaissent les graviers et le déchaussement des racines. Ce phénomène existe un peu partout sur le versant cultivé mais après le passage de la saison, on l'oublie, sauf dans les cas où la lutte est obligatoire (apparition des ravines).

- Lutte contre l'érosion

Les principaux modes de lutte pratiqués par les paysans sont :

- à l'échelle de l'exploitation :

* le dépôt des cailloux et ou des branchages sur les chemins d'eau qui freinent la vitesse des eaux et favorisent la colonisation des lieux par la végétation.

* la plantation d'*Andropogonées* qui ont les mêmes effets que le dépôt de cailloux (parfois les deux sont associés)

* l'arrêt de l'utilisation de certains outils tels que la charrue.

- à l'échelle du versant aucune lutte n'est menée ni envisagée, les paysans n'ont jamais reçu de formation en gestion conservatoire des eaux et des sols (G. C. E. S)

Les avis sur les coûts des mesures de lutte sont divergents. Certains pensent qu'ils ne perdent rien sauf, un peu de temps ; d'autres, par contre, pensent que le ramassage et le transport des cailloux sont des activités qui coûtent cher.

En cas d'échec de la lutte contre ce phénomène, les paysans quittent la parcelle.

Les anciennes routes qui collectent les ruissellements et se creusent sont abandonnées pour précipiter la colonisation par la végétation. Les creux se comblent peu à peu de sédiments

Les agriculteurs du versant n'ont jamais été encadrés pour gérer les phénomènes de ruissellement et d'érosion en dehors de l'un d'entre eux qui a reçu quelques leçons dans sa province d'origine.

Discussion

Il ressort des résultats de l'enquête :

- que tous les exploitants du versant sont des migrants mossi, la terre ne leur appartient pas. Cet état de chose peut-il contribuer à la protection et à la conservation de l'espace rural? Cela est possible puisque les migrants tirent leur subsistance du sol en accord avec les possesseurs fonciers ;

- que l'érosion est devenue un problème ressenti auquel il faut dès à présent consacrer de l'énergie, des moyens et du temps ;

- les paysans n'ont pas bénéficié d'une formation en GCES, ni en amélioration de fumiers ;

Tous ces discours paysans nécessitent un diagnostic de terrain sur les manifestations de l'érosion.

Analyse critique de l'enquête

Les enquêtes que nous avons menées n'ont concerné que le versant sur lequel se trouvent nos essais de parcelles cultivées. Etant donné que les travaux de recherche concernent toute la région, nous aurions pu élargir la zone d'enquête (au delà du versant), et nous aurions pu entrer en contact avec d'autres réalités, d'autres façons de conserver et de gérer le sol. Mais nous avons voulu valoriser un cas particulièrement éclairant sur une zone très sensible. De plus nous étions confronté au problème de manque de disponibilité par les paysans. Une autre difficulté rencontrée est la traduction exacte des concepts du *moré* en *français* et vice versa ; là encore nous avons essayé dans la mesure du possible d'être fidèle à l'idée du paysan.

2 Evolution de l'occupation du sol sur le versant de Kossoghin et ses conséquences

Le versant de Kossoghin où se trouve l'un de nos essais (essai Lamine) est représentatif de l'évolution de l'occupation du sol pour les activités agricoles de notre zone d'étude. De 1952 à 1996 (figure 11) et récemment en 1998 (année de notre étude) se sont succédés plusieurs paysages agricoles. Et parallèlement, plusieurs phénomènes ont fait leur apparition parmi lesquels l'érosion hydrique qui, de sa forme négligeable à ses origines est en train de passer à une forme inquiétante qui oblige désormais les paysans à y consacrer du temps et des moyens aussi minimes soient-ils pour la freiner. Des différentes cartes d'occupation du sol qui nous ont été aimablement communiquées par SERPANTIE et al (1999), on peut faire des observations suivantes :

- En 1952

A cette période d'observation, les cultures, les jachères récentes herbeuses et arbustives claires et la savane arbustive et arborée et jachères arborées se partagent la surface du sol sur le versant. Les cultures n'occupent que le 1/10° du versant tandis que les jachères récentes herbeuses et arbustives claires occupent près de 4/10° du versant. Quant à la savane arbustive et arborée et aux jachères arborées, elles occupent près de 5/10° du versant. A cette époque le rapport surface cultivée/surface non cultivée, exceptées les cuirasses, est très faible. La surface cultivée avoisine 10%, ce qui correspond à un système de culture itinérante ; 4 ans de culture suivi de plus de 35 ans de jachère.

- En 1976

Deux formations végétales occupent le versant. Ce sont les cultures et la savane arbustive et arborée avec jachères arborées. On arrive à un taux d'occupation du sol d'environ 35%. Ce bond coïncide avec l'afflux migratoire

résultant des premières périodes de sécheresse dans le nord du pays (LEMIRE-PECHEUX, 1995).

- En 1981 et 1990

La surface cultivée avoisine les 25%. Les cultures qui, dans l'ensemble, étaient localisées en anneau autour de la cuirasse sont désormais disséminées sur tout le versant, avec une tendance à s'approcher vers les talwegs.

- En 1992 et 1994

Les cultures occupent désormais près de 30% du versant. Elles sont pratiquées à mi-versant et essentiellement dans les bas-fonds. Le reste de la surface est occupée par des jachères récentes herbeuses et arbustives claires ou denses. La végétation "naturelle" (savane arbustive et arborée et jachères arborées) n'occupe que près de 15 à 20% de la surface totale du versant ; elle est localisée autour de la cuirasse où les sols sont gravillonnaires et peu profonds. En 1994, KISSOU parle de l'importance des phénomènes d'érosion en griffe et des plages nues qui apparaissent partout.

- En 1996

La surface du sol est essentiellement occupée par des cultures et des jachères. Les formations végétales "naturelles" sont réduites en un anneau autour de la cuirasse et n'occupent qu'environ 5% du versant.

- En 1998

Nous avons réalisé une carte d'occupation de sol (figure 12), incluant les différentes cultures et les techniques culturales utilisées, la disposition des billons par rapport à la ligne de plus grande pente et la disposition des jachères autour des champs. Une autre carte (figure 13) montre les phénomènes de dégradation physique de l'espace agricole et les méthodes de lutte.

Ces cartes nous donnent des informations sur plusieurs points :

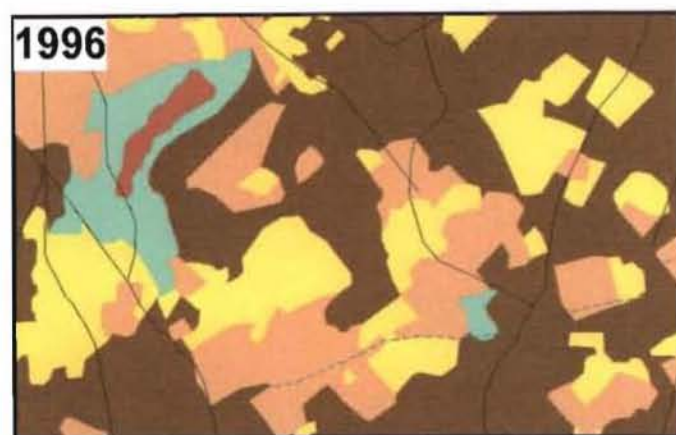
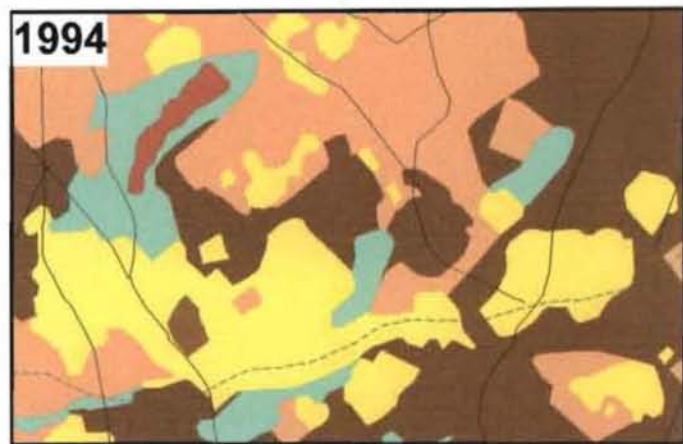
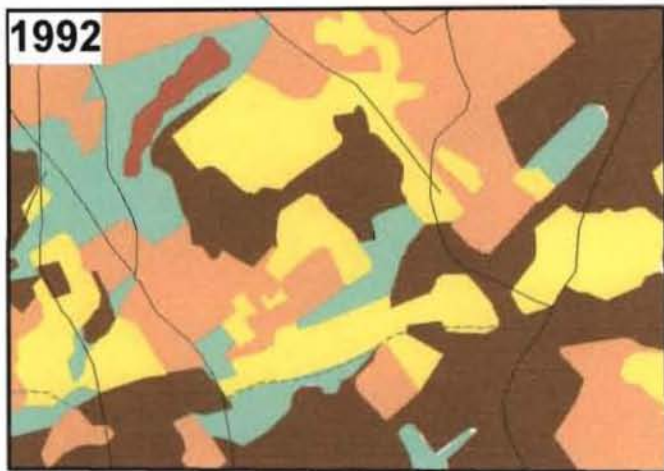
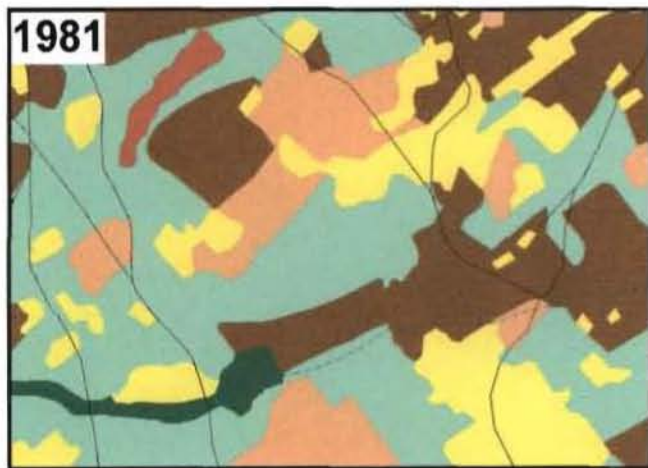
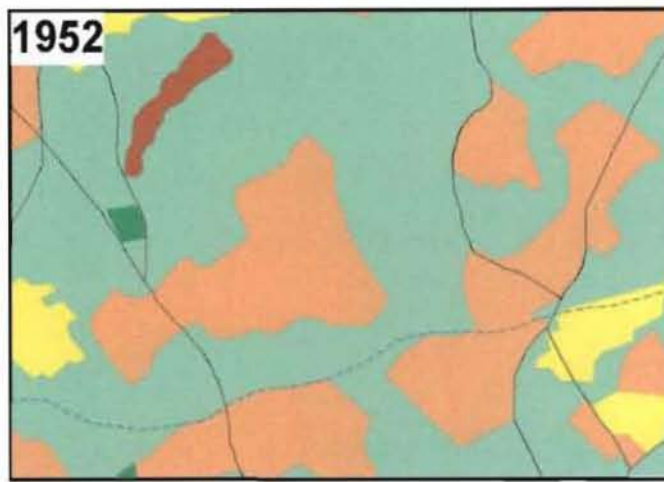
- les cultures n'excèdent pas le tiers du versant, mais se concentrent sur les meilleures terres de bas versant ;
- les paysans cultivent même dans les talwegs ;

- les billons peuvent être parallèles ou perpendiculaires à la ligne de plus grande pente ;
- le coton, le sorgho et le maïs occupent la plus grande superficie cultivée (environ 75%) ;
- les routes sont des lieux privilégiés de décapage, ravinement et de transport de terres ;
- apparition des ravines, des griffes et des zones décapées au milieu de certains champs ;
- traces de lutte contre l'érosion.

Discussion

Comme on le voit sur les figures présentées en pages 58, 59 et 60, le versant cultivé de Kossoghin a été fortement perturbé par l'homme à travers ses activités agricoles et pastorales. alors qu'en 1976 où il avoisinait les 35% (année de forte arrivée des immigrants). La mise en culture semble se stabiliser sur les terres les plus profondes de bas versant. La végétation "naturelle a tout simplement disparue au profit de jachères. A partir de 1976 l'extension des surfaces cultivées sur le tiers du versant a entraîné l'apparition des phénomènes érosifs, et les pertes d'eau par ruissellement. L'occupation du haut versant par les jachères en 1998 limite cependant l'expression des phénomènes érosifs.

Fig. 11 : Evolution de l'occupation des sols du versant de Kossoghin (Bondoukui)



**Fig. 12 : Carte d'occupation des sols
du versant de Kossoghin (Bondoukui), campagne 1998**

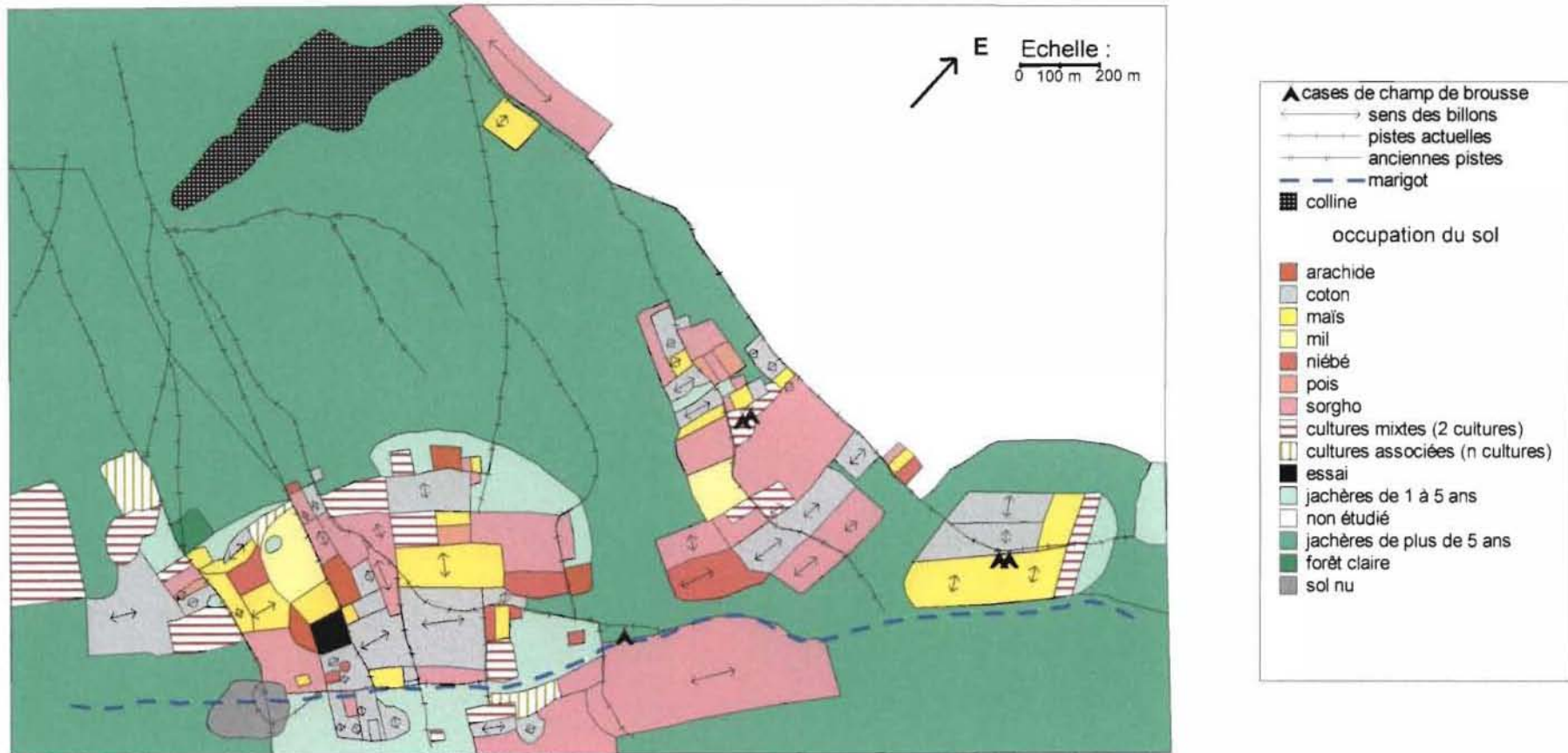
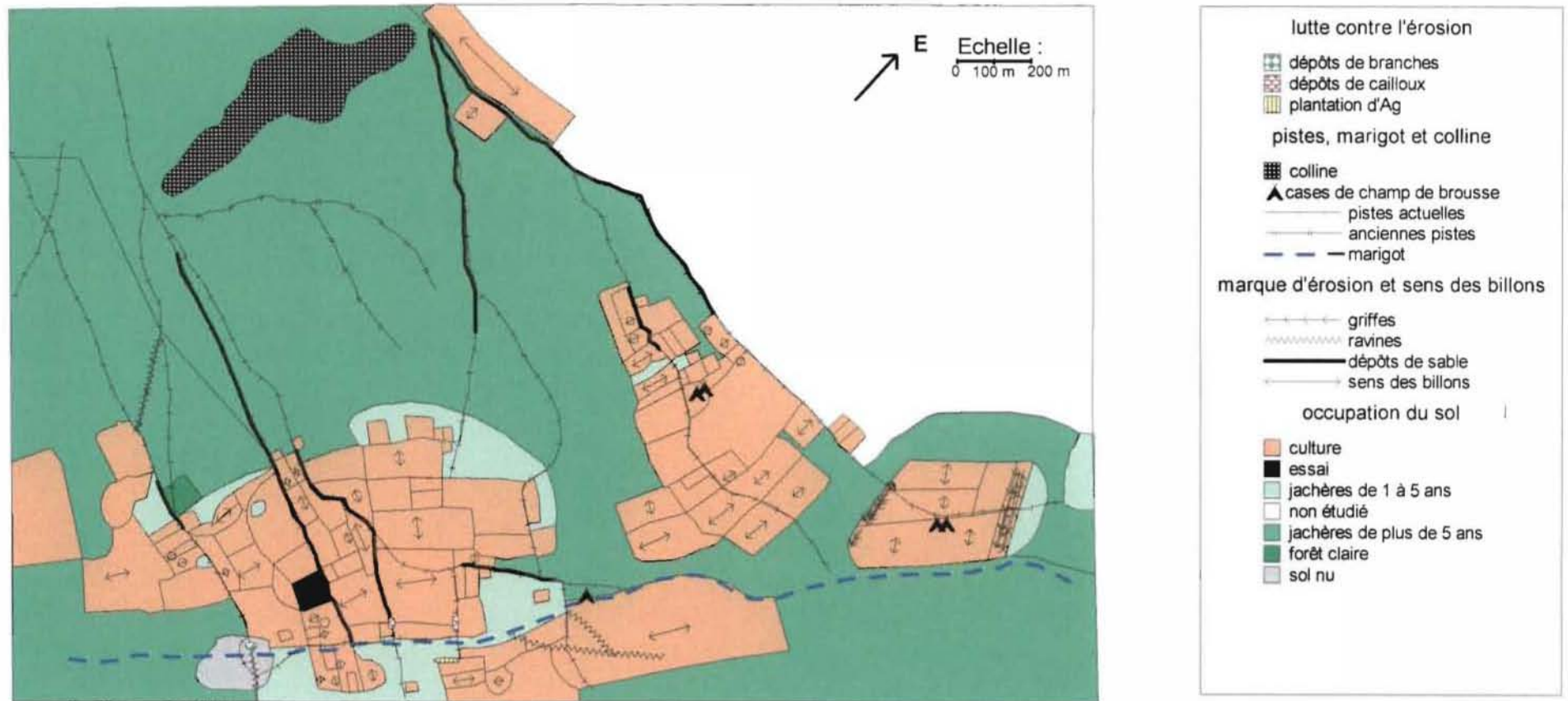


Fig. 13 : Carte de l'occupation des sols et de l'érosion sur le versant de Kossoghin (Bondoukui), campagne 1998



3 Résultats en relation avec la topographie et la direction des billons

Les 30 stations de mesure ont concerné 15 parcelles. Les résultats sont exprimés sous forme d'histogrammes : histogramme des pentes des billons (figure 14), histogramme des pentes du terrain (figure 15), histogramme des angles entre billons et courbe de niveau (figure 16), et courbe de pente des billons en fonction de la plus grande pente (figure 17, page 62).

Figure 14 : Histogramme des pentes des billons (versant de Kossoghin)

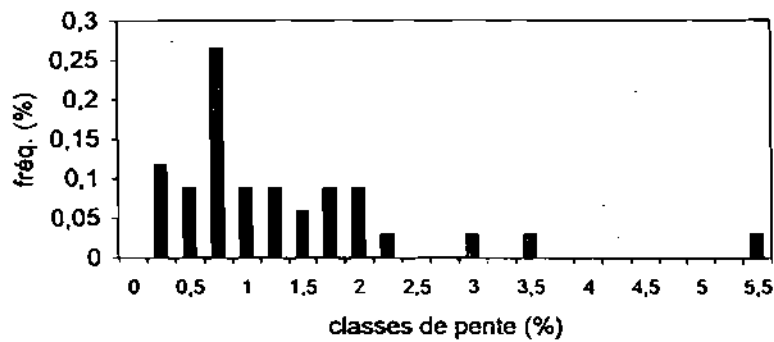


Figure 15 Histogramme des pentes du terrain (versant de Kossoghin)

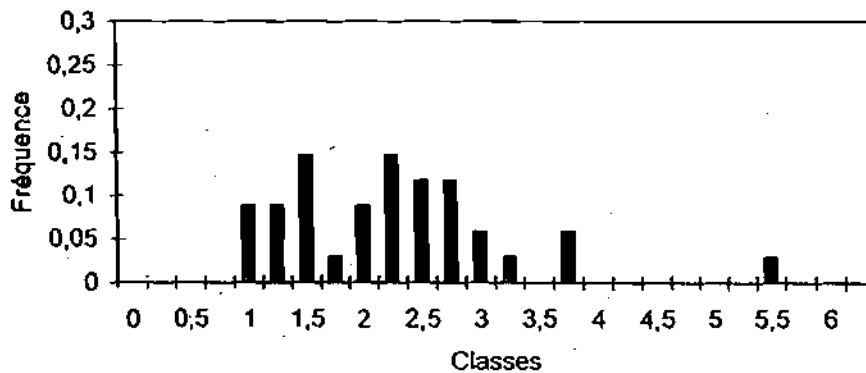


Figure 16 : Angle entre billons et courbe de niveau

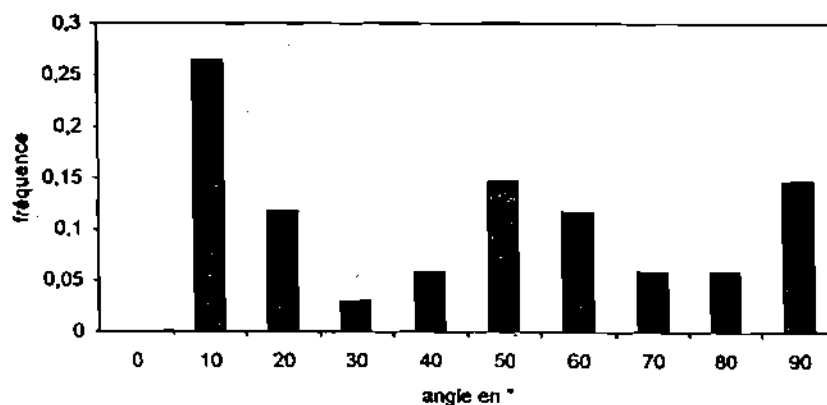
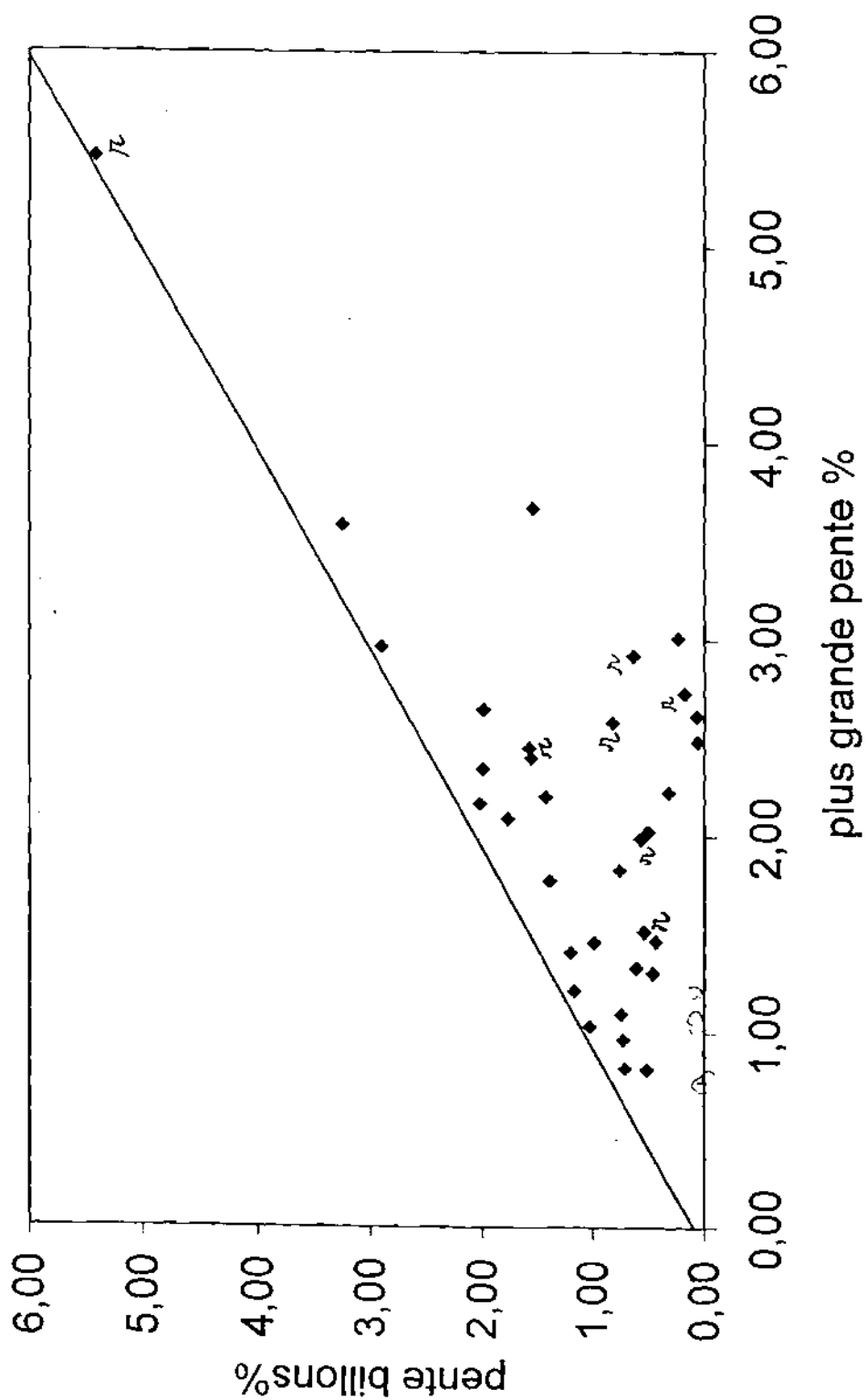


Figure 17 : Pente des billons en fonction de la plus grande pente (%)



Discussion

Au regard des figures 14 et 15, on peut dire que sur le versant, les pentes des billons sont plus faibles (moyenne 1. 2%) que les pentes du terrain (moyenne 2%). Cela signifie qu'en général les angles des billons avec la ligne de pente sont variables. La figure (16) confirme les remarques ci-dessus, c'est-à-dire que les angles entre les billons et les courbes de niveau varient entre 10 et 90°, et ne sont jamais nuls. Les angles les plus fréquents sont 10°, 50° et 90°. Les angles intermédiaires, 30° et 70° ont une fréquence faible.

La figure (17) résume toutes les observations faites. Lorsque les pentes sont faibles (-2%), les billons n'ont pas de direction privilégiée. Lorsqu'elle est forte (+2%), les paysans semblent choisir soit une faible inclinaison, soit au contraire une inclinaison proche de la plus grande pente. Les rigoles très marquées apparaissent pour des pentes supérieures ou égales à 1. 5% ; en général les billons proches de la courbe de niveau favorisent une collecte de l'eau et une rupture localisée. Au contraire, lorsque les billons avoisinent la ligne de pente, les rigoles de rupture sont rares. Le choix d'une pente proche de la plus grande pour les fortes pentes tient peut être à ce risque de ravinement par collecte latérale des écoulements et donc renforcement du pouvoir érosif des eaux. Ce choix conscient ou inconscient est certainement fait pour favoriser un drainage externe. Le travail en courbe de niveau est sûrement évité pour empêcher une concentration des eaux de ruissellement qui peuvent causer une rupture des billons, créant ainsi des rigoles.

D'autres observations montrent que la plupart des billons sont droits (94%), peu sont courbes (6%), ce qui implique, sur un terrain ondulé, de fréquents changements de pente des billons.

Conclusion

Le diagnostic des phénomènes de ruissellement et d'érosion sur le versant de Kossoghin nous montre que :

- la jachère est une pratique encore courante sur le plateau de Bondoukuy même si l'environnement actuel ne lui permet pas de jouer convenablement

son rôle. Il se pose là un problème de réorganisation de la gestion de celle-ci ;

- la mise en culture provoque ou accélère les phénomènes érosifs ;
- les anciennes routes sont les principaux lieux de décapage et de transport de terre par l'eau pluviale ;
- malgré la localisation des champs au niveau du bas versant, on ne note pas une forte accumulation d'eau dans le Kamehi (bas fond), ce qui montre l'intérêt des jachères de haut versant dans l'infiltration des ruissellements, la seule eau qui s'y trouve est celle à priori qui sort des champs ;
- les pratiques culturales qui empêchent ou baissent le ruissellement comme les billons isohyphes et les cordons pierreux ne sont utiles que pour des années à faible pluviosité ;
- les paysans préfèrent cultiver des sols du bas versant et des talwegs car ils sont sûrs qu'ils sont les plus fertiles, ce qui fait que le taux d'occupation de ces sols est très fort par rapport à ceux du haut versant,
- les billons proches de courbes de niveau favorisent l'apparition des rigoles sur forte pente. ;
- les billons en pente sont sûrement faits pour assurer le drainage externe surtout que les sols sont ferrugineux, donc aptes à l'engorgement et lorsque la pente est faible.

II LES PARCELLES EXPERIMENTALES

1 La pluviométrie

Deux écoles s'affrontent dans le domaine de la lutte anti-érosive :

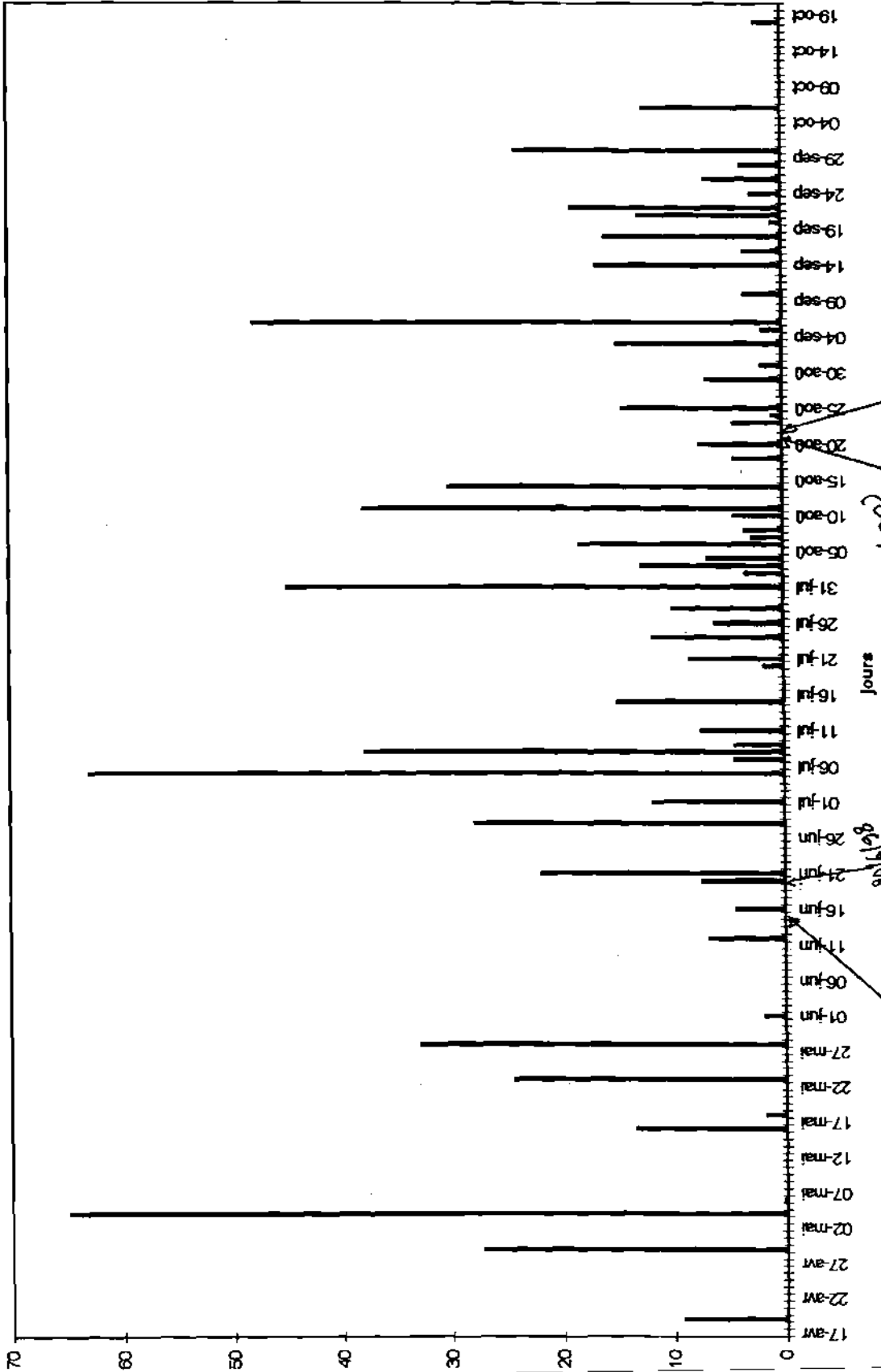
- l'une, à la suite de BENNET (1939), observe que c'est le ravinement qui entraîne les grands transports solides les plus spectaculaires, or ce ravinement provient de l'énergie du ruissellement (E_r) qui est fonction de la masse (m) et de la vitesse (v) des eaux au carré : $E_r = 1/2 * mv^2$. Par conséquent la lutte anti-érosive s'organise autour des moyens de réduction de la vitesse de ruissellement concentré et de sa force érosive (banquettes de diversion, exutoires enherbés,...) ;

- l'autre, à la suite des travaux d'ELLISON (1944 et 1945), se base sur les processus de battance de gouttes de pluie (qui déclenchent le processus de destruction des agrégats du sol, effet splash), la formation d'une pellicule de battance peu perméable et la naissance du ruissellement. Les équipes de WISCHMEIER (1960) rappellent que le ruissellement se développe suite à la dégradation de la surface du sol. Cette fois-ci la lutte anti-érosive se développe autour du couvert végétal, des techniques culturales et d'un minimum de structure dans le paysage.

C'est pourquoi il est nécessaire dans tous les cas de connaître les données pluviométriques, car la pluie apparaît dans le cas du climat soudanien méridional comme la première cause du démarrage de l'érosion. Les figures 18a, 18b et 18c (pages suivantes) nous donnent la pluviosité journalière et les dates de prélèvement de terre pour la détermination de l'humidité volumique dans les sites expérimentaux

Figure 18b

pluviométrie journalière 1998 (essai Lamine)



■ Série 1

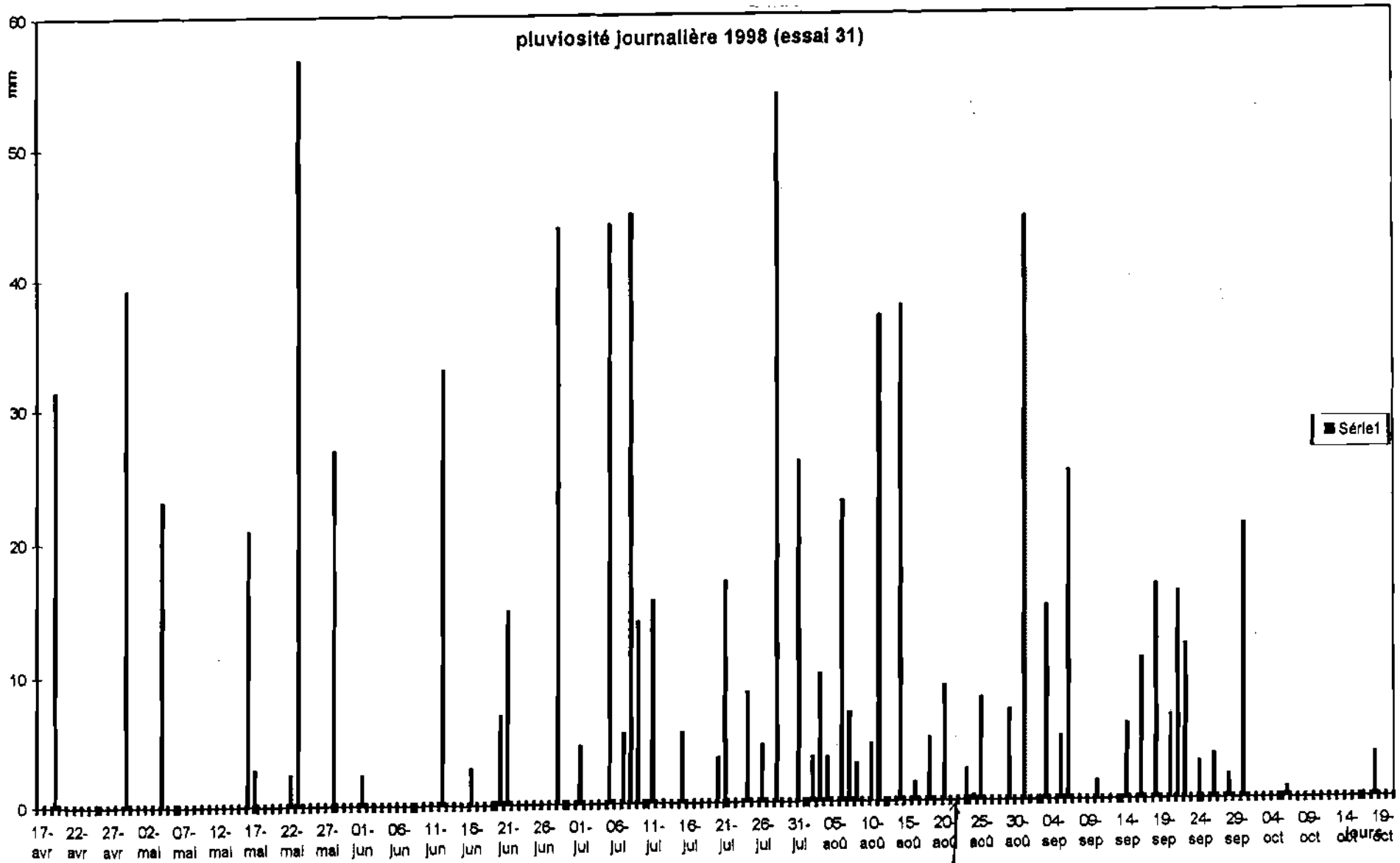
Jours

30/11/98
(les 2 h00 S)

22/08/98 (h00 R) (h00 R) (h00 R)
28/08/98 (h00 h00)

15/06/98
(h00 h00 et h00)

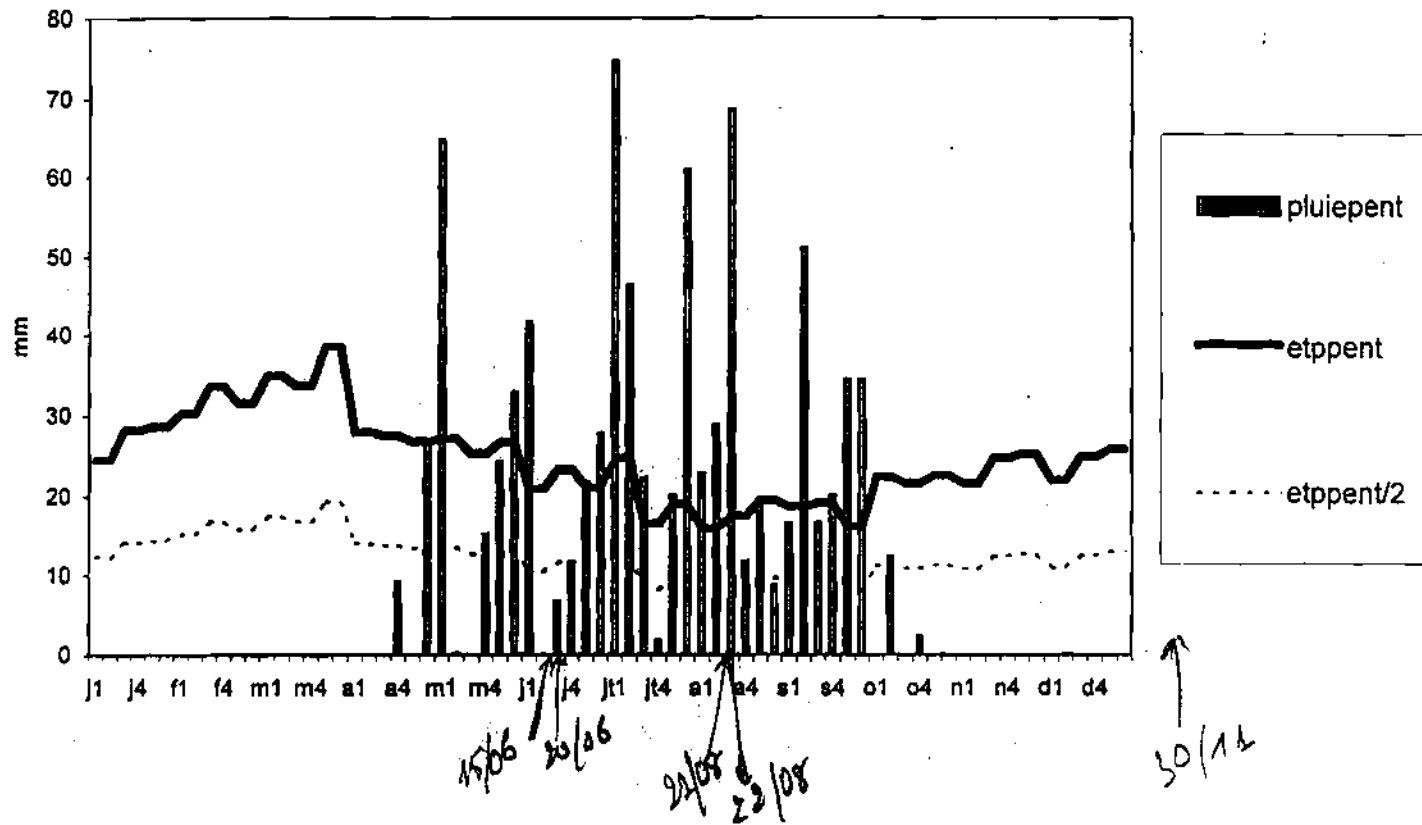
Figure 18a



86/80/22

85/71/05

Figure 18c: Bilan climatique P.Lamine 1998



2 Mesures et suivi de du ruissellement et de l'érosion

2-1 Résultats et analyse

Les résultats dans le tableau 4 ci-après ont été utilisé par FOURNIER et al. (1999), au colloque de Dakar (Avril 1999) sur les jachères en Afrique de l'ouest, ils font partie des résultats de notre travail d'équipe.

Approche par année

Du fait de la mise en place des traitements, les mesures en 1997 sont partielles, par contre en 1998 elles sont complètes. Puisque l'indice d'érosivité annuel R (USA) approche 500, chiffre moyen donné par ROOSE (1993) pour la zone soudanienne, les chiffres de 1998 sont donc représentatifs.

Les témoins-paysans de maïs et coton ont ruisselé fortement en 1998 : coefficient de ruissellement 20% ; érosion de 5 t/ha, charge moyenne de 2,9 g/l. Le *Stylosanthes* et la parcelle culture + *Andropogon* n'ont pas ruisselé. Le sol nu encroûté a peu ruisselé en 1997 du fait de son état imparfaitement encroûté à l'époque des pluies fortes. Mais en 1998 il a ruisselé à 50%. L'érosion y est très élevée (16 t/ha). En comparaison la jachère ruisselle et s'érode peu (13%, 1,4 t/ha). La parcelle jachère arbustive + impluvium est proche de cette dernière (19%, 1,1 t/ha), ce qui montre le rôle des jachères dans l'absorption et la sédimentation des ruissellements entrants.

parcelle	campagne 1997 P moy = 900 mm					campagne 1998 P moy = 875 mm				
	mesures effectuées sur (mm)	LR (mm)	Kr %	Erosion (t/ha)	Charge solide moy. (g/l)	mesures effectuées sur (mm)	LR (mm)	Kr %	Erosion (t/ha)	Charge solide moyenne (g/l)
50 m culture coton	612	97	15,9	2,6	2,7	846	170,4	20,1	5,6	3,3
50 m culture maïs	715	115	16,0	2,9	2,5	846	167,7	19,8	4,3	2,5
50 m jachère Stylo (moy 2 parcelles)	365	9	2,3	0,1	1,0	846	1	0,1	0,0	-
40 m coton + 10 m herbe (A.g.)	206	1	0,5	0	-	846	1,1	0,1	0,0	-
40 m maïs + 10 m herbe (A.g.)	206	4	1,7	0	-	846	13,9	1,6	0,2	1,4
25 m jachère arbustive	457	6	1,3	0,13	2,2	899	118,3	13,1	1,4	1,2
25 m jachère arbustive+ 25 m sol nu	457	3	0,7	0,08	2,6	899	170	18,9	1,1	0,65
25 m sol nu	457	90	19,6	1,5	1,7	899	440,2	49	16,2	3,7

Tableau 4 : érosion et ruissellement [approche annuelle]

Approche par événement

L'analyse des paramètres du ruissellement s'effectue sur le graphique lame ruisselée (LR) en fonction de la pluviométrie (P), figure 19a. Le modèle $LR = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S)$ permet d'analyser LR sur parcelle et petits bassins versants ou LR, P, I_a (lame d'imbibition avant le début du ruissellement) et S (infiltration potentielle) s'expriment en mm (Gril et Duvoux, 1991). Le ruissellement commence que pour $P > I_a$ et pour une intensité maximale I_{max} supérieure à une intensité limite I_L . Lorsque I_a est faible (5 à 10 mm) et les pluies < 100 mm, ce modèle s'apparente à une droite à partir du début du ruissellement. Un modèle linéaire simplifié est caractérisé par une hauteur de pluie limite de ruissellement PL , une intensité limite de ruissellement I_{15L} , et un coefficient de ruissellement après imbibition a , défini par $LR = a(P - PL)$ pour $P > PL$, et $I_{15} > I_{15L}$. Une régression linéaire sur le ruissellement de plus de 2 mm permettra d'établir les paramètres a et PL pour une classe d'états (saison, structure du sol, humidité, couverture...) et type de pluie. Un paramètre de forme de la pluie est le rapport P_i/P , P_i étant la quantité de pluie excédant l'intensité limite de ruissellement de l'état de surface étudié. Un indicateur de P_i étant l'intensité maximale en 15 min " I_{15} ", une classification pratique des types de pluies soudanienne est donnée par $I_{15}/P \geq 2$ (averse), $I_{15}/P < 2$ (pluie fine), SERPANTIE, non publié)

Le ruissellement du sol nu (figure 19b) dépend plus du type de pluie que de la saison, mais les premières pluies ne ruissellent pas. Les averses brèves ruissellent à 7 mm, dès 10 mm/h, à plus de 99% ($LR = 0.99P - 7.6$; $r^2 = 0.74$) et les pluies fines, dès 10 mm à 50% ($LR = 0.5P - 2.7$; $r^2 = 0.74$). La jachère arbustive (figure 19c) ruisselle peu ($I_L = 35$ mm/h, $a = 90\%$), mais le paramètre PL dépend surtout de la saison. En début de saison, la pluie-limite vaut 25 mm et 35 mm lorsque la végétation s'est installée. Le ruissellement sur parcelle cultivée est plus complexe en raison des états variés qu'elles traversent : état de surface, humidité du profil supérieur, couverture du sol. Leur comportement s'inscrit dans les limites des deux comportements extrêmes précédents. Une

nouvelle année de mesure est donc importante pour hiérarchiser les facteurs de variation du ruissellement et les paramètres correspondants. Des régressions sur les ruissellement > 1 mm vérifient la similarité de comportement moyen du maïs et ($Lr = 0.4P - 2.7$; $r^2 = 0.63$) et du coton ($Lr = 0.38P - 2.6$, $r^2 = 0.71$).

Figure 19a Sol nu encroûté : lame ruisselée en fonction de la quantité et du type de pluie.

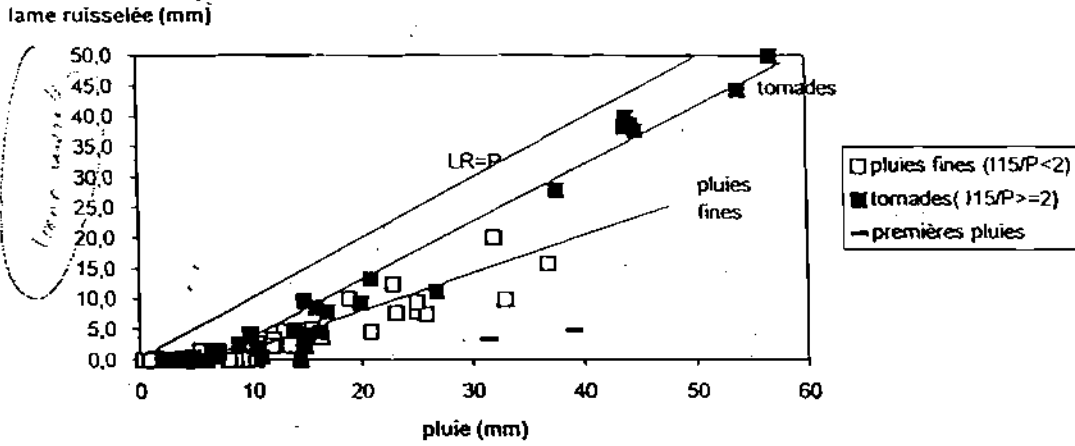


Figure 19b Jachère arbustive : lame ruisselée en fonction de la saison.

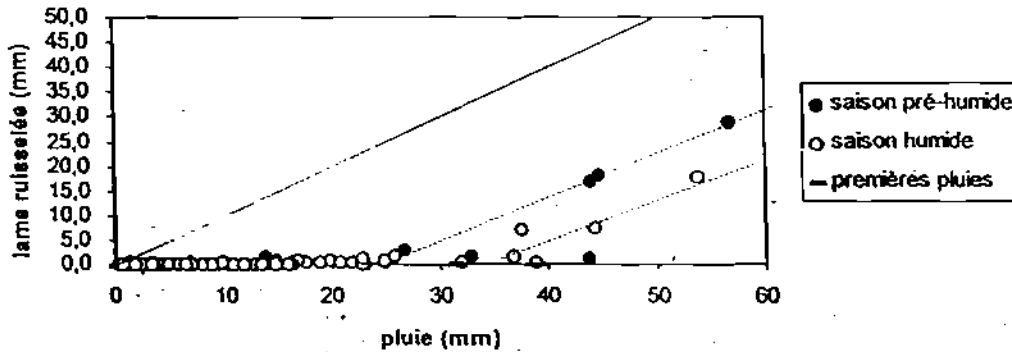
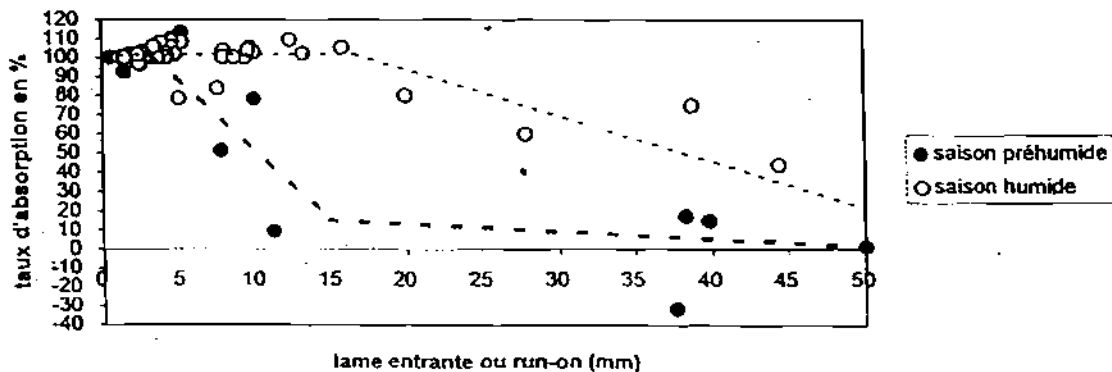


Figure 19c Taux d'absorption du run-on sur la jachère en fonction de la lame d'eau



Conclusion

L'absence de ruissellement constatée à l'exutoire des parcelles composites « culture + *Andropogon* semé, non brûlé, non pâturé », alors que les jachères brûlées présentent un ruissellement en cas de pluie > 35 mm montre que les jachères ont une capacité à infiltrer les ruissellements entrants d'autant meilleure qu'elles sont peu brûlées, peu pâturées et densément colonisées. L'organisation du ruissellement joue aussi un rôle important dans l'absorption. Les écoulements diffus sont plus facilement capturés. La distribution en mosaïque des jachères et des cultures est bénéfique car elle limite les risques d'érosion et donc de dégradation de versants. On pourrait envisager comme application à l'aménagement du paysage, des jachères disposées à l'aval des pentes cultivées dans les proportions de 1/5.

2-2 L'analyse critique des parcelles d'expérimentation

La dimension des parcelles cultivées (50 x 3. 20 m) résulte d'un compromis prenant en compte l'échelle d'étude, les caractéristiques pluviométriques et le comportement supposé du sol. Le problème de l'effet de bordure sur l'écoulement pourrait se poser sur ces parcelles plus étroites que le dispositif standard USLE (5 x 20 m), mais le modelé billonné des parcelles qui localise les écoulement dans les inter-billons, n'occasionne pas de perturbations et exclut les effets de bordure sur l'écoulement et l'érosion, en regard des parcelles paysannes. La longueur de 50 m est plus importante que la longueur standard de 20 m. Elle correspond à la longueur minimale en milieu paysan. En l'absence de culture et de billonnage de parcelle (jachère et impluvium), une largeur de 6. 50 m a été retenue.

L'installation de ces parcelles répond au souci de quantifier les processus morphogéniques tels que le ruissellement élémentaire (MIETTON, 1988). De taille petite et placées dans une portion d'espace représentative, elles présentent l'avantage de constituer des milieux globalement homogènes, à l'inverse des bassins versants. Elles permettent de cerner le rôle des facteurs

conditionnels du ruissellement. Certaines d'entre elles ne donneront probablement qu'une idée de l'érosion du fait de leur caractère fermé en amont (bloc 31). Le problème fondamental qui se pose à l'issue de ces expériences est celui de la transposition des résultats à toutes les échelles, par exemple de la parcelle au bassin versant (CHEVALIER, 1983).

3 Mesure et suivi de la teneur en eau du sol

3-1 Situation des mesures par rapport aux pluies de 1998 et leur représentativité

Les mesures d'humidité du sol que nous avons traités dans cette partie de l'étude ont été effectuées à certaines dates notées sur l'histogramme de pluviosité

* pour l'essai Lamine, nous avons effectué les prélèvements aux dates suivantes :

- le 15/06/98 : Cette date fait suite aux périodes suivantes : du 7 au 11/6/98 ; aucune pluie ; une pluie de 6. 8 mm le 12/06/98 ; aucune pluie du 13 au 15/06/98 ;
- le 20/06/98 : fait suite aux pluies du 12/06/98 (6. 8 mm) ; du 16/06/98 (4. 4 mm) et du 20/06/98 (7. 4 mm) ;
- les 21 et 22/08/98 : cette date fait suite aux pluies du 14/08/98 (30,9 mm) ; du 18/08/98 (4,4 mm) et du 20/08/98 (7,4 mm) ;
- le 3. /11/98 : cette date fait suite à la dernière pluie du 18/10/98 (2. 4 mm).

* pour l'essai 31, nous avons effectué les prélèvements aux dates suivantes :

- le 22/08/98 : fait suite aux pluies du 14/08/98 (37,6 mm) ; du 16/08/98 (1. 4 mm) ; du 18/08/98 (4,8 mm) ; et du 20/08/98 (8,8 mm) ;
- 30/11/98 : fait suite à la pluie du 18/08/98 (3,4 mm) ;

Ces mesures ont été effectuées à des dates biens précises. Elles donnent une indication ponctuelle de l'état hydrique du sol à ces dates. Elles ne sauraient

donner l'humidité du sol durant toutes les périodes. Mais étant donné la rigidité du climat (peu de variation), elles peuvent être considérées comme représentatives des différentes périodes.

3-2 Approche statique

3-2-1 Dates du 15 et 20 juin 1998

Parcelles cultivées (essai Lamine)

Ces résultats sont donnés (figure 20) par des histogrammes 20a et 20b (profondeur de 0-20 cm) et 20c et 20d (profondeur de 20-40 cm) ci-dessous.

On peut remarquer que l'humidité du sol le 15/06/98 obéit aux gradients amont-aval et surface-profondeur du sol. A la descente des ruissellements vers l'aval correspond une remontée vers la surface du sol de la zone humide

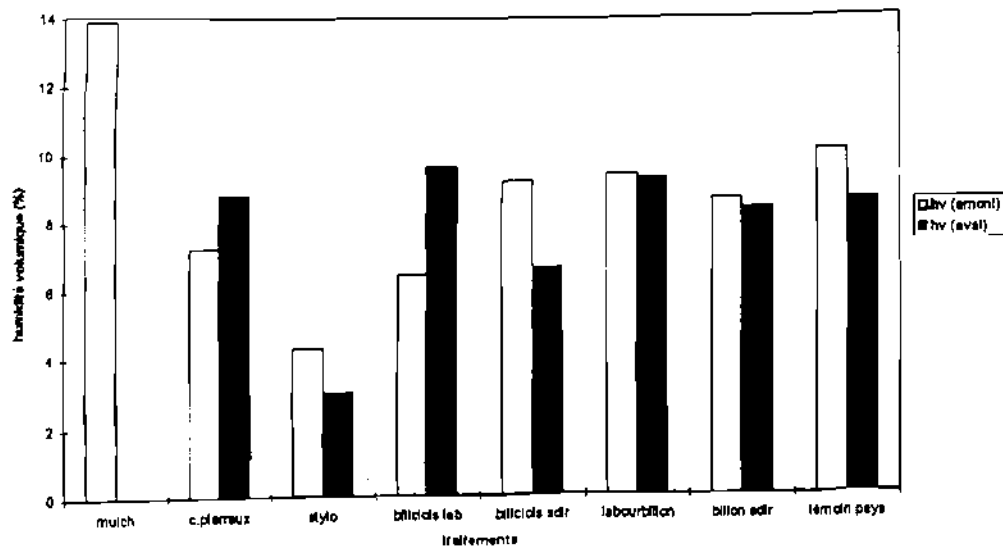
L'eau de pluie qui arrive à la surface du sol est divisée essentiellement en trois parties qui sont la lame ruisselée, la partie infiltrée et la partie évaporée. Ces différentes parties déterminent les variations de l'humidité dans le profil hydrique :

- en amont de la parcelle, la partie infiltrée (I) correspond à la différence entre la pluie (P) et le ruissellement (R) et l'évaporation (E). L'évaporation étant supposée la même partout dans la parcelle, on peut donc négliger son effet dans les variations de l'infiltration, l'infiltration (I) devient : $I = P - R$

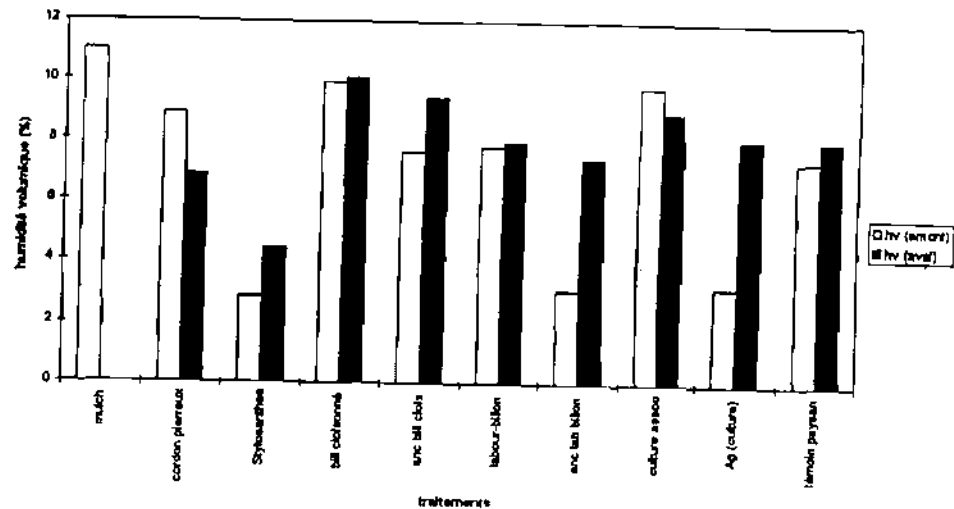
- en aval l'infiltration est égale à la différence entre la pluie et le ruissellement sortant à laquelle on ajoute le ruissellement venant de l'amont (Re) : $I = P - R + Re$. Théoriquement il y a donc plus d'eau infiltrée en aval qu'en amont

Les différences observées au niveau des résultats seraient imputables aux techniques de cultures (traitements) pratiquées ou dans une moindre mesure aux micro-hétérogénéités. Par exemple les cordons pierreux en diminuant le ruissellement peuvent accumuler autant d'eau en aval qu'en amont. Certaines analyses statistiques que nous avons effectuées par la suite confirment ces effets.

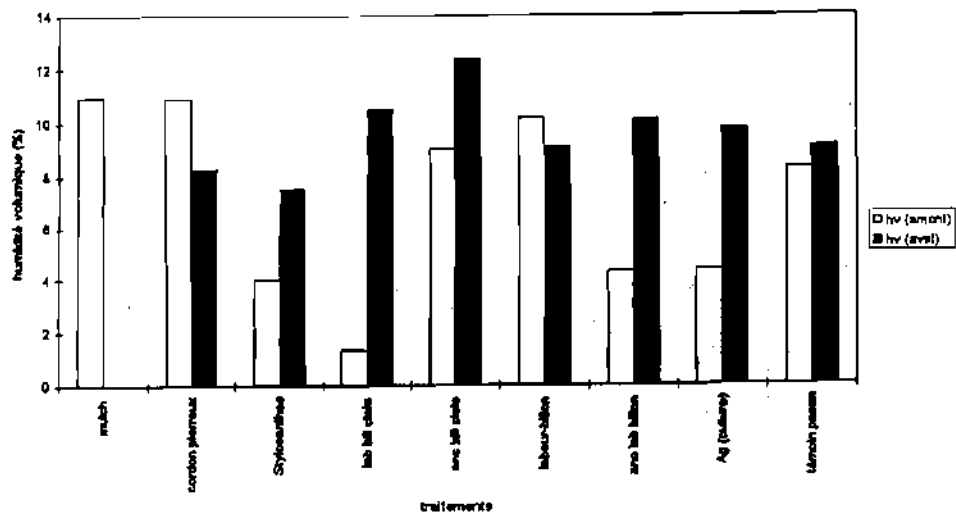
20a : Humidité volumique, bloc bas (prof. 0-20 cm), 15/06/98



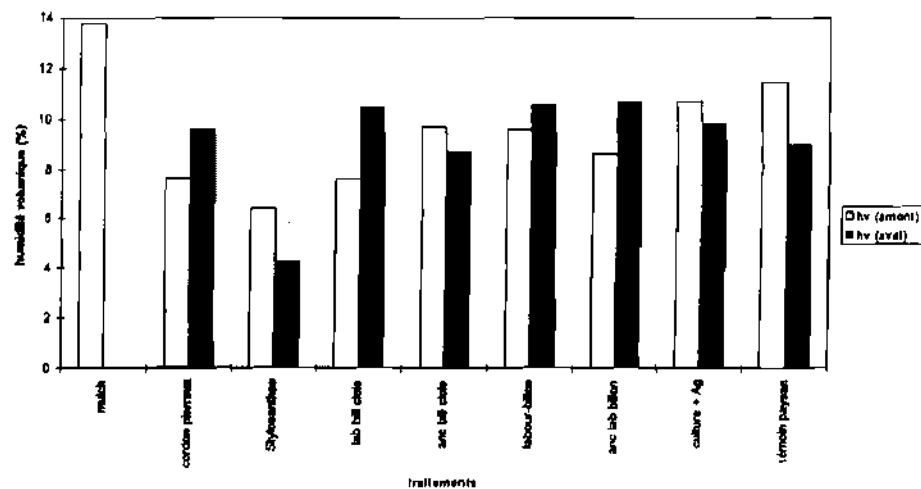
20b : Humidité volumique, bloc haut (prof. 0-20 cm), 15/06/98



20c : Humidité volumique, bloc haut (prof. 20-40 cm), 15/06/98



20d : Humidité volumique, bloc bas (prof. 20-40 cm), 15/06/98



- Effet des états de surface sur l'humidité du sol en l'absence de ruissellement (15/06/98)

Les traitements mulch, *Stylosanthes* et billons cloisonnés ne présentant pas de ruissellement, on peut étudier leur effets sur l'évaporation (tableau 5).

traitements	profondeur	bloc haut (humidité volumique)	bloc bas (humidité volumique)
mulch	0-20	11. 01	13. 86
	20-40	10. 94	13. 78
stylosanthes	0-20	2. 84	4. 26
	20-40	3. 98	6. 40
billons cloisonnés	0-20	9. 93	6. 46
	20-40	9. 3	7. 64

Tableau 5 : résultats de mesure des humidités volumiques en fonction de la profondeur pour différents états de surface (15/06/98)

	SCE	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	Proba	E. T	C. V	appréciation
variance totale	150. 72	11	13. 70					
var fact 1	128. 99	2	64. 50	18. 74	0. 0057			HS
var fact 2	0. 97	1	0. 97	0. 28	0. 6210			NS
var fact 1*2	1. 74	2	0. 87	0. 25	0. 7874			NS
var bloc	1. 82	1	1. 82	0. 53	0. 5045			NS
var résidu	17. 21	5	3. 54			1. 86	22. 2%	

Tableau 6 : test d'analyse de variance (facteur1 = état de surface, facteur2 = profondeur)

Ce test d'analyse de variance indique une différence significative au seuil de 5% entre les traitements pour le facteur état de surface.

facteur 1	libellé	moyennes	groupes homogènes
1	mulch	12. 40	A
3	billons cloisonnés	8. 27	B
2	<i>Stylosanthes</i>	4. 37	C

Tableau 7 : test de Newman-Keuls

Le test de NEWMAN-KEULS sépare les moyennes en trois groupes homogènes, on a mulch>billons cloisonnés>*Stylosanthes*. Cela peut être dû aux raisons suivantes :

- au niveau du mulch la demande évaporatoire est atténuée ;

- Au niveau du *Stylosanthes*, l'ETR est forte dès le mois de juin, proche de l'ETP.
- les billons cloisonnés occupent une position intermédiaire car le sol est nu, il évapore donc environ ETP/2

- Effet des états de surface sur le gradient d'humidité du sol (20/06/98)

traitements	profondeur	bloc haut (humidité volumique)	bloc bas (humidité volumique)
mulch	0-20	6.00	11.10
	20-40	7.55	10.60
	40-60	8.80	11.00
<i>Stylosanthes</i>	0-20	1.75	1.70
	20-40	4.50	3.20
	40-60	6.40	4.20

Tableau 8 : résultats de mesures des humidités volumiques en fonction de la profondeur du 20/06/98.

	SCE	DDL	CARRÉS MOYENS		PROBA	E. T	CV	appréciations.
VAR TOTALE	130.53	11	11.87					
VAR FACT 1	92.41	1	92.41	23.71	0.0052			HS
VAR FACT 2	12.15	2	6.08	1.56	0.2981			NS
VAR FACT F1*2	2.63	1	1.32	0.34	0.7304			NS
VAR BLOC	3.85	1	3.85	0.99	0.3678			NS
VAR RESIDU	19.49	5	3.90			1.97	30.8%	

Tableau 9 : test d'analyse de variance (fact1 = état de surface, fact2 = profondeur)

Le test d'analyse de variance indique une différence hautement significative entre les traitements au seuil de 5% pour le facteur état de surface.

facteur 1	libellé	moyenne	groupes homogènes
1	mulch	9.18	A
2	<i>Stylosanthes</i>	3.63	B

Tableau 10 : test de Newman-Keuls sépare les moyennes en deux groupes homogènes

Ces résultats confirment la prépondérance de l'humidité sous mulch par rapport au *Stylosanthes*. De plus ils confirment le fait que le mulch maintient un profil hydrique homogène de la surface en profondeur.

- Effet des états de surface sur le gradient amont-aval et sur le profil hydrique (20/06/98)

traitements	station	profondeur	bloc haut (humidité volumique (%))	bloc bas (humidité volumique (%))
parcelle p4 culture- Ag (partie cultivée)	haut	0-20	2. 68	4. 23
		20-40	6. 09	5. 95
		40-60	7. 97	7. 54
	bas	0-20	6. 02	7. 25
		20-40	8. 92	12. 69
		40-60	10. 44	14. 90
Stylosanthes jachère (2ans)	haut	0-20	1. 75	1. 70
		20-40	4. 10	3. 20
		40-60	6. 40	4. 20
	bas	0-20	1. 45	2. 10
		20-40	3. 50	2. 70
		40-60	4. 40	3. 80

Tableau des résultats 11 : étude des effets amont-aval (20/06/98)

	SCE	DOL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E. T	C. V	APPRECIATION
VAR TOTAL	282. 14	23	12. 27	67. 43				
VAR FACT1	127. 33	1	127. 33	11. 13	0. 0000			HS
VAR FACT2	21. 02	1	21. 02	17. 87	0. 0066			HS
VAR FACT3	67. 49	2	33. 75	18. 89	0. 0004			HS
VAR INTER FACT1*2	35. 67	1	35. 67	1. 48	0. 0012			HS
VAR INTER FACT1*3	5. 59	2	2. 79		0. 2697			NS
VAR INTER FACT2*3	0. 23	2	0. 11	0. 06	0. 9413			NS
VAR INTER FACT1*2*3	2. 31	2	1. 16	0. 61	0. 5639			NS
VAR BLOCS	1. 73	1	1. 73	0. 92	0. 3618			NS
VAR RESIDU	20. 77	11	1. 89			1. 37	24. 6%	

Tableau 12 : analyse de variance (F1 = traitement, F2 = amont-aval, F3 = profondeur)

L'analyse de variance indique des différences hautement significatives (HS) au seuil de 5% entre les facteurs étudiés.

Le test de Newman-Keuls sépare les moyennes en plusieurs groupes pour chaque facteur considéré (tableau page suivante).

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMO
1	sol nu	7.88	A
2	jachère stylo (2ans)	3.27	B

tableau 13 : test de NEWMAN-KEULS (facteur F1),

On a deux groupes homogènes

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMO
2	aval	6.51	A
1	amont	4.64	B

tableau 14 : test de NEWMAN-KEULS (facteur F2 = station).

On a deux groupes homogènes

F3	LIBELLES (profondeur cm)	MOYENNES	GROUPE HOMO
3	40-60	7.46	A
2	20-40	5.89	B
1	0-20	3.39	C

Tableau 15 : test de NEWMAN-KEULS (facteur F3, profondeur)

On a trois groupes homogènes

F1	F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMO
1	2	sol nu-bas	10.04	A
1	1	sol nu-haut	5.73	B
2	1	jachère-haut	3.56	C
2	2	jachère-bas	2.99	C

Tableau 16 : test de NEWMAN-KEULS (facteur INTERF1*2)

On a trois groupes homogènes

Ces différents tests statistiques nous montrent les faits suivants :

- au niveau de la jachère à *Stylosanthes* de 2 ans, le profil hydrique est plus humide que dans le sol nu travaillé (couverture négligeable de la culture). Cela peut s'expliquer par l'ETR qui est forte au niveau de la jachère. De plus au niveau du sol nu, en dehors du fait que l'ETR est presque nulle, l'encroûtement

de la pellicule superficielle du sol crée une sorte de mulch qui s'oppose à la demande atmosphérique (CASENAVE et VALENTIN, 1989) ;

- la différence entre l'amont et l'aval est le fait du ruissellement qui appauvrit l'amont et enrichit l'aval ;

- l'humidité est plus importante dans les couches profondes, cela s'explique par la percolation et la remontée capillaire.

Discussion

Pendant la période sèche (pluviométrie est inférieure à ETP/2), l'humidité du sol est sous l'influence de différents facteurs (effets traitements, effets amont-aval et effet profondeur). Dans les traitements où le ruissellement est nul (mulch, cordon pierreux et *Stylosanthes*), ces analyses montrent que l'évaporation est variable. Le tableau de comparaison de moyennes montre que le mulch maintient plus d'eau dans le sol que les billons cloisonnés et le *Stylosanthes*. Les billons cloisonnés maintiennent plus d'eau dans le sol que le *Stylosanthes*. Cela peut s'expliquer essentiellement par l'évaporation. Quant aux cordons pierreux, la surface colonisée par des petites pousses de coton est encore négligeable. Au vu des chiffres, nous pouvons aussi remarquer que le mulch contribue à garder une humidité homogène le long du profil hydrique. Ces analyses statistiques confirment aussi certaines observations selon lesquelles il y a une différence dans la répartition de l'eau dans le sol entre la couverture herbacée et le sol nu, entre l'amont et l'aval de la parcelle et tout le long du profil en périodes pré-humides. Cela serait imputé au ruissellement dans la direction amont-aval qui appauvrit l'amont et enrichit l'aval.

En période d'humectation, les techniques culturales ou les états de surface ont un effet appréciable sur l'humidité du sol. Cet effet découle d'une part du taux d'infiltration et d'autre part de la façon dont la surface du sol est capable de s'opposer à la demande atmosphérique c'est-à-dire à minimiser l'évapotranspiration.

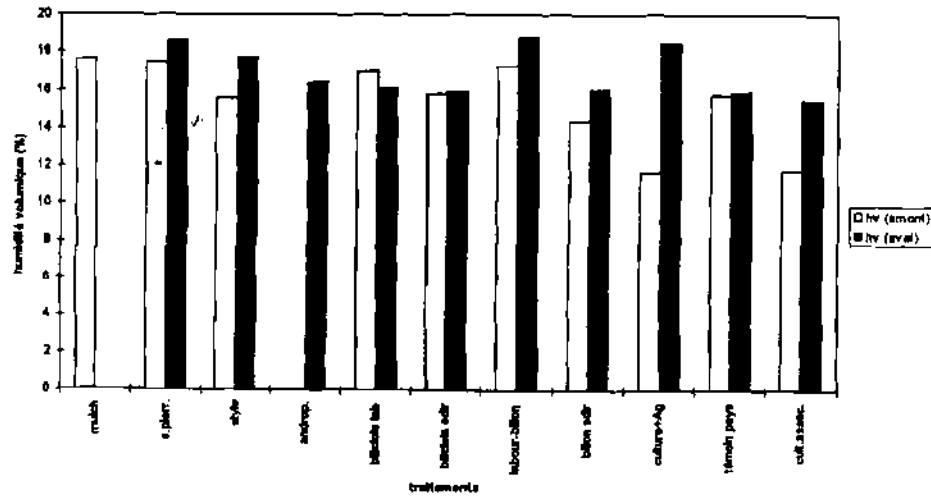
3-2-2 Dates du 21 et 22 août 1998

Parcelles cultivées

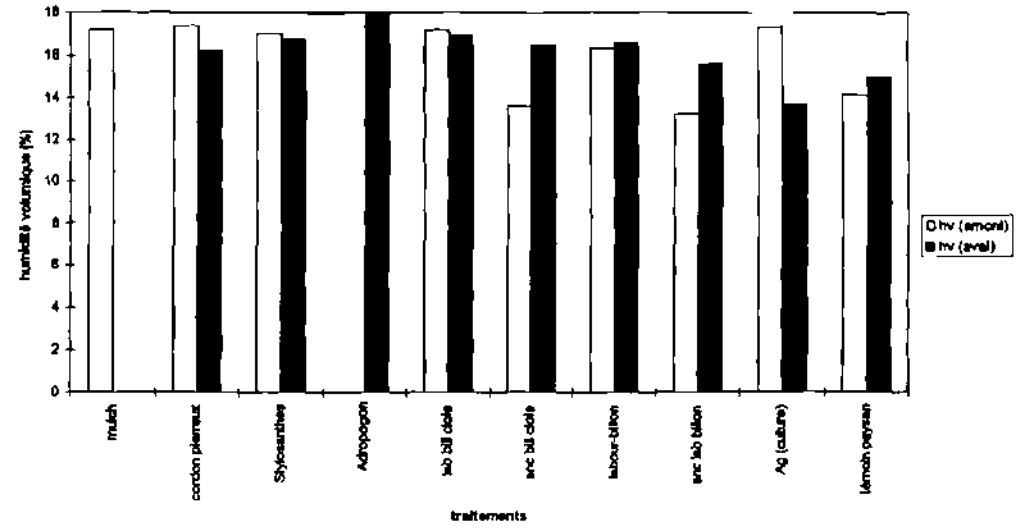
Les résultats des observations des 21 et 22/08/98 sur les parcelles cultivées sont donnés par des histogrammes 21a et 21b (profondeur de 0-20 cm), 21c et 21d (profondeur de 20-40 cm), 21e et 21f (profondeur de 40-60) et 21g et 21h (profondeur de 60-80) ci-dessous.

Ces résultats confirment la tendance générale de la prépondérance de l'humidité en aval sur l'humidité en amont, de la profondeur sur la surface et la prépondérance de l'effet de stockage de l'humidité de certaines techniques de culture par rapport à d'autres. Nous constatons aussi que les différences entre l'humidité en amont et aval et entre traitements s'amenuisent : dans la période humide, les grands écarts constatés en période pré-humide (juin) ont fait place à de petites variations. Ce qui revient à dire que si la pluie est suffisante, le sol quelle que soit la technique appliquée peut être bien humecté en aval comme en amont.

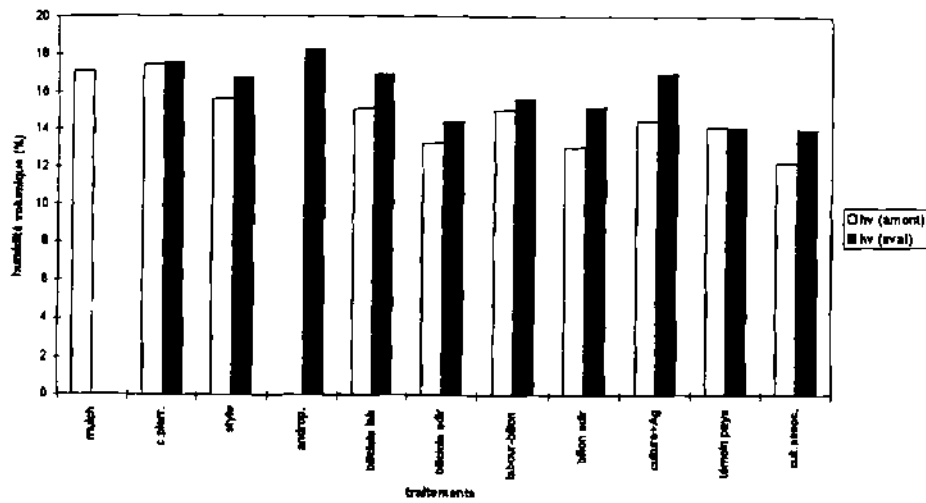
21a : Humidité volumique, bloc bas (prof. 0-20 cm), 21/08/98



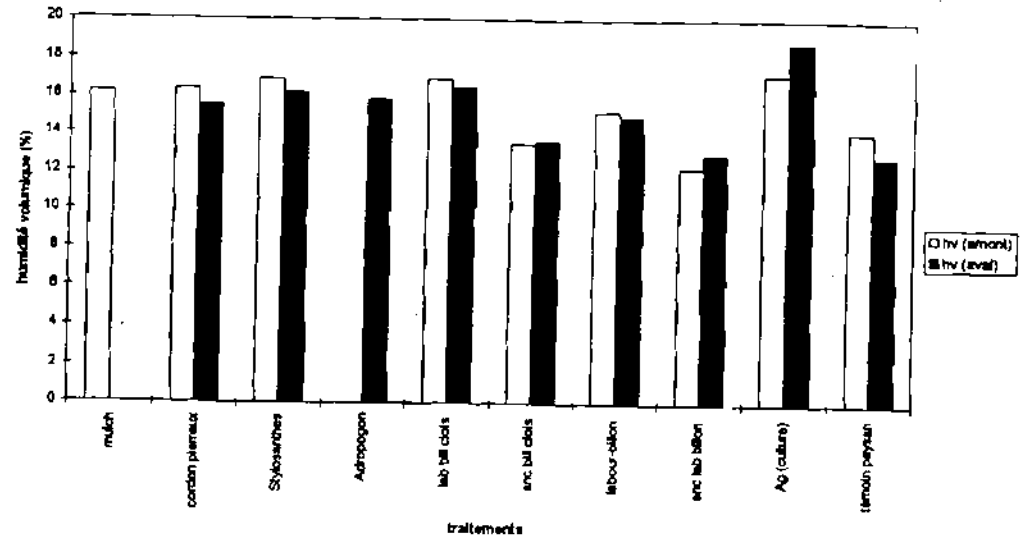
21b : Humidité volumique, bloc haut (prof. 0-20 cm), 22/08/98



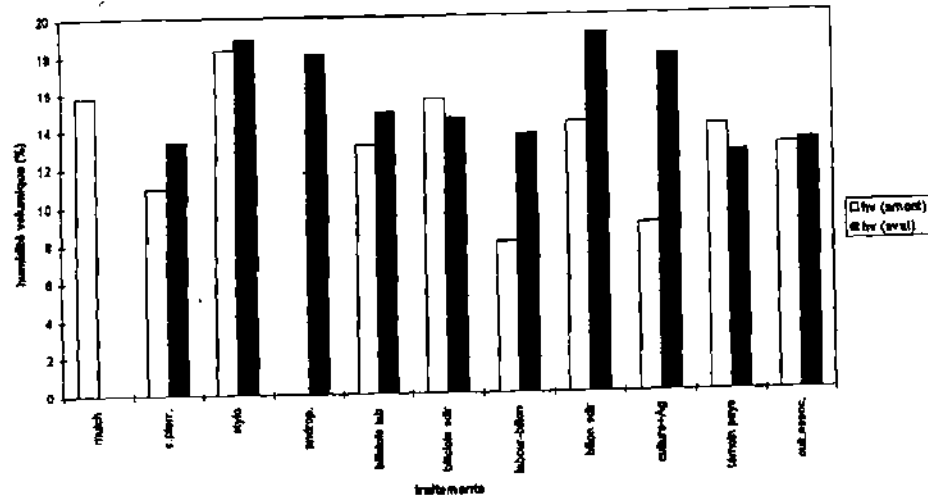
21c : Humidité volumique, bloc bas (prof. 20-40 cm), 21/08/98



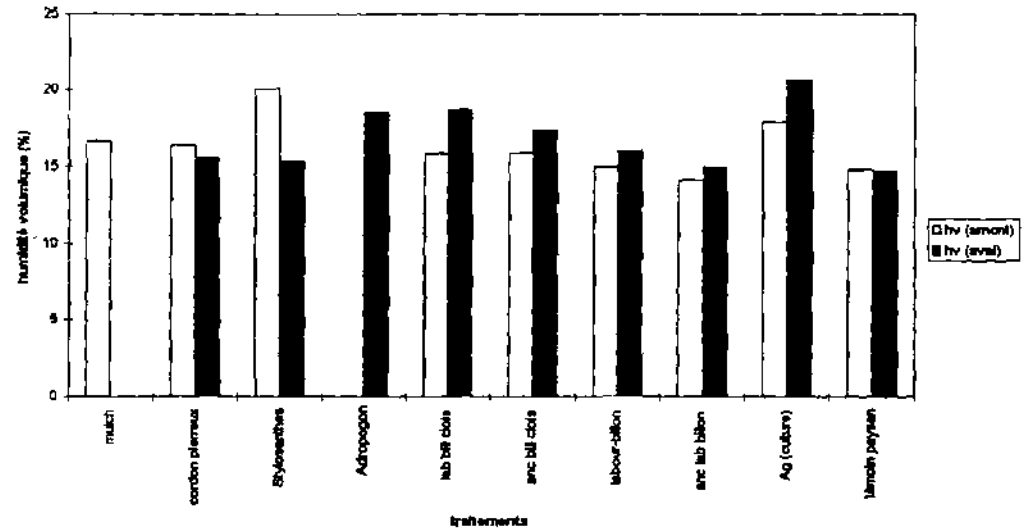
21d : humidité volumique, bloc haut (prof. 20-40 cm), 22/08/98



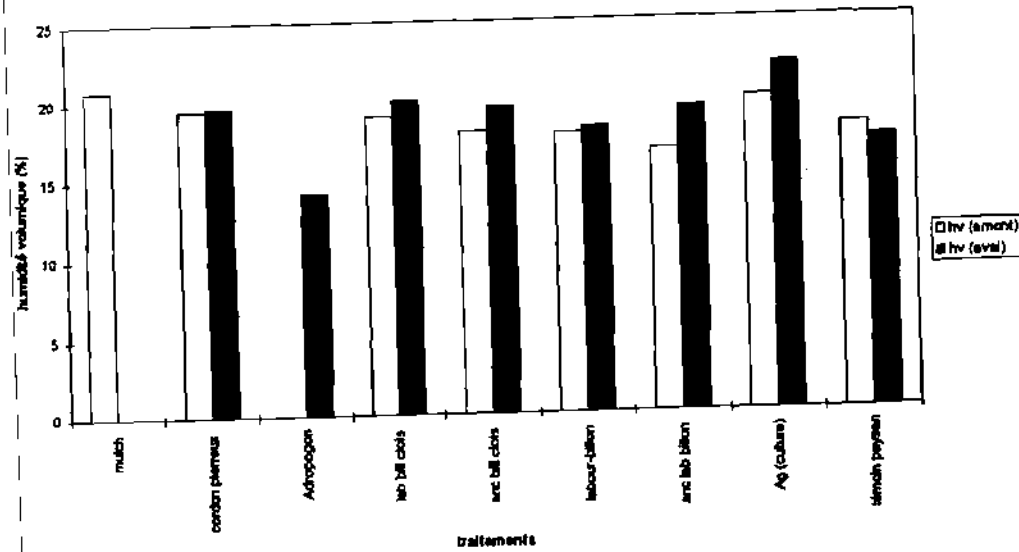
21e : Humidité volumique, bloc bas (prof. 40-80 cm), 21/08/98



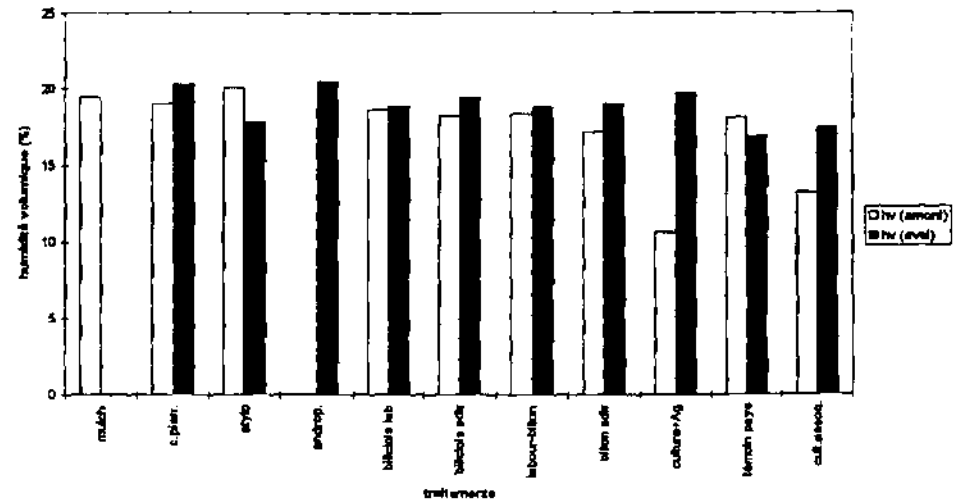
21f : humidité volumique, bloc haut (prof. 40-80 cm), 22/08/98



21g : Humidité volumique, bloc haut (prof. 60-80 cm), 22/08/98



21h : Humidité volumique, bloc bas (prof. 60-80 cm), 21/08/98



Le tableau ci-après nous donne quelques résultats de mesure d'humidité du sol.

traitements	station	profondeur	bloc haut (Hv)	bloc bas (Hv)
Stylosantes	amont	0-20	17. 028	15. 583
		20-40	16. 898	15. 642
		40-60	20. 104	18. 33
		60-80	20. 6	20. 059
	aval	0-20	16. 744	17. 733
		20-40	16. 188	16. 737
		40-60	15. 333	18. 848
		60-80	17. 88	17. 796
cordons pierreux	amont	0-20	17. 739	17. 482
		20-40	16. 343	17. 482
		40-60	16. 343	10. 971
		60-80	19. 461	19. 034
	aval	0-20	16. 258	18. 585
		20-40	15. 558	17. 535
		40-60	15. 557	13. 343
		60-80	19. 6	20. 276
labour-billon	amont	0-20	16. 376	17. 052
		20-40	15. 181	15. 038
		40-60	14. 975	8. 004
		60-80	17. 701	18. 383
	aval	0-20	16. 609	18. 825
		20-40	14. 938	15. 705
		40-60	16. 073	13. 708
		60-80	18. 174	18. 807
billon clois	amont	0-20	17. 155	17. 316
		20-40	16. 902	15. 116
		40-60	15. 881	13. 154
		60-80	18. 948	18. 628
	aval	0-20	16. 942	16. 179
		20-40	16. 448	16. 943
		40-60	18. 694	14. 903
		60-80	20. 029	18. 884
témoin pays	amont	0-20	14. 122	15. 75
		20-40	14. 132	14. 125
		40-60	14. 83	14. 034
		60-80	18. 012	18. 162
	aval	0-20	14. 97	15. 91
		20-40	12. 848	14. 04
		40-60	14. 77	12. 06
		60-80	17. 248	16. 946

Tableau 17 de mesures du 21, 22/07/98 (fact1 = état de surface ou traitement ; fact2 = station ; fact3 = profondeur)

- effet des états de surfaces sur l'humidité du sol

	S. C. E	DDL	Carrés moyens	Test F	Proba	E. T.	C. V	Appréciations
Var totale	387. 09	79	4. 90	7. 42				
Var fact1	61. 27	4	15. 32	0. 24	0. 0002			HS
Var fact2	0. 50	1	0. 50	25. 64	0. 6319			NS
Var fact3	158. 91	3	52. 97	1. 48	0. 0000			HS
Var fact1*2	12. 25	4	3. 06	1. 95	0. 2252			NS
Var fact1*3	48. 32	12	4. 03	0. 44	0. 0578			NS
Var fact2*3	2. 71	3	0. 90	0. 78	0. 7314			NS
Var fact1*2*3	19. 33	12	1. 61	1. 57	0. 6679			NS
Var blocs	3. 24	1	3. 24		0. 2154			NS
Var résiduelle	80. 56	39	2. 07			1. 44	8. 7%	

Tableau 18 : analyse de variance (fact1 = état de surface ou traitement ; fact2 = station ; fact3 = profondeur)

L'analyse de variance indique des différences hautement significatives (HS) au seuil de 5% entre certains facteurs étudiés.

Le test de NEWMAN-KEULS sépare les moyennes en plusieurs groupes homogènes

Pour le facteur traitement (ou état de surface), le test donne la répartition suivante :

F1	Libellés	Moyennes	groupes homogènes
1	<i>Stylosantes</i>	17. 59	A
4	billon cloisonnés	17. 01	A B
2	cordons pierreux	16. 97	A B
3	labour-billonnage	15. 99	B C
5	témoin paysan	15. 12	C

tableau 19 : test de NEWMAN-KEULS pour le facteur état de surface

Pour le facteur profondeur, le test donne la répartition suivante des moyennes

F3	Libellés	Moyennes	Groupes homogènes
4	60-80	18. 73	A
1	0-20	16. 73	B
2	20-40	15. 69	C
3	40-60	15. 00	C

tableau 20 : test de NEWMAN-KEULS pour le facteur profondeur.

Discussion

Les différents tests statistiques nous permettent de dire qu'en ce qui concerne les facteurs traitement et profondeur, les effets sur l'humidité du sol sont hautement significatifs au seuil de 5%. En effet le test de NEWMAN-KEULS - seuil 5% pour le facteur traitement, répartit les moyennes en trois groupes (A, B, C) alors que nous avons considéré cinq traitements. L'ETP, qui est réduit durant la période, et l'ETR, qui devient inférieure à l'apport d'eau, n'ont plus les mêmes effets remarquables du début de saison pluvieuse. Cette même répartition est faite pour le facteur profondeur. On n'observe pas au niveau du facteur profondeur le gradient habituel croissant de la surface vers la profondeur de l'humidité du sol ; ce gradient a tout simplement été modifié par les pluies qui ont précédé les jours de mesure. Cela nous permet de dire qu'en période humide les variabilités entre différents traitements s'atténuent.

En ce qui concerne le facteur station (amont ou aval), en période humide il ne présente pas de différence significative. En effet, avec l'abondance et la régularité des pluies, les deux stations sont régulièrement sollicitées par les eaux de pluie, l'effet ruissellement sur l'humidité du sol baisse. L'amont est presque autant mouillé que l'aval, les petites différences en faveur de l'aval sont montrées par les histogrammes de la figure 21

Durant cette période apparaissent des phénomènes ou des risques d'engorgement dûs au fait que dans certains traitements (billons cloisonnés par exemple), l'humidité excède la capacité au champ, surtout que le sol de type ferrugineux tropicaux ne draine pas assez.

Parcelles non cultivées

Prof (cm)	0-20	20-40	40-60	60-80
jachère amont	16. 364	15. 272	17. 64	24. 834
jachère aval	16. 096	16. 652	19. 826	21. 753
sol nu amont	8. 801	11. 259	14. 503	17. 369
sol nu aval	10. 145	9. 566	13. 972	16. 105

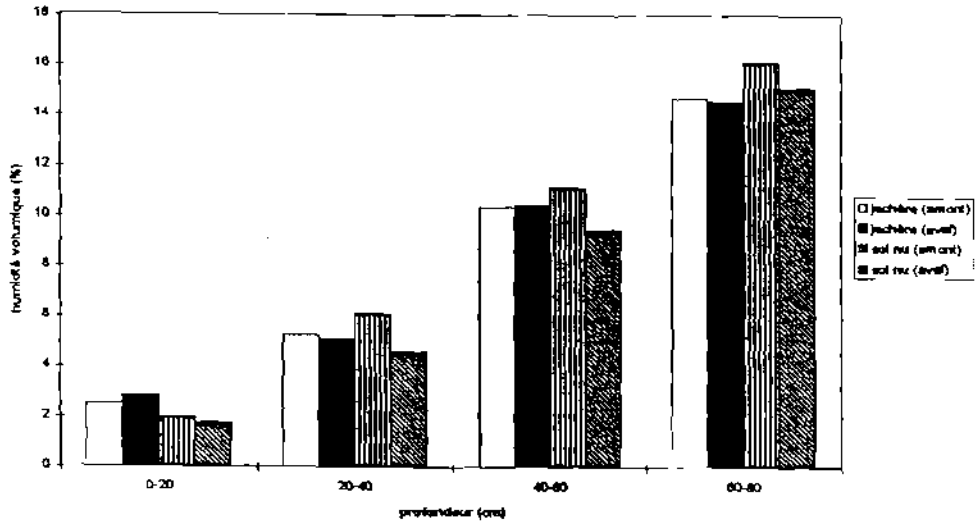
Tableau 21 : résultats d'humidité du 22/08/98

Au niveau du bloc 31, les résultats sont matérialisés pour la période humide par (figure 21i) l'histogramme. Le gradient d'humidité de la surface à la profondeur est respecté. Cet histogramme montre une grande différence entre le sol nu et la jachère, mais les différences entre l'amont et l'aval pour chaque traitements sont atténuées voire même contrastées. On arrive au constat suivant : sur le sol nu, du fait de l'encroûtement qui défavorise l'infiltration et favorise le ruissellement (en amont comme en aval), et dans la jachère, du fait de l'infiltration presque homogène, l'effet amont-aval sur l'infiltration est atténué. Les états de surface du sol modifient l'infiltration (CASENAVE et VALENTIN, 1989).

En effet, en période humide, la jachère absorbe les ruissellements. La présence des galeries, des chenaux et de toute sorte d'obstacles divisent les ruissellements, atténue la vitesse de l'eau ruisselante et favorise ainsi l'infiltration en amont comme en aval de la parcelle. Par contre, sur le sol nu, l'encroûtement superficiel le long de toute la parcelle constitue un grand obstacle à l'infiltration ; il concentre les ruissellements et favorise en même temps leur force érosive.

L'abondance et la régularité des pluies satisfont l'ETR, et le sol est constamment mouillé. Cela a le mérite non seulement de mettre en évidence les traitements qui conservent le plus l'eau du sol, mais aussi de rapprocher les différentes techniques entre elles. Les autres facteurs de la répartition de l'eau dans le sol (gradient amont-aval par exemple) voient baisser leurs effets.

21j: Humidité volumique jachère - sol nu, bloc 31, 30/11/98

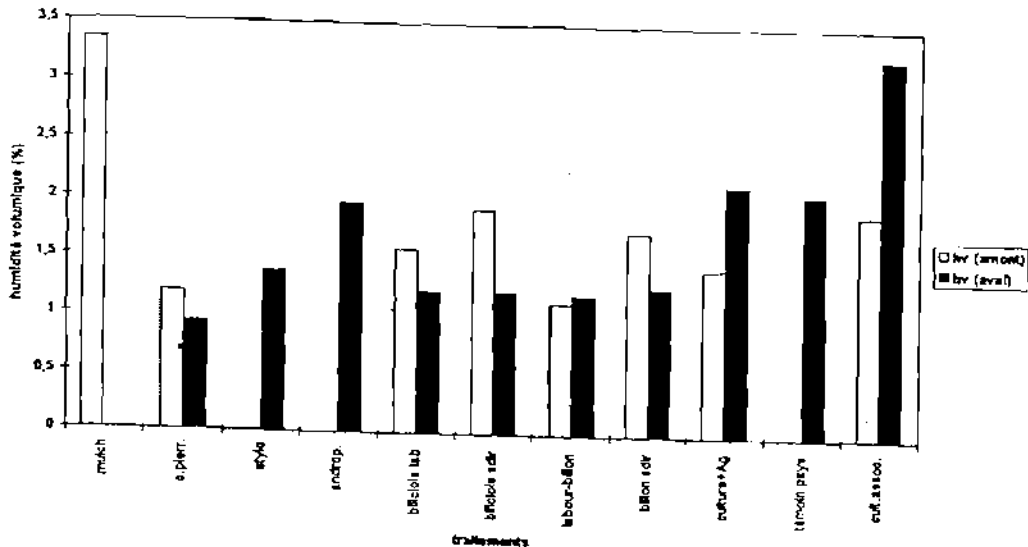


3-2-3 Date du 30 novembre 1998

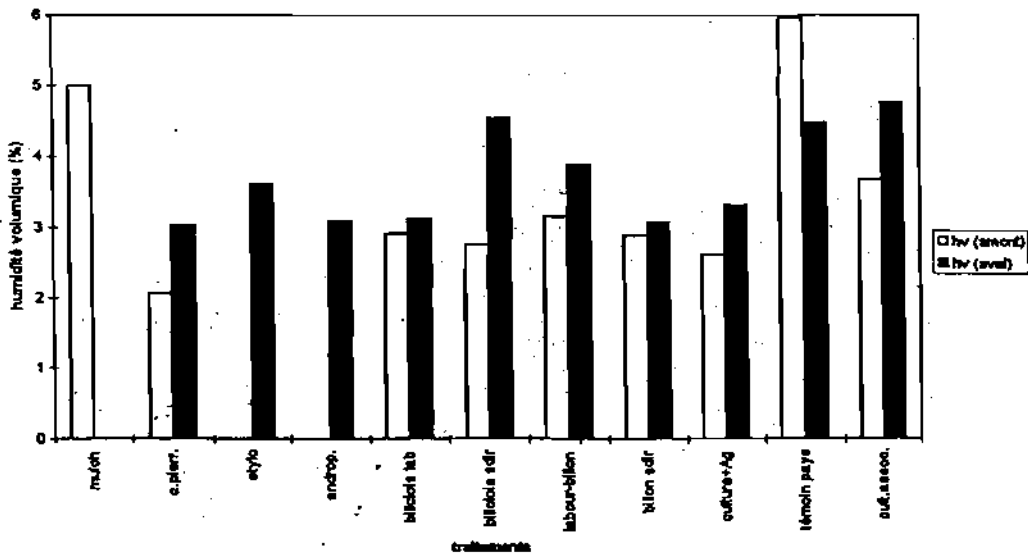
Parcelles cultivées

Les histogrammes (22a, 22b, 22c, 22d) de la figure 22 nous montrent la répartition de l'eau dans le sol. Le gradient est plus que jamais croissant de la surface vers la profondeur (nous avons là un profil de dessiccation) et l'effet amont-aval est en général respecté. La différence entre les traitements est significative.

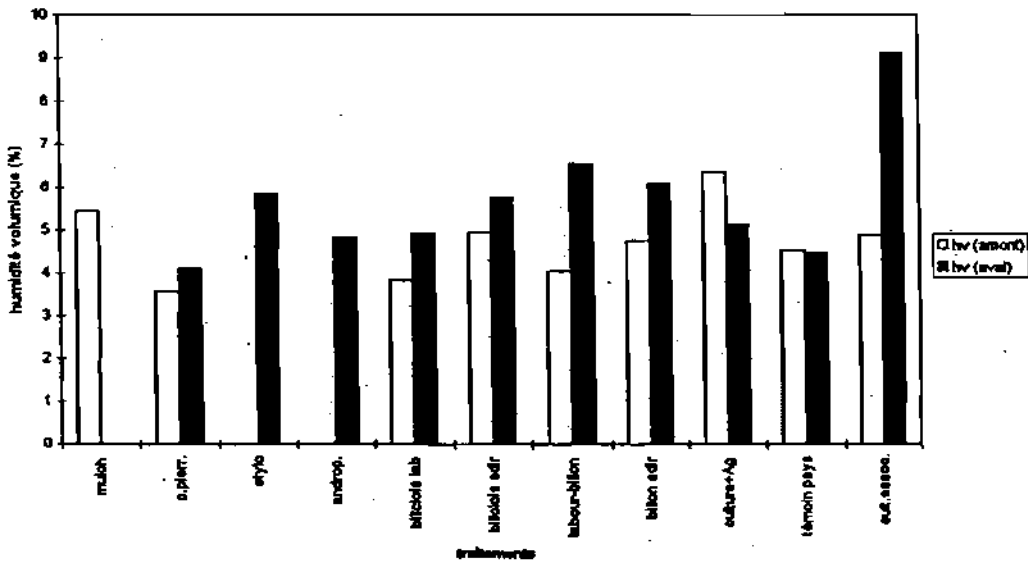
22a : Humidité volumique, bloc bas (prof. 0-20 cm), 30/11/98



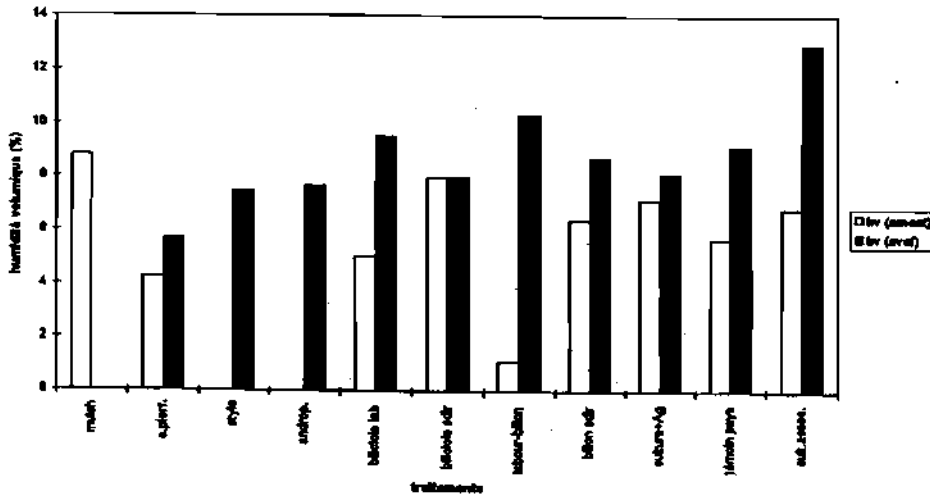
22b: Humidité volumique, bloc bas (prof. 20-40 cm), 30/1/98



22c : Humidité volumique, bloc bas (prof. 40-60 cm), 30/1/98



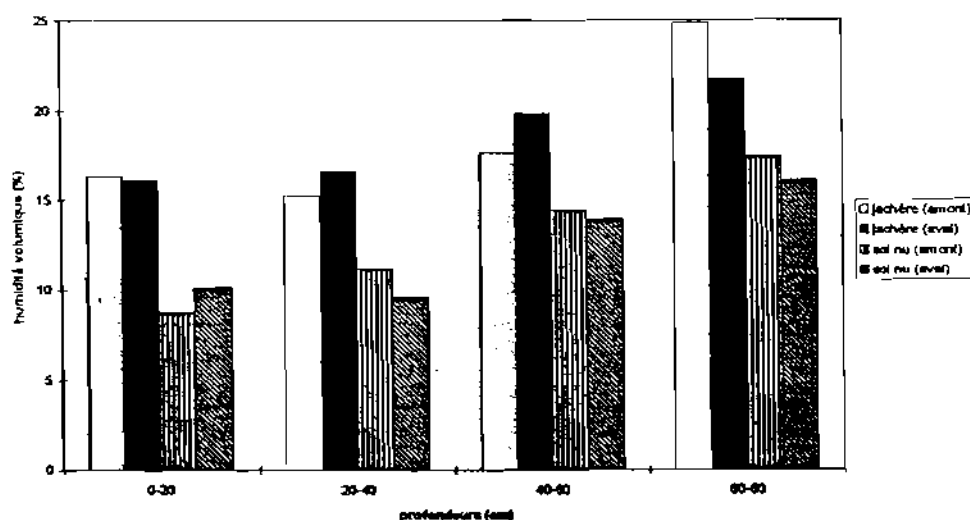
22d : Humidité volumique, bloc bas (prof. 60-80 cm), 30/1/98



Parcelles non cultivées

L'histogramme (figure 22e) nous montre un profil de dessiccation typique avec des variations notoires de l'humidité volumique tout le long du profil hydrique. De la surface du sol vers les profondeurs on remarque une accumulation croissante de l'eau. Le fait marquant dans ce histogramme, c'est qu'il n'y a pas de différences significatives entre le sol nu (impluvium) et la jachère. Cet état d'équilibre serait dû à l'évapotranspiration maximale qui est très forte dans la jachère en cette période de sécheresse. Par contre le sol nu atténue l'évapotranspiration (PONTANIER, 1982).

22e - Humidité volumique jachère - sol nu, bloc 31, 22/08/96



Conclusion

L'humidité du sol est sous l'influence de différents facteurs qui sont :

- la pluviométrie (période sèche ou humide) : dont la présence améliore l'humidité du sol et dont l'absence peut causer la sécheresse ;
- les traitements (états de surface) : leurs effets des états découlent d'une part du taux d'infiltration et d'autre part de la façon dont la surface du sol est capable de s'opposer à la demande atmosphérique c'est à dire à minimiser l'évapotranspiration ;
- la pente ou station (amont et aval) : lorsqu'il est important, il peut être la cause de sécheresse en amont de la parcelle. Son absence est la cause de l'engorgement potentiel surtout lorsque le drainage interne n'est pas bien assuré, par exemple dans le cas des sols ferrugineux tropicaux. En l'absence d'un bon drainage interne, l'équilibre entre le taux de ruissellement et d'infiltration devrait assurer une bonne repartition de l'humidité dans le sol.
- profondeur du sol : son effet dépend aussi de la période de mesure. En période de sécheresse par exemple, l'humidité du sol se concentre en profondeur (profil de dessiccation) et ne devient disponible que pour les graminées perennes et les arbustes et arbres. En saison humide du fait de l'abondance et la régularité des pluies les variations entre amont et aval sont atténuées et le profil hydrique dépend de l'importance des pluies qui précède la mesure ;
- les facteurs tels que l'ETP, l'ETR ont aussi un effet sur l'humidité du sol surtout en saison sèche. Leurs effets dépendent aussi de l'abondance des pluies.

L'humidité du sol est un paramètre qui n'est pas statique. De façon naturelle pour un même sol, elle varie avec les précipitations atmosphériques, la pente et les états de surface du terrain considéré. Cette humidité est susceptible de varier si l'on modifie les effets de certains facteurs tels que la pente et les états de surface.

Certaines techniques de culture maintiennent un profil humide régulier (mulch), d'autres augmentent tout simplement le bilan d'infiltration (billons cloisonnés) Mais l'amplitude de ces variations dépend de la période c'est-à-dire qu'elle n'est pas la même en période sèche ou en période humide.

3-3 Approche dynamique

3-3-1 Evolution de l'humidité par rapport à la réserve facilement utilisable

Les graphiques de la figure 23 (a, b, c, d, e, f, g) nous donnent l'évolution de la teneur en eau du sol (par technique de culture, et par profondeur) par rapport à la capacité au champ (pF2. 5) et point de flétrissement (pF4. 2). Les mesures d'humidité sont réalisées tous les cinq jours, du 15/06 au 30/11/98.

Fig 23a : Mesures humidité volumique horiz. 0-20 cm. Site lamine 1998

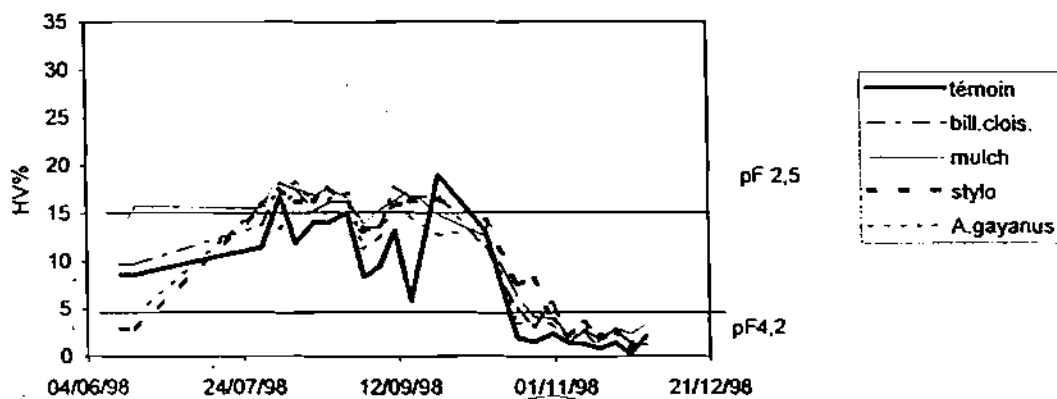


Fig 23b : Mesures humidité volumique horiz. 20-40 cm. Site lamine 1998

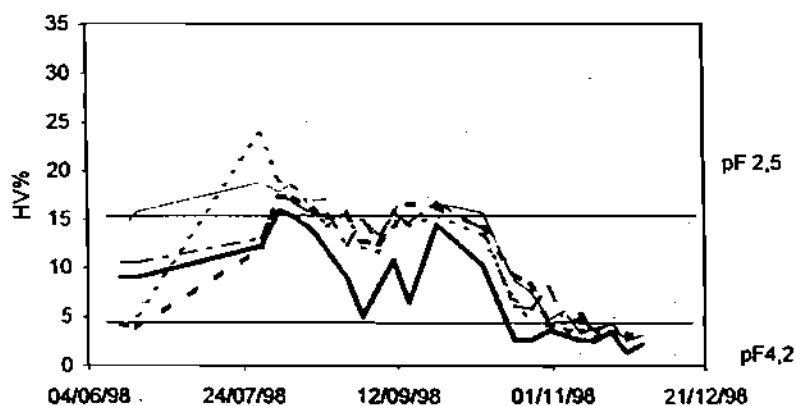


Fig 23c: Mesures humidité volumique horiz. 40-60 cm. Site lamine 1998

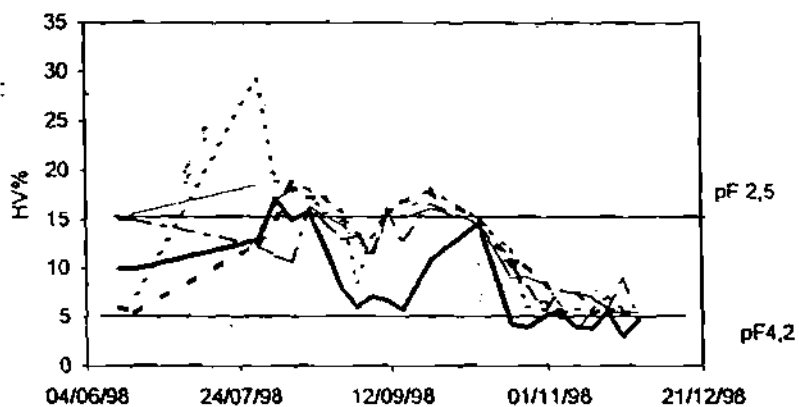


Fig 23d: Mesures humidité volumique horiz. 60-80 cm. Site lamine 1998

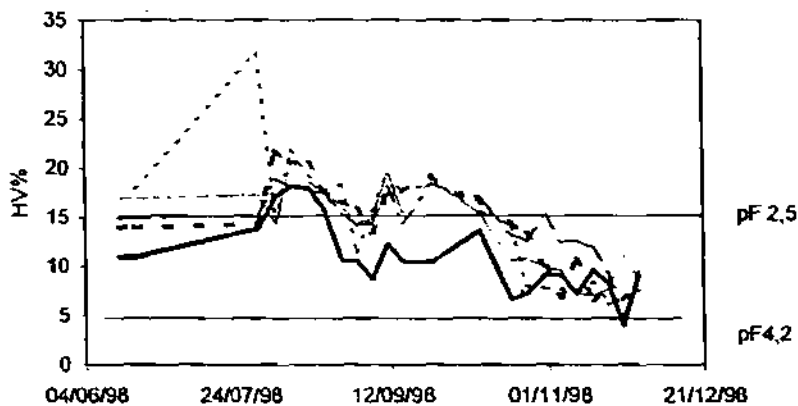


Fig 23e: Stock hydrique total (mm) lamine 98 bloc bas 0-80 cm

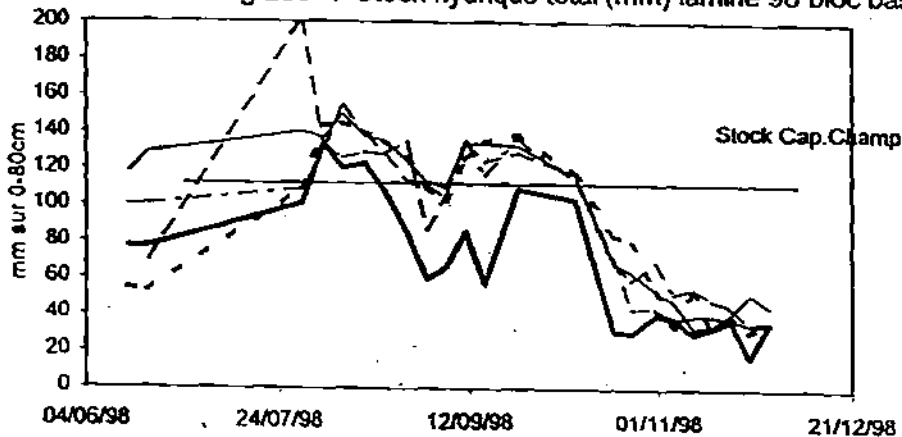
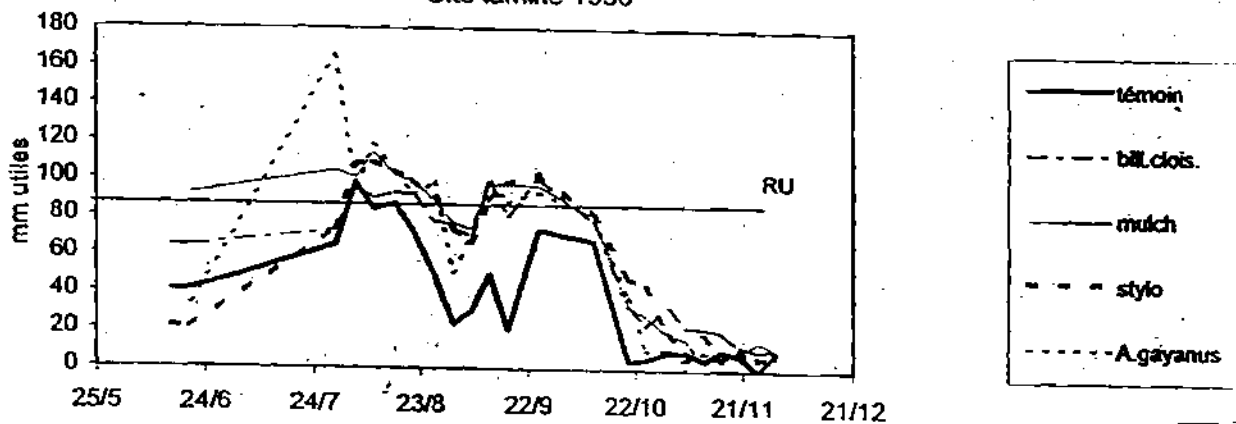


Fig 23f: Mesures stock hydrique utile (HV%_{pF4,2}) horiz. 0-80 cm. Site lamine 1998



La première observation est l'évolution de la teneur en eau du sol et la deuxième observation est la disponibilité en eau pour la plante selon la réserve facilement utilisable pour chaque technique de culture au cours de la période pluvieuse. La première observation a fait l'objet d'une analyse dans les paragraphes précédents. Nous allons aborder dans ce paragraphe l'analyse de la seconde observation qui nous permettra d'appréhender l'évolution de la disponibilité de l'eau pour les plantes pour chaque traitement.

PROFONDEUR DE 0-20 CM (fig 23a)

*** Période du 15 juin au 27 juillet 1998 (période sub-humide) :**

La plupart des traitements présentent une humidité volumique en dessous de la réserve facilement utilisable, sauf pour le mulch. Certaines raisons peuvent être avancées :

- la demande climatique (ETP) qui est supérieure à la pluviométrie moyenne pendant cette période ne permet pas l'accumulation de l'eau dans le sol sauf au niveau du mulch où la paille protège le sol de l'action du climat ;

- l'ETR, bien que négligeable vu le faible développement racinaire (plantes cultivées), a un effet sur l'eau du sol, car la consommation d'eau du sol par les racines de *Stylosanthes* ou d'*Adropogon* par exemple tarit celle-ci.

*** Période du 28 juillet au 15 octobre 1998 (période humide) :**

L'humidité sous la plupart des traitements est supérieure à la capacité au champ (excepté le témoin paysan) sauf pendant la poche de sécheresse située entre le 7 et le 14 septembre. Sous le témoin paysan l'humidité est très inférieure à la RFU de façon générale. Etant donné que nous sommes en période humide, cet état de chose peut être dû au ruissellement, car les billons dans le sens de la pente sont autant de petits canaux qui concentrent l'eau et l'évacuent en aval tout en défavorisant l'infiltration qui est le paramètre principal de la concentration de l'eau dans le sol.

La légère baisse de l'humidité sous *Andropogon gayanus* peut être le fait de la consommation d'eau par ses abondantes racines.

*** Période 15 octobre au 30 novembre 1998 (période post-humide) :**

Durant cette période l'humidité du sol sous tous les traitements est inférieure à la RFU, car elle avoisine le point de flétrissement (pF4. 2). Le bilan est très négatif du fait de l'évaporation.

PROFONDEUR DE 20-40 CM (fig 23b)

*** Période du 15 juin au 27 juillet 1998 (période sub-humide) :**

Durant cette période, en dehors du mulch tous les traitements présentent une humidité inférieure à la RFU. Les mêmes raisons énumérées pour la profondeur 0-20 cm peuvent expliquer cet état de chose.

*** Période du 28 juillet au 15 octobre 1998 (période humide) :**

Pendant cette période, en dehors de la poche de sécheresse, tous les traitements présentent une humidité supérieure à la RFU sauf le témoin paysan qui, malgré la pluviométrie supérieure à l'ETP garde une humidité inférieure à la RFU de façon globale. On pourrait penser que le ruissellement est la cause principale de ce fait car dans les autres traitements il n'y a pas de ruissellement.

*** Période 15 octobre au 30 novembre 1998 (période post-humide) :**

Les mêmes observations faites sur la profondeur de 0-20 cm sont valables pour l'horizon 20-40 cm

PROFONDEUR DE 40-80 CM (fig 23c et 23d)

Les mêmes remarques faites au niveau des horizons supérieurs restent valables pour l'horizon 40-80 (40-60 et 60-80) pendant les différentes périodes. Le ruissellement et l'ETR restent les principaux facteurs qui agissent sur l'humidité du sol et conditionnent son infériorité ou sa supériorité par rapport à la RFU.

Conclusion

De ces observations, il ressort que certains traitements tels que le mulch, les billons cloisonnés et le *Stylosanthes* suivi de l'*Andropogon* concourent à maintenir une bonne humidité du sol par rapport au témoin.

3-3-2 Evolution du stock hydrique

Evolution du stock hydrique totale (23e)

Les variations du stock hydrique total observées montrent des évolutions contrastées entre le témoin et les autres traitements. Le témoin atteint rarement la capacité au champ moyenne. Ce qui pourrait signifier deux choses : soit le ruissellement réduit fortement le bilan d'eau, soit les caractéristiques de cette station sont différentes.

Evolution du stock hydrique utile (23f)

Lorsqu'on regarde la courbe 23f, on remarque que l'*Andropogon gayanus* (Ag) et le mulch sont les seuls traitements à dépasser la barre de la RU peu après le début de la période pluvieuse jusqu'au 27/7/98. La croissance de l'humidité du sol est considérable en juillet pour l'*Andropogon*. Cela est dû à la capacité de l'*Andropogon* d'infiltrer les moindres ruissellements entrants. En septembre, la petite poche de sécheresse fait baisser l'humidité en dessous de la Ru pour tous les traitements. Cette baisse est plus marquée pour L'Ag (à cause de l'ETR qui est forte) et pour le témoin qui avoisine le même le pF4. 2). L'apport d'eau par les précipitations ne fait pas augmenter l'humidité dans le témoin qui reste toujours en dessous de la RU au delà du 15/10/98. La question est de savoir si une telle décroissance est simplement due au ruissellement ou à certaines hétérogénéités?

Conclusion

Au regard de ces figures, il ressort que seule la RU donne une bonne indication du stock hydrique du sol pour les plantes, que seule elle peut renseigner sur la sécheresse réelle du sol. Afin de départager les deux solutions (effet majeur du ruissellement et effet stationnel), une simulation du bilan d'eau est nécessaire, ainsi qu'une analyse plus fine des caractères du sol.

3-3-3 Modèle de bilan d'eau

A l'aide du logiciel de simulation BIPODE (J. R. A. T, 1990), nous avons essayé de simuler l'évolution de la quantité d'eau dans le sol. Ce logiciel fonctionne de la manière suivante.

Considérons une quantité d'eau utile R_0 à peu près nulle au sortir de la saison sèche (la seule eau du sol étant l'eau fortement liée et l'eau de constitution), la quantité d'eau utile (R_t) en un temps donné est donnée par la relation $R_t = R_{t-1} + \text{Var stock}$. Cette variation de stock est donnée par la relation :

$\text{Var stock} = [(P_t + \text{Run-on} + \text{Rem-cap}) - (\text{ETR} - \text{Dr} - R)]$, avec

- P_t = pluie,
- Run-on = apports d'eau de surface,
- Rem-cap = remontée capillaire,
- Dr = drainage,
- R = ruissellement,

Le Run-on est nul à cause du caractère fermé de la parcelle, et considérons la Rem-cap comme nulle en fin de saison sèche et en saison humide.

Mesures et simulations du bilan hydrique de la parcelle « billons cloisonnés »

Dans cette parcelle il n'y a pas de ruissellement, le taux d'argile est de 8%, la $R_u = 85$ mm, la capacité au champ est de 130 mm, et le pF4.2 est de 45 mm sur 80 cm de sol. Il ressort de la figure 24a deux périodes, il s'agit des périodes allant du début des pluies jusqu'au 5 août et du 5 août jusqu'au 7 octobre 1998.

- pendant la première période, dès que la quantité d'eau simulée dans le sol dépasse la RU, il y a drainage (du 28/4 au 25/7/98), dans le cas contraire il y a réduction de stock ; en cas d'égalité rien ne se passe, les trois points mesurés correspondent à la courbe simulée ;
- pendant la seconde phase (du 30/7 au 28/9/98), la quantité d'eau dans le sol excède souvent la RU, nous sommes en conditions d'engorgement. Du 23/8 au 10/9/98, l'eau du sol diminue, alors que le drainage reste très lent bien que le coefficient cultural appliqué en août - septembre soit élevé (1. 2), le sol reste en grande partie engorgé. Le modèle ne prend pas en compte, le phénomène d'engorgement (drainage ralenti).

Mesures et simulations du bilan hydrique de la parcelle « témoin paysan »

En mai/juin/juillet, pour maintenir l'humidité au niveau des points de mesure, on est obligé de considérer une RU plus faible (65 mm) correspondant à un taux d'argile légèrement plus faible (6%). Ici encore (figure 24b, page 100), on observe deux périodes, l'une allant du début des pluies à la date du 30/7/98 et l'autre du 9 août au 18 octobre 1998.

- pendant la première période, le ruissellement excède le drainage qui n'apparaît que lorsque le stock simulé excède la RU, le modèle colle aux mesures ;
- pendant la deuxième période, le stock mesuré dépasse la RU entre le 9/8 et le 29/8. Nous sommes là en condition d'engorgement malgré le ruissellement. Mais cette courte période est suivie par une chute important et brutale du stock mesuré. La seule hypothèse valable est un drainage différé de l'excédent hydrique enregistré début août : le profil s'est asséché à la fois par en haut (1. 2ETP) et par en bas (drainage différé des horizons 40-60) conduisant en peu de temps à une faible humidité du profil. On retrouve le même phénomène (vidange différée + assèchement rapide) début octobre.

3-3-4 Satisfaction des besoins en eau dans les deux parcelles

Cette figure 24c qui donne au cours du temps le rapport ETR/ETM, nous permet de voir la parcelle dans laquelle les besoins en eau des plantes ne sont pas satisfaites pendant une période donnée. Au regard de la figure on peut déjà remarquer que le témoin paysan est plus sujet à l'assèchement. Cela peut s'expliquer en dehors de tous les autres facteurs par le ruissellement mais aussi par une RU plus faible sur cette station. Bien que ces deux parcelles soient légèrement différentes l'une de l'autre sur le plan RU, on peut essayer de comparer leurs fonctionnements.

En ce qui concerne l'engorgement et sa durée, on peut dire qu'elle est plus prononcée dans la parcelle "billons cloisonnés". Ensuite on peut aussi remarquer que la sécheresse arrive plus vite dans le "témoin". Le ruissellement permet de réduire le drainage et donc la durée de l'engorgement.

Limite du logiciel de simulation BIPODE

Ce logiciel a le mérite de nous donner une bonne indication sur le bilan hydrique du sol pendant les périodes sans drainage important. Mais on peut lui reprocher le fait qu'il ne tient pas compte de l'engorgement et du drainage différé lorsque le sous sol est déjà humecté par les premiers, phénomène particulièrement important dans les sols à structure peu marquée et mal drainés comme le sont les sols ferrugineux tropicaux.

Figure 24a Mesures et simulations bilan hydrique de la parcelle "billons cloisonnés 1998"

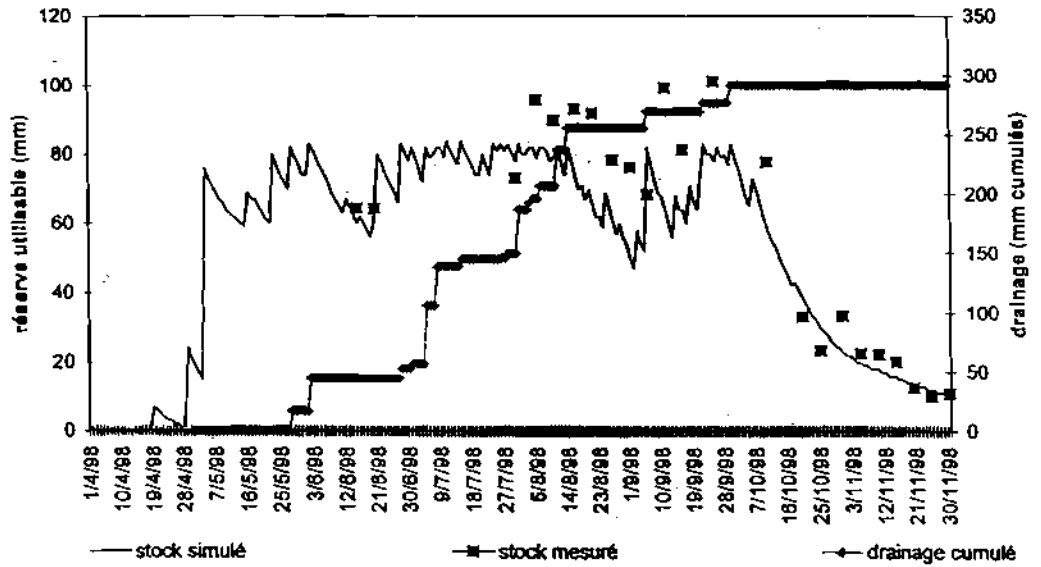
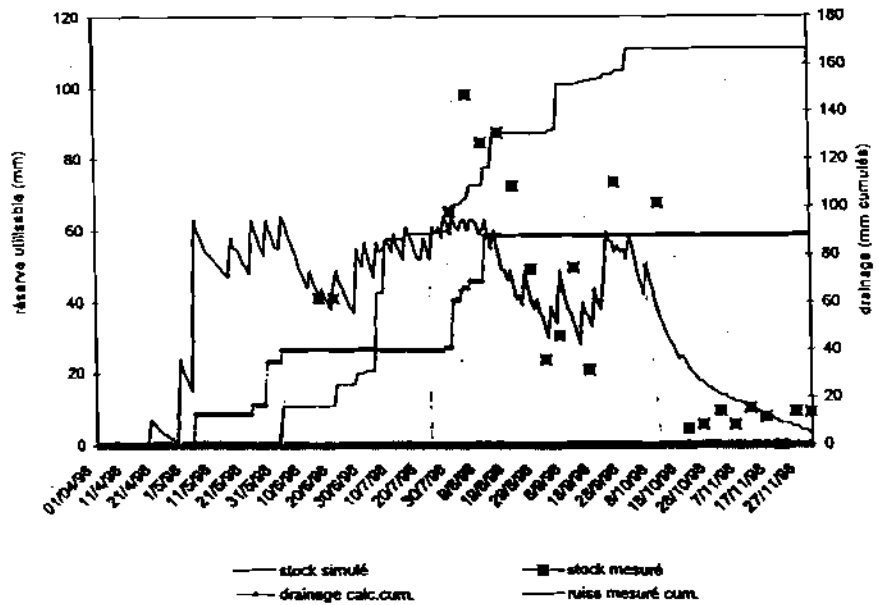
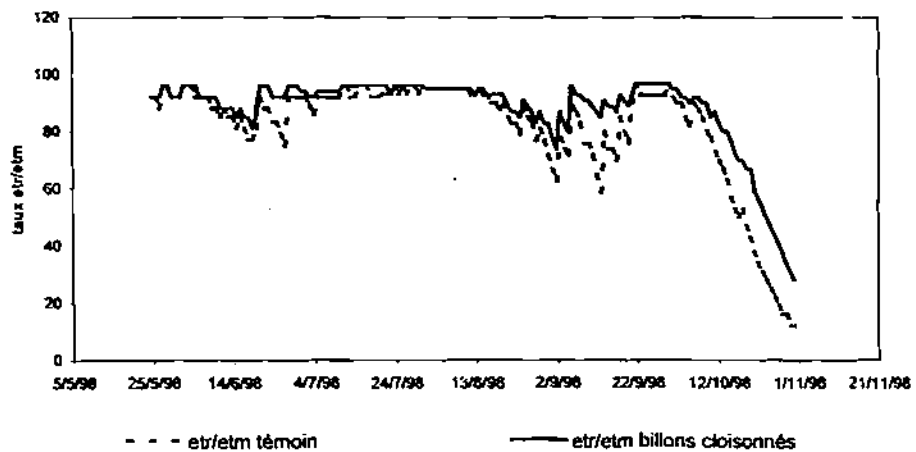


Figure 24b Mesures et simulations bilan hydrique de la parcelle "témoin paysan 1998"



24c.

Figure satisfaction des besoins en eau dans les parcelles témoin 98



4 Les profils culturaux

4-1 Description (voire annexes)

4-2 Enracinement

Bloc haut (maïs)

traitement	profondeur (cm)				
	0-15	15-30	30-40	40-60	60-80
nbre racines/m ²					
témoin pays	7.09	6.65	5.145	2.035	2.46
cordon pier	5.33	3.85	3.565	2.09	1.68
mulch	6.43	10.55	6.92	6.83	2.97
Stylosanthes	17.27	14.2	11	7.76	5.87
bande Ag	23.04	6.13	5.3	3.62	2.98
sdir anc billon	2.81	2.44	1.4	1.495	0.83
labour-billon	4.635	4.602	3.035	1.933	1.36
bil cloisonnés	5.635	3.57	1.87	1.495	1.06
anc bil clois	5.015	4.385	2.76	2.345	1.44

Tableau 22 : nombre de racines par dm², bloc haut (maïs)

Bloc bas (coton)

traitements	profondeur (cm)				
	0-15	15-30	30-40	40-60	60-80
témoin pays	7.225	7.6	6.71	2.055	1.45
cordon pier	4.72	2.52	3.07	2.705	2.695
mulch	6.43	6.58	4.42	6.2	4.43
Stylosanthes	13.79	7.85	5.84	5.78	5.13
bande Ag	29.21	13.08	10.3	4.76	4.17
sdir anc billon	6.065	8.065	9.27	2.19	1.35
labour-billon	5.785	5.245	5.305	3	2.24
bil cloisonnés	6.58	6.875	7.405	2.43	1.785
anc bil clois	10.34	8.98	6.105	2.805	1.295
culture asso	6.725	7.415	7.105	2.465	1.75

Tableau 23 : nombre de racines par dm², bloc bas (coton)

Sol nu - jachère

traitements	profondeur (cm)				
	0-15	15-30	30-40	40-60	60-80
jachère	17.12	5.88	0.92	0.16	0
sol nu	0	0	0	0	0

Tableau 24 : nombre de racines par dm², bloc 31**Discussion**

Dans les parcelles cultivées comme dans les jeunes jachères (2 ans), ces résultats montrent que, les 40 premiers centimètres sont les plus colonisés. En ce qui concerne les cultures, les résultats visuels montrent que certains traitements sont plus enracinés (témoin, billons cloisonnés pour les deux cultures) que les autres (cordons pierreux pour les deux cultures). Les plus faibles enracinements se retrouvent à partir de 60 cm, car nous sommes dans la zone d'hydromorphie et de forte résistance au poinçonnement.

Le plus fort enracinement est observé dans les jeunes jachères surtout dans l'*Andropogon*. La variation entre les deux sites en ce qui concerne les jachères peuvent être le fait de la différence des sols, de l'âge, des nutriments hérités des anciennes cultures. Dans le souci de ne pas perturber les états de surface qui influent sur l'infiltration, le ruissellement et l'érosion, nous avons ouvert les profils peu avant les récoltes. Ce qui fait que lors du comptage des racines dans les parcelles cultivées par exemple, certaines étaient pourries. Cela pourrait être source d'erreur

4-3 poinçonnement ou résistance à la pénétration (exprimée en kg/cm²)

Bloc haut (maïs)

traitements	profondeur (cm)				
	0-15	15-30	30-40	40-60	60-80
témoin pays	1.345	1.725	1.725	2.345	9.34
cordon pier	1.295	1.765	1.765	1.765	1.92
mulch	0.28	0.18	2.15	0.63	0.84
Stylosanthes	1.32	1.65	2.86	1.47	2.23
bande Ag	2.01	2.64	2.64	2.86	2.86
sdir anc billon	1.44	1.585	1.99	1.99	5.54
labour-billon	1.375	1.64	1.95	1.95	5.525
bil cloisonnés	1.27	1.61	1.34	2.065	4.28
anc bil clois	1.2	1.545	1.28	2.28	3.633

Tableau 25 : poinçonnement bloc haut

Bloc bas (coton)

traitements	profondeur (cm)				
	0-15	15-30	30-40	40-60	60-80
témoin pays	1.42	1.82	2.3	2.325	2.325
cordon pier	1.295	1.285	7.45	7.45	7.45
mulch	1.20	1.60	2.15	2.15	2.15
Stylosanthes	1.36	1.63	2.07	2.07	2.07
bande Ag	1.25	1.6	2.05	2.05	2.05
sdir anc billon	1.455	1.49	1.98	1.98	1.985
labour-billon	1.45	1.655	7.375	7.375	7.375
bil cloisonnés	1.215	1.3	1.82	1.82	1.82
anc bil clois	1.035	1.399	1.675	1.675	3.72
culture asso	1.335	1.94	8.645	8.645	10.035

Tableau 26 : poinçonnement bloc bas

Bloc 31

traitements	profondeur (cm)				
	0-15	15-30	30-40	40-60	60-80
jachère	0.80	1.67	1.89	2.1	2.1
sol nu	11.55	15.8	22	24.2	26.4

Tableau 27 : poinçonnement bloc 31

Les tableaux ci-dessus des pages précédentes présentent les valeurs moyennes du poinçonnement par traitement et par profondeur. Ces valeurs ont été mesurées dans les conditions d'humidité de 8 à 10%. On peut constater que ces valeurs sont croissantes de la surface vers la profondeur quelque soit le traitement. Les plus fortes valeurs sont celles de l'impluvium, les plus faibles sont celles des cultures et des jachères. Dans l'horizon 0-20 les plus faibles valeurs sont celles des vieilles jachères. Ce poinçonnement est aussi tributaire des micro-hétérogénéités. On peut penser qu'une jachère de 2 ans n'améliorent pas de façon perceptible la compacité du sol, mais les fortes valeurs observées au niveau de *l'Andropogon* (2 ans) peuvent être le fait d'hétérogénéité.

5 Elaboration du rendement

Le rendement peut être analysé en composantes, qui se sont mis en place à des moments différents du cycle. Leur examen séparé permet de repérer les phases de la culture au cours desquelles une partie du rendement est perdue.

Pour le maïs, classiquement nous avons trois phases selon NEY (1990) :

- une phase végétative correspondant à toute la période avant la floraison VEG,
- une phase reproductrice correspondant à la floraison et fécondation REP.

- une phase de maturation initiée dès le début du remplissage des grains MAT

A ces phases une autre peut être ajoutée correspondant à la définition de la densité du peuplement - phase d'installation (INS).

5-1 Les composantes du rendement

- Le maïs

Le rendement (RDT) du maïs est analysé comme un produit de composantes qui se déterminent successivement dans le cycle. NAVARRO (1983) et FLEURY (1991), proposent 3 composantes :

- le nombre de plantes/ha NP,
- le nombre de grains/plantes NGP ;

(ou encore exprimé par le nombre de gains/épis x le nombre d'épis/plantes NGE x NEP) ;

- Le poids moyen d'un grain PG.

Selon ces auteurs le rendement peut donc s'écrire $RDT = NP \times NGP \times PG$.

Pour la variété de référence SR22, le schéma ci-après (NEY, 1990) présente la correspondance entre les composantes et les différentes phases que l'on peut proposer (figure 25).

PHASES PHYSIOLOGIQUES DE LA VARIETE DE REFERENCE SR22

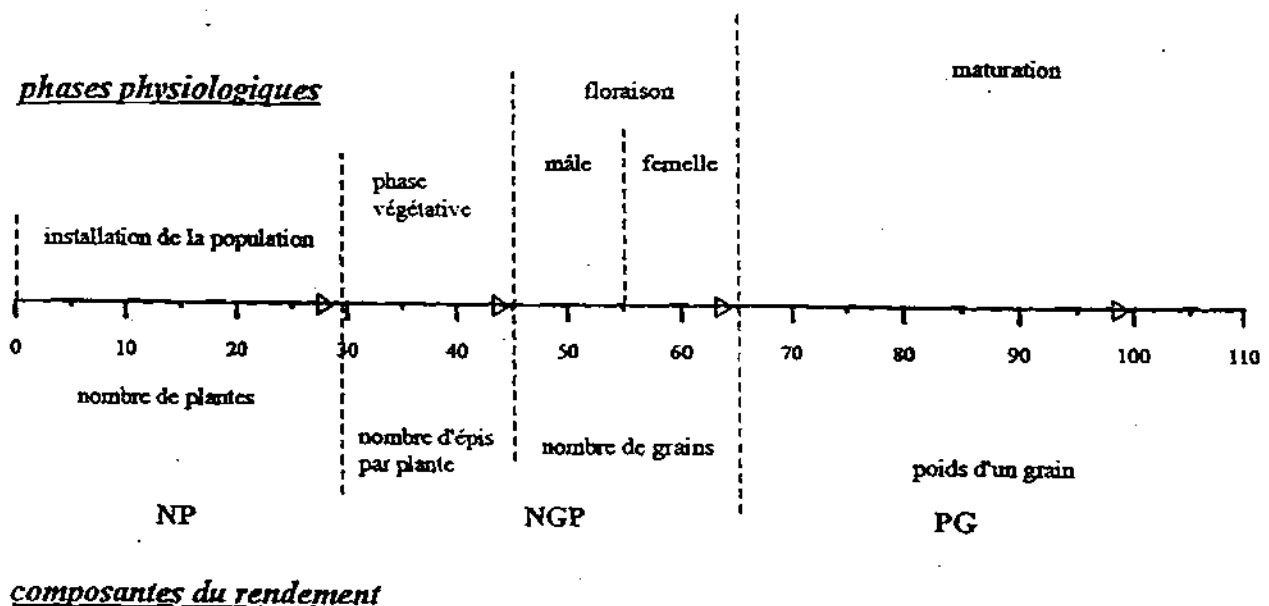


figure 25 : phases physiologiques et composantes du rendement

- Le coton

En ce qui concerne le coton, les mêmes phases se retrouvent dans le cycle de façon générale.

5-2 Les récoltes

Les épis, les capsules et la paille récoltés dans les parcelles sont pesés à l'état frais sur le terrain. Conditionnés dans des sacs numérotés, ils sont envoyés au labo de l'IRD Bobo où ils sont passés à l'étuve pour séchage à 85°C pendant 72 heures. Pour le maïs après battage et vannage, on pèse le poids des grains. Pour le coton, les graines sont delintées. On pèse la capsule, la fibre et la graine nue.

5-3 Calcul du rendement

Pour le maïs, le rendement est décomposable par la formule :

Rendement = nombre de pieds /ha x taux de pieds fertiles x nombre d'épis/pieds fertiles x nombre de grains/épis x poids d'un grain

Pour le coton le rendement est décomposable par la formule :

Rendement = nombre de pieds/ha x taux de pieds fertiles x nombre de capsules/pied x poids moyen capsulaire.

5-4 Calcul du taux de réalisation du rendement

Etant donné que nos deux répétitions sont faites de cultures différentes, nous avons calculé le taux de réalisation du rendement (Tr Rdt) pour pouvoir comparer les effets globaux de différents traitements sur l'ensemble de la rotation coton-maïs. Ce taux est calculé par la formule suivante :

$$\text{Tr Rdt} = \text{rendement mesuré de la station} / \text{rendement moyen de la culture}$$

Le tableau ci-après donne les résultats des récoltes de 1997 et 1998 (Rendement (Rdt) en t/ha et taux de réalisation du rendement (Tr Rdt)) en grain (pour le maïs) et capsules (pour le coton) pour chaque station.

Années	Blocs	Traitements	Stations	Rdt moyen station (t/ha)	taux de réalisation Rdt
1997	haut (coton)	témoin paysan	amont	1.005	0.83
			aval	1.087	0.89
		cordons pierreux	amont	1.194	0.98
			aval	1.224	1.01
		Ag+coton	amont	0.98	0.81
			aval	0.945	0.78
		labour	amont	0.968	0.80
			aval	1.181	0.97
		billons cloisonnés	amont	1.35	1.11
			aval	1.793	1.47
	bas (maïs)	témoin paysan	amont	2.407	1.21
			aval	2.003	1.01
		cordons pierreux	amont	0.67	0.33
			aval	0.875	0.44
Ag+coton		amont	2.781	1.40	
		aval	2.101	1.06	
labour	amont	2.158	1.09		
	aval	2.614	1.32		
billons cloisonnés	amont	2.604	1.31		
	aval	1.382	0.70		
1998	haut (maïs)	témoin paysan	amont	3.69	1.00
			aval	4.32	1.18
		cordons pierreux	amont	4.79	1.30
			aval	4.12	1.12
		Ag+coton	amont	3.18	0.87
			aval	3.11	0.85
		labour	amont	3.02	0.82
			aval	2.98	0.81
		billons cloisonnés	amont	4	1.09
			aval	3.7	1.01
	bas (coton)	témoin paysan	amont	1.167	1.03
			aval	1.022	0.90
		cordons pierreux	amont	1.265	1.11
			aval	1.561	1.37
Ag+coton (témoin paysan)		amont	1.126	1.18	
		aval	0.983	0.86	
labour (billon)	amont	0.976	0.86		
	aval	0.983	0.86		
billons cloisonnés	amont	1.179	1.04		
	aval	1.302	1.14		

Tableau 28 : taux de réalisation du rendement moyen (1997-1998)

Mise en évidence de l'effet de différents facteurs sur le taux de réalisation du rendement

Lorsque nous considérons uniquement la récolte de 1998, le test d'analyse de variance sur le taux de réalisation du rendement donne les résultats suivants.

	S. C. E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E. T	CV	APPRECIATIONS
VAR TOTAL	0.51	19	0.03					
VAR. FACT1	0.33	4	0.08	5.29	0.0183			S
VAR. FACT2	0.00	1	0.00	0.06	0.8028			NS
VAR. F1*2	0.03	4	0.01	0.51	0.7342			NS
VAR. BLOC	0.01	1	0.01	0.41	0.5421			NS
VAR. RESIDU1	0.14	9	0.02			0.13	12.3%	

Tableaux 29 : test d'analyse de variance.

Ce test sépare les moyennes en ce qui concerne le facteur traitement en deux groupes homogènes :

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
2	cordons pierreux	1.22	A
5	billons cloisonnés	1.05	A B
1	témoin paysan	1.03	A B
3	ag+culture	0.94	B
4	labour	0.84	B

Tableau30 : test de NEWMAN-KEULS pour le facteur traitement.

Discussion

Au regard de ces analyses, nous pouvons dire :

- d'une part, que le facteur traitement a un effet significatif sur le taux de réalisation du rendement. D'autres paramètres étant constants, le rendement est tributaire de la quantité d'eau dans le sol. Comme nous l'avons vu plus haut, certaines techniques de cultures accumulent plus d'eau dans le sol par rapport aux autres, et sont potentiellement portées à produire plus que les autres en cas de sécheresse ;

- d'autre part, ces tests nous montrent que certaines techniques de culture se retrouvent dans les deux groupes homogènes. Cela veut dire que les effets des uns et des autres sont peu différents.

Les traitements 1, 3 et 4 sont les traitements dans lesquels le ruissellement existe. Le fait que le labour ait moins produit sur les trois derniers traitements, alors que normalement ce serait le contraire, prouve que d'autres facteurs ont dû agir (par exemple les rongeurs,...)

Mise en évidence de l'effet des facteurs sur la variabilité inter-annuelle du taux de réalisation du rendement

	S. E. C.	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E. T	CV	appréciati ons
Var totale	2. 20	39	0. 06					
VAR. F1	0. 02	1	0. 02	0. 30	0. 5983			NS
VAR. F2	0. 14	4	0. 04	0. 54	0. 7092			NS
VAR. F3	0. 00	1	0. 00	0. 07	0. 7908			NS
VAR. F1*2	0. 67	4	0. 17	2. 56	0. 0719			NS
VAR. F1*3	0. 00	1	0. 00	0. 00	0. 9875			NS
VAR. F2*3	0. 09	4	0. 02	0. 35	0. 8423			NS
VAR. F1*2*3	0. 04	4	0. 01	0. 14	0. 9644			NS
VAR. BLOC		0. 01	10. 01	0. 11	0. 7398			NS
VAR RESIDU1	1. 24	19	0. 07			0. 26	25. 6%	

Tableau 31 : test statistique (fact1 = année, fact2 = traitement, fact3 = station amont/aval)

Discussion

Le test d'analyse de variance-seuil 5% ne permet pas de déceler les différences significatives interannuelles pour les facteurs considérés. Mais au regard des figures 26a et 26b, nous remarquons que dans la plupart des traitements, qu'il s'agisse du coton ou du maïs, la seconde année d'expérimentation (1998) a donné les meilleurs rendements comparée à la première année (1997).

La matière sèche

Années	Blocs	Traitements	Stations	Rdt station	moyen	taux de réalisation Rdt
1997	haut (coton)	témoin paysan	amont	1. 093		0. 79
			aval	0. 844		0. 84
		cordons pierreux	amont	1. 034		0. 75
			aval	1. 452		0. 89
		Ag+coton	amont	1. 059		0. 76
			aval	1. 194		0. 73
		labour	amont	1. 56		1. 13
			aval	1. 411		0. 86
		billons cloisonnés	amont	1. 706		1. 23
			aval	2. 12		1. 30
	bas (maïs)	témoin paysan	amont	3. 06		1. 04
			aval	2. 82		0. 89
		cordons pierreux	amont	0. 71		0. 22
			aval	0. 84		0. 26
Ag+coton		amont	2. 77		1. 07	
		aval	2. 70		1. 07	
labour		amont	2. 34		0. 74	
		aval	2. 5		0. 79	
billons cloisonnés		amont	3. 91		0. 74	
		aval	3. 67		1. 16	
1998	haut (maïs)	témoin paysan	amont	2. 86		1. 11
			aval	2. 97		1. 15
		cordons pierreux	amont	2. 73		1. 06
			aval	3. 06		1. 19
		Ag+coton	amont	3. 11		1. 21
			aval	3. 66		1. 42
		labour	amont	2. 29		0. 89
			aval	2. 43		0. 94
		billons cloisonnés	amont	2. 66		2. 42
			aval	2. 42		0. 94
	bas (coton)	témoin paysan	amont	1. 971		1. 12
			aval	1. 187		1. 02
		cordons pierreux	amont	2. 272		1. 29
			aval	2. 563		2. 20
Ag+coton		amont	1. 816		1. 03	
		aval	2. 172		1. 87	
labour		amont	1. 948		1. 11	
		aval	1. 325		1. 14	
billons cloisonnés		amont	1. 463		1. 68	
		aval	1. 678		1. 44	

Tableau 32 : matière sèche épigée (1997-1998)

Mise en évidence des effets de différents facteurs sur le taux de réalisation du rendement de matière sèche (1998)

L'analyse de variance en ce qui concerne la paille 1998 donne des résultats suivants :

	S. C. E.	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E. T	C. V	APPRECIATIONS
VAR TOTALE	3.37	19	0.18					
VAR F1	0.98	4	0.25	2.25	0.1437			NS
VAR F2	0.01	1	0.01	0.07	0.7927			NS
VAR F1*2	1.28	4	0.32	2.93	0.0828			NS
VAR BLOCS	0.12	1	0.12	1.13	0.3168			NS
VAR RESIDU	0.98	9	0.11			0.33	25.2%	

Tableau 33 : analyse de variance (fact1 = traitement, fact2 = station)

Discussion

Le test d'analyse de variance ne donne pas des résultats significatifs pour les facteurs considérés, bien que la production sur le terrain montre la supériorité de certaines techniques sur les autres. Mais il faut noter que cette année les termites ont été nombreux dans le champ.

Mise en évidence de l'effet des facteurs sur la variation interannuelle de la production de matière sèche

Le test d'analyse de variance donne des différences hautement significatives (HS) pour le facteur traitement.

	S. E. C.	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E. T	CV	appréciatio ns
Var totale	6.83	39	0.18					
VAR. F1	2.00	1	2.00	21.17	0.0002			HS
VAR. F2	0.94	4	0.24	2.50	0.0762			NS
VAR. F3	0.01	1	0.01	0.14	0.7095			NS
VAR. F1*2	0.73	4	0.18	1.94	0.1450			NS
VAR. F1*3	0.00	1	0.00	0.00	0.9638			NS
VAR. F2*3	0.50	4	0.12	1.32	0.2980			NS
VAR. F1*2*3	0.86	4	0.21	2.27	0.0984			NS
VAR. BLOC	0.00	1	0.00	0.02	0.8728			NS
VAR RESIDU1	1.79	19	0.09			0.31	28.2%	

Tableau 34 : analyse de variance

Le test de NEWMAN-KEULS-seuil 5% sépare les moyennes pour le facteur année en deux groupes homogènes.

Discussion

Il ressort de ces analyses (figures page 114) que le facteur année présente des différences hautement significatives. Cet effet doit être lié à la pluviométrie qui est fonction des années.

Conclusion

Au regard des différentes observations, il ressort de façon générale que les techniques de culture ont un effet sur les rendements variable suivant les années. Cet effet variable découle de la capacité de la technique de culture d'absorber les ruissellements, de combattre le gradient amont-aval et de réduire l'ETP.

Figure 26a : effet année récolte coton 97-98

□ rdt moyen 97
■ rdt moyen 98

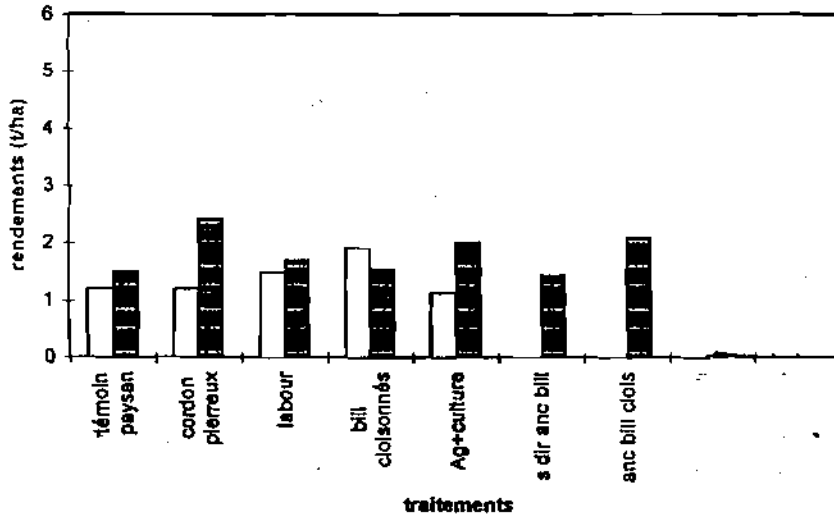
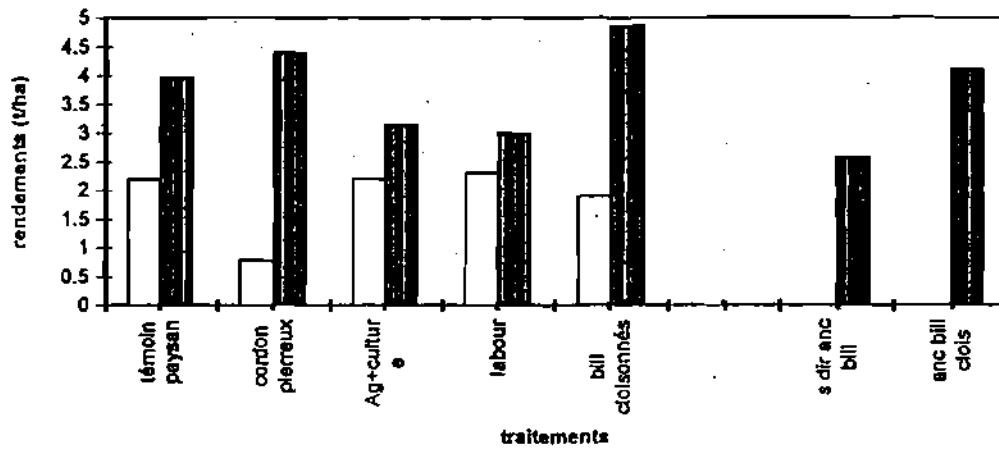


Figure 26b : effet année sur le rendement maïs (1997-1998)



CONCLUSION GENERALE

Au terme de notre travail, il ressort que le versant cultivé de Kossoghin a été fortement perturbé par l'homme à travers ses activités agricoles et pastorales. La végétation naturelle a disparue au profit des jachères de plus en plus courtes. L'extension des surfaces cultivées sur tout le versant a entraîné l'apparition des phénomènes érosifs, et de pertes d'eau par ruissellement. Dans l'ensemble on remarque une rotation cultures-jachères, cependant les bas de pente semblent acquérir peu à peu des cultures sédentaires tandis que les hauts de pente sont abandonnés. Cette mosaïque cultures/jachères joue un rôle important dans l'absorption du ruissellement (SERPANTIE, 1993). On pourrait envisager comme application à l'aménagement du paysage, des jachères disposées à l'aval des pentes cultivées dans les proportions jachères/cultures de 1/5. La jachère est avec le fumier le seul moyen pour les paysans de redonner au sol ce qu'il a perdu pendant les années de culture dans la région de Bondoukuy. Son raccourcissement, voire même sa disparition est en train de faire naître un vocabulaire nouveau pour les paysans, celui de la perte de fertilité en général, mais en particulier celui de l'érosion. L'érosion est le signe d'un déséquilibre entre les potentialités du milieu et le mode de gestion par la société actuelle (ROOSE, 1994), il est temps de mettre l'accent sur la lutte contre ce phénomène dans la région

De plus cette étude montre que certaines pratiques peuvent, plus que d'autres, être à l'origine des phénomènes de dégradation physique du sol. En effet, comme le disent STOCKING et ABEL (1992), le travail du sol a une part importante dans sa conservation ; toutes les formes de conservation dépendent de lui. Les billons dans le sens de la pente favorisent le ruissellement au détriment de l'infiltration ce qui peut provoquer la baisse de la réserve utilisable surtout en période moins pluvieuse ; par contre les billons isohypses en bloquant le ruissellement et en favorisant l'infiltration peuvent être à l'origine des phénomènes d'engorgement surtout en période très pluvieuse. Le mulch maintient un profil hydrique bien humide et homogène. La jachère améliorée protège le sol, mais elle fournit aussi du fourrage. L'application des techniques d'économie de l'eau permet d'améliorer l'espérance de rendements.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALEXANDRE (D. Y.), 1989 - L'arbre et le maintien des potentialités agricoles en zones intertropicales humides. In : *le risque en agriculture*. Editions de l'ORSTOM, collection "A travers champs", pp115-125.

BACHELIER (G.), 1978 - La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM éditions Paris, 391p.

BEDU (L. C.), MARTIN (C), NEPFLER (M. K.) et TALLEC (M.), 1987 - Appui pédagogique à l'analyse du milieu rural dans une perspective de développement. Coll. Documents Système Agraire n°8. Département Systèmes Agraires du CIRAD. Montpellier, 191p.

BOLI (Z.), ROOSE (E.) et ZAHONERO (P.), 1998 - Influence du système de culture sur les risques érosifs et la production intensive de coton et maïs en savane humide du Nord Cameroun. ORSTOM Actualités n°56, *Spécial Érosion*, pp27-28.

BOUDET (G.), 1975 - Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Institut d'élevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux. Manuel et Précis d'élevage, n°4, 254p.

BOWDEN (B.), 1963 - Studies on *Andropogon gayanus* Kunth1. The use of *Adropogon gayanus* in agriculture. Empire journal of Exp. Agric. , vol 31, n°123.

CASENAVE (A.) et VALENTIN (C.), 1989 - Les états de surface de la zone sahélienne : influence sur l'infiltration. Éditions de l'ORSTOM, Paris, 213p

Centre Technique Forestier Tropical, 1979 - Conservation des sols au sud du Sahara. 2^e Éditions, *Ministère de la coopération*, 296p.

CHEVALIER (P.), 1983 - Infiltration et ruissellement sur parcelles : simulation de pluie. Quelques résultats obtenus sur les bassins versants de la mare d'Oursi

CORNET (A.), 1992 - Relation entre la structure spatiale des peuplements végétaux et le bilan hydrique des sols de quelques phytocénoses en zone aride. In : *l'Aridité : une contrainte au développement*. ORSTOM Éditions, pp245-265.

DEVINEAU (J. L), FOURNIER (A) et KALOGA (B), 1997 - Les sols et la végétation de Bondoukuy (Ouest burkinabé). Présentation générale et cartographie préliminaire par télédétection, 117p.

DELOYE (M.) et REBOUR (H), 1958 - La conservation des sols. 3^eÉdition. Éditions la Maison Rustique, 168p.

DJIMADOUM (M.), 1999 - Recherche des facteurs favorables à l'installation du peuplement de *Andropogon gayanus* Kunth. Dans les jachères en savanes soudaniennes. Cas de la région de Bondoukuy, Burkina Faso. Mémoire pour l'obtention du D. E. A en biologie et écologie végétales ; FA. S. T. - Univ de Ouagadougou, 69p.

DIATTA (F.) et FAYE (E.), 1996 - Effet de quelques années de protection sur la jachère en zone sahelo-soudanienne du Sénégal : structure et production primaire. In : *La jachère lieu de production*. Actes de l'atelier de Bobo-Dioulasso du 2 au 4 Octobre 1996. Pp33-41.

DIENG (A.) et BULDGEN (A.), 1997 - *Andropogon gayanus* Var *bisquamulatus*. Une culture fourragère pour les régions tropicales. Éditions les presses agronomiques de Gembloux, ASBL, 166p.

FLORET (C.) et PONTANIER (R.), 1993 - Recherche sur la jachère en Afrique tropicale. In : *La jachère en Afrique tropicale*, Dossier MAB 16, UNESCO, pp11-54.

FLORET (C.), LE FLOC'H (E.) et PONTANIER (R.), 1992 - Perturbations anthropiques et aridification en zone présaharienne. In : *l'Aridité : une contrainte au développement*. ORSTOM Éditions, pp449-463.

FOURNIER (J.), SERPANTIE (G.), DELHOUME (J. P.) et GATHELIER (R.), 1999 - Rôles des jachères sur les écoulements de surface et l'érosion en zone soudanienne du Burkina. Application à l'aménagement des varsants, 10p.

GUILLOBEZ (S.) et RAUNET (M.), 1979 - Milieu naturel du Burkina Faso, IRAT, service de pédologie, cartographie.

GÖHL (B.), 1982 - Les aliments de bétail dans les tropiques, données sommaires et valeurs nutritives. F. A. O Rome, 543p

HCEFSLOOT (T.), VAN DER POL (F.) et RÖLEVELD (I.), 1993 - Jachères améliorées : option pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest. Bulletin KIT n°333. Institut Royal des Tropiques. Amsterdam, 80p.

JEAN (S.), 1975 - Les jachères en Afrique tropicale, interprétation techniques et foncière. Paris, 1975, musée de l'homme, institut d'ethnologie, 167p

JEAN (S.), 1991 - Jachère et Stratégies Foncières. In : FLORET (Ch.) et SERPANTIE (G.) éds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Actes de l'atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Éditions de l'ORSTOM, pp47-54.

JONES (C. A.), 1979 - The potential of *Andropogon gayanus* Kunth in the oxysol and ultisol. Savanas of Tropical Americana. *Herbage abstract*, v. 49 n°1, P1-8.

- JOUVE (P. M.), 1991** - Usages et fonction de la jachère en Afrique. In : :
 FLORET (Ch.) et SERPANTIE (G.) éds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Actes de l'atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Éditions de l'ORSTOM, pp55-66.
- KISSOU (R), 1994** - Les contraintes et les potentialités des sols vis à vis des systèmes de culture paysans dans l'ouest burkinabé (cas du plateau de Bondoukuy). Mémoire I. D. R, option agronomie, 94p + annexes.
- LADMIRANT (H) et LEGRAND (J. M), 1977** - Notice explicative de la carte géologique au 1/200000, Hourdé.
- LEPRUN (J. C) & MOREAU (R), 1969** - Notice pédologique de la Haute Volta, région Ouest-Nord ORSTOM Dakar-Hann, 341p.
- LEPRUN (J. C.), 1998** - La maîtrise de l'érosion dans le Nordeste sec du Brésil. ORSTOM Actualités n°56. Spécial Érosion, p22.
- MIETTON (M.), 1981** - Lutte anti-érosive et participation paysanne en Haute-Volta. Document Geo-Eco-Trop.
- MIETTON (M.), 1988** - Dynamique de l'interface lithosphère-atmosphère au Burkina-Faso. Erosion en zone de savane. Thèse Université de Grenoble, 512p.
- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, 1998** - Forêts tropicales : des connaissances pour la gestion. Coédition MATE, IRD et comité MAB France, 68p.

- MITJA (D.) et PUIG (H.), 1991** - Essartage, culture itinérante et reconstitution de la végétation dans les jachères en savane humide de la Côte d'Ivoire (BOORO-BOROTOU, TOUBA). In : FLORET (Ch.) et SERPANTIE (G.) éds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Actes de l'atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Éditions de l'ORSTOM, pp377-392.
- MITJA (D.), 1992** - Influence de la culture itinérante sur la végétation d'une savane humide de Côte-d'Ivoire (BOORO-BOROTOU, TOUBA), Éditions de l'ORSTOM, 270p
- MOREAU (R.), 1991** - Influence de la mise en culture et de la jachère forestière sur l'évolution des sols forestiers tropicaux. In : FLORET (Ch.) et SERPANTIE (G.) éds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Actes de l'atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Éditions de l'ORSTOM, pp245-256.
- NICOU (R.), OUATTARA (B.) et SOME (L.), (1985)** - Techniques de l'économie de l'eau. Rapport analytique de la campagne 1984/1985, 75p.
- PALLIER (G.), 1981** - Géographie générale de la Haute Volta. 23^e Éditions. UER Lettres et sciences humaines, Univ. Limoges. CNRS, 241p.
- PEREZ (P.) et SENE (M.), (1995)** - Evolution des structures agraires dans le Sud Saloum (Sénégal). In : *Environnement humain de l'érosion*. Réseau érosion 1995, Bulletin 15 ORSTOM-CTA pp59-68.
- PIERI (C.), 1989** - Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la Coopération et du Développement, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), 444p.

ROOSE (E.), 1972 - Quelques effets des pluies sur la mise en valeur des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux. ORSTOM-ABIDJAN.

ROOSE (E.), 1979 - Conservation des sols au sud du Sahara. 2^e Edition.
Centre Technique Forestier Tropical, Ministère de la Coopération, 298p

ROOSE (E.), 1991 - Capacité des jachères à restaurer la fertilité des sols pauvres en zones soudaniennes. In : FLORET (Ch.) et SERPANTIE (G.) éds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Actes de l'atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Éditions de l'ORSTOM, pp233-244.

ROOSE (E.), 1994 - Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (CGES). Bulletin pédologique de la F. A. O, n°70, Rome, 422p.

RUTHENBERG (H.), 1974 - Aspects agronomiques de la culture itinérante.
Rapport FAO, 24, PP83-98.

SEBILLOTTE (M.), 1991 - La jachère dans les systèmes de culture : élément pour une théorie In : FLORET (Ch.) et SERPANTIE (G.) éds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Actes de l'atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Éditions de l'ORSTOM, pp89-111.

SAVADOGO (V.), 1998 - Contribution à l'analyse des effets « précédent » et « suivant » de différentes jachères de courtes durée. *Zone cotonnière du Burkina Faso*. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de développement rural, I. D. R. - U. P. B. , 89p.

SEBILLOTTE (M.), 1991 - La jachère, élément pour une théorie. In : *A travers champ, Agronomes et Géographes*. Collection colloques et séminaires, ORSTOM, pp175-229.

SMOLIKOWSKI (B.), LOPEZ (J. M.), QUERBES (M.), QUERIDO (A.), ROOSE (E.) et PEREZ (P.), 1998 - Efficacité du paillage et des haies vives pour lutter contre le ruissellement et l'érosion sur les versants raides cultivés au Cap-Vert. ORSTOM Actualités n°56. *Spécial Érosion*, p24.

SERPANTIE (G.), 1988 - Aménagement de conditionnement du ruissellement pour les pentes cultivées soudano-sahéliennes. In : *Recueil des expérimentations de techniques de gestion du ruissellement*, Chp VI, 19p, Comité International de Lutte contre la sécheresse au Sahel (CILSS), Bamako.

SERPANTIE (G.) et DEVINEAU (J. L.), 1991 - Le programme "interrelations systèmes écologiques-systèmes de culture en zone soudanienne (ouest burkinabé)". Projet scientifique. In : FLORET (Ch.) et SERPANTIE (G.) eds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Actes de l'atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Éditions de l'ORSTOM, p481-489.

SERPANTIE (G.), TESENAS DU MONTCEL (L.) et VALENTIN (C.), 1992 - La dynamique des états de surface d'un terroir agro-pastoral soudano-sahélien : conséquences et propositions. In : *l'Aridité : une contrainte au développement*. ORSTOM Éditions, 419-447.

SERPANTIE (G.), 1993 - Rôles et significations de la jachère dans les systèmes de production agricole en Afrique de l'Ouest : problématique de son remplacement. In : *La jachère en Afrique tropicale*. Dossier MAB 16, UNESCO, pp55-84.

SERPANTIE (G.) et LAMACHERE (J. M.), 1998 - Les techniques d'aménagement des terres sahéliennes : que penser du labour? ORSTOM Actualités n°56. Spécial Erosion, p25.

SKERMAN (P. J.), 1982 - Les légumineuses fourragères tropicales. F. A. O Rome, 671p

- SOME (N. A.), 1994** - Rôle de la jachère dans la restauration du sol en zone soudanienne. Dynamique de la végétation et évolution des caractères pédologiques. In : *Systèmes agraires et agriculture durable en Afrique sub-saharienne*. Compte rendu du séminaire organisé par la Fondation Internationale pour la Science (IFS). Cotonou-Benin, du 7 au 11 février 1994, pp219-236.
- SOME (N. A.), 1996** - Les systèmes écologiques post-cultureux de la zone soudanienne (Bukina-Faso) : structure spatio-temporelle des communautés végétales et évolution des caractères pédologiques. Thèse de doctorat de l'université PIERRE et MARIE CURIE, Paris IV, 212p+annexes.
- STOCKING (M.), and NICK (A.), 1992** - Labour Cost : A critical element in soil conservation. In : *Soil Conservation for Survival*. Actes of 6th Soil Conservation Conference. Ethiopia, Kenya, 6-18 November 1989, pp206-218.
- TORNTWAITE (C. W.), 1948** - Approach toward arational classification of climate. *The geographical review*, 38, 1 : 55-94.
- VILAIN (M.), 1989** - La production végétale. Vol 2 : la maîtrise technique de la production. Éditions TEC & DOC LAVOISIER, 361p.
- ZOMBRE (P.) et KISSOU (R.), 1995** - Carte morphopédologique au 1/20000 du bas glacis.
- ZOUNGRANA (I.), 1991** - La jachère nord-soudanienne du Burkina-Faso. In : FLORET (Ch.) et SERPANTIE (G.) eds, *La jachère en Afrique de l'Ouest*. Actes de l'atelier international, Montpellier du 2 au 5 Décembre 1991. Éditions de l'ORSTOM, pp351-366.

Annexes

ANNEXE 1

QUESTIONNAIRE «Diagnostic des processus de ruissellement, d'érosion et d'infiltration sur le versant de Kossoghin et gestion conservatoire des eaux et du sol»(1998-1999)

Date de l'enquête :

Enquêteur:

Exploitant de la terre

- nom village ethnie
- superficie de la terre
- mode d'acquisition de la terre
- raisons de l'abandon du champ par l'ancien exploitant :
- durée d'exploitation
- évolution du sol
- estimation de la fertilité au début de la mise en culture

Type de gestion actuelle

- jachère, culture, jachère et culture

Si jachère

- âge
- intérêts : pâturage, cueillette, coupe de bois, chasse, simple repos du sol ou autres
- impact du pâturage prolongé
- passage du feu : annuel, fréquent, rare, jamais.
- impact du feu
- formations végétales principales actuelles:

Les espèces végétales à couper sont sélectionnées par

- leur intérêt, leur taille, leur âge, leur nombre, autres critères

Les espèces végétales à conserver sont sélectionnées par

- leur intérêt, leur taille, leur âge, leur nombre, autres critères

Si culture

- durée de la mise en culture
- les cultures et les techniques culturales
- succession de cultures depuis le début
- lesquelles réussissent
- lesquelles échouent
- les raisons

Les pratiques culturales et leurs avantages

- les engrais chimiques
- les pesticides
- la fumure organique
- les résidus de récolte
- le buttage

- le billonnage, types de billons et leur direction par rapport à la pente
- semis à plat
- culture attelée
- jachère améliorée
- techniques agroforestières
- disposition des jachères par rapport au champ, les bandes herbeuses autour ou dans les champs
- les meilleures techniques (à bon rendement...)

Eau du sol et ruissellement

- comment faites vous pour la conserver au niveau du sol? (par exemple les techniques agricoles utilisées...)
- en cas d'excès, comment vous débarrasser le surplus, sinon effets sur les cultures?

Organisation du ruissellement

- après une grande pluie l'eau traverse t-elle votre champ? (En nappe, rigole, en griffe). Montrer les signes :
 - est ce une bonne ou mauvaise chose?
 - à quelle période? (début, milieu ou fin de saison)
 - la couleur de l'eau
 - tout le champ est-il affecté, qu'est ce qui le montre?
 - que peut transporter cette eau?
 - comment appelez-vous ce phénomène et depuis quand l'observez-vous?
 - selon vous qu'est ce qui cause l'érosion?
 - est elle importante? l'érosion est elle un danger pour vous? est elle une cause d'abandon des champs?
 - les techniques culturales les plus touchées
 - son impact sur le sol, les cultures, les pâturages
 - avez par exemple remarqué l'apparition des pierres, le déchaussement des racines dans le champ?
 - ce phénomène existe t-il chez vos voisins?
 - la mise en culture baisse ou augmente l'érosion?
 - l'érosion empêche t-elle l'installation des champs?
- nous remarquons que dans le *KAMEHI* (cours d'eau saisonnier), en dépit de la fréquence des pluies il n'y a pas d'eau, est ce une situation ancienne ou nouvelle?

Luttez vous contre l'érosion?

- à l'échelle du champ
- à l'échelle du versant
- le coût des mesures de lutte
- comment gérez-vous les anciennes routes?
- avez vous été encadré par un projet de lutte contre le ruissellement et l'érosion?
- les résultats sont ils bons? sinon qu'envisagez-vous?

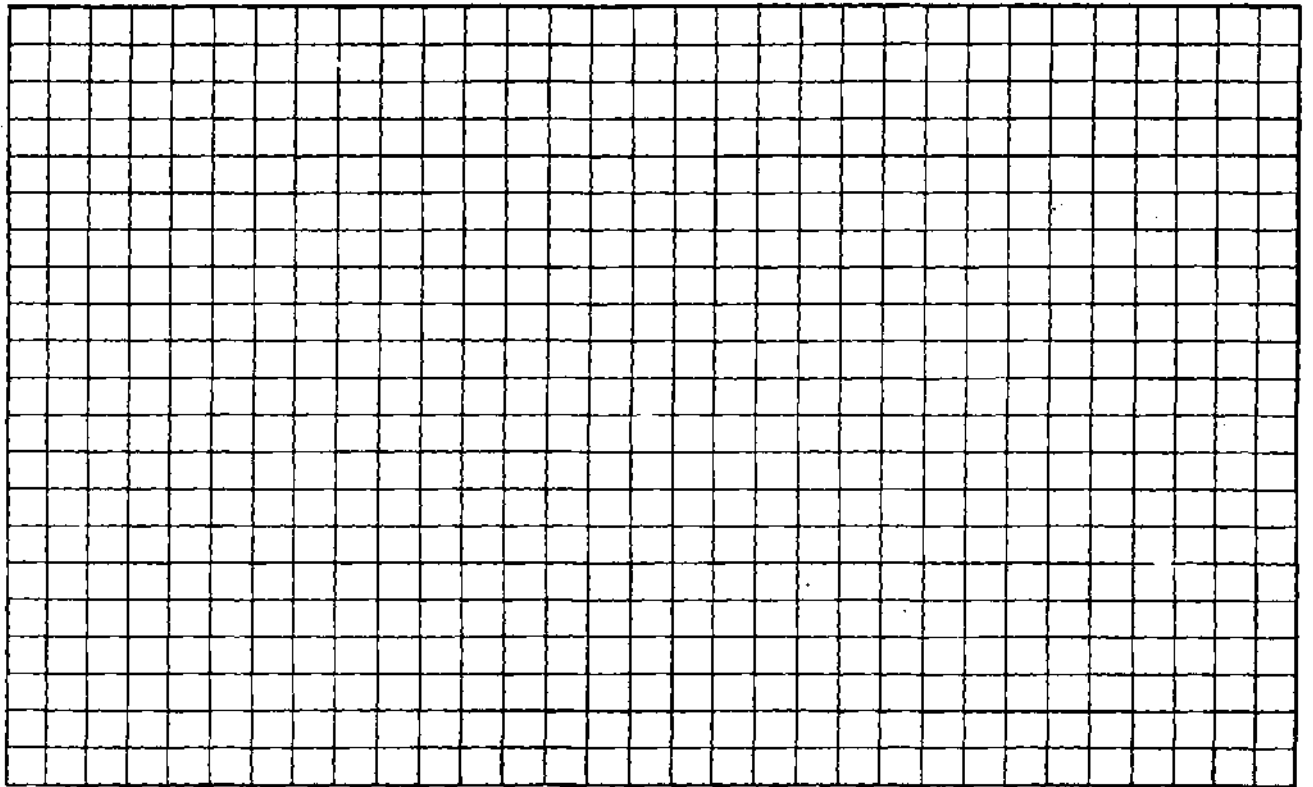
Fiche d'évaluation des profil culturaux (suite):

Date:

Paysan:

Parcelle:

culture:



Légendes:

B: Fond du buttage

O loges des termites

cc: début des taches

c: changement de couleur

Fond de labour

H: Hydromorphie

Racines ou galeries d'anciennes racines d'arbres

< : 5- 10 racines

> : 10-20 racines

n : nombreuses, plus de 20 racines

ANNEXE 3

210

Fiche d'observation à la récolte parcelles céréales

Observateur :

Date :

D=largeur de 3 interlignes ; d=longueur de ligne à prendre pour constituer un quadrilatère de 10m² de surface ; récolter 3 lignes
Chacun des cadrans doit faire, au minimum, 0.25 ha

Exploitant

Culture

N° parcelle

station	D	d	Nb de poquets semés	Nb de poquet fructif	Nb de pieds Total	Nb pieds Fruct.	Hteur moyenne	Nb d'épis utiles	Nb d'épis inutiles (L5m)	Taille moyenne(0-5)	Pds net épis utiles totaux	poids brut(g) échant 15/epis	N° sac 15ép is tout	biom fraîch net (Kg)	poids brut (g échan biom	N° du sac biom	Taux de recvmt adv	Nb de pieds Striga	Nom des esp domin	Autr es espèces	Ravag N°/boft d° d'attaq	Malad N°sac d° d'attaq	
1	2,4	4,16																					
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
autre																							

Observations :

ANNEXE 4

Fiche d'observation à la récolte parcelles coton

Observateur :

Date :

D=largeur de 4 lignes : d=longueur de ligne à prendre pour constituer un rectangle de 7m² de surface ; récolter 3 lignes

Chacun des cadrans doit faire, au minimum, 0.25 ha. L'échantillonnage de 30 capsules se fait en récoltant la totalité des capsules utiles des premiers poquets des 3 lignes jusqu'à disposer du nombre de 30 capsules. Le nombre de rameaux latéraux s'apprécie globalement sur la placette entière.

Exploitant

Champs (n°, lieu dit)

N° parcelle

N°	D	d	Nb de poq semé	Nb de poq fructifiés	Nb de pied Total	Nb pieds Fructifères	Hteur moyenne	Nb rameaux fructifères (moy10)	Nb caps utiles totales	N° sac éch 30 caps	Poids brut 30 caps (g)	Poids net restant (g)	Nb caps inutiles	Nb caps à terre (tous types)	biom fraîch net (g)	Biom échan (g)	N° du sac biom	Taux de recvmt adv	Nb de pieds de Striga	Nom des espè ces dominantes	Autres espè ces	Pivot : coudé c bloqué b gros g fin f	Ravageurs type d'd'attaque N°sac	Maïs dies N°sac d° d'attaque	

Observations :

