

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

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

03 B.P. 7021 OUAGADOUGOU 03  
BURKINA FASO  
TEL. 30-71-59 / 30-70-20

**CRSTOM**

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

CENTRE DE OUAGADOUGOU  
01 B.P. 182 OUAGADOUGOU 01  
BURKINA FASO  
TEL. 30-67-37 / 30-67-39

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

présenté en vue de l'obtention du  
DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

Option : AGRONOMIE

### **CONDITIONS HYDRIQUES DANS UN BAS-FOND SAHELIEN INCIDENCES SUR LES CULTURES VIVRIERES (Bidi, Nord Yatenga, Burkina Faso)**

JUIN 1992



**Mathurin ZIDA**

F 35.678

## AVANT-PROPOS

*Avant l'exposé des résultats et des conclusions de ce travail, mon devoir le plus agréable est de remercier tous ceux sans qui il m'aurait été impossible de présenter ce mémoire :*

*- Monsieur J.C. GAUTUN, ex-Directeur du Centre ORSTOM de Ouagadougou, qui a bien voulu m'accueillir au sein de sa structure ;*

*- Monsieur P.N. ZOMBRE, enseignant à l'Institut du Développement Rural (Université de Ouagadougou) et directeur de ce mémoire, qui a suivi avec intérêt mon travail. En témoigne le déplacement qu'il a effectué sur le terrain pour contrôler mes travaux. Sa parfaite connaissance de la pédologie et sa foi en cette discipline m'ont communiqué l'amour des sols ;*

*- Monsieur J.M. LAMACHERE, chercheur au Centre ORSTOM de Ouagadougou et co-directeur de ce mémoire, qui a fait preuve d'une disponibilité constante dans l'organisation matérielle du stage. Sa vaste culture scientifique m'a édifié et ses critiques et suggestions constructives m'ont été très précieuses.*

*J'exprime ma respectueuse reconnaissance à Monsieur R. NICOU, Délégué du CIRAD au Burkina Faso. Ses critiques et réflexions avisées sur mon thème de mémoire ont insufflé un dynamisme nouveau à l'étude.*

*Ma profonde reconnaissance va également à Monsieur L. SOME, chercheur à l'IN.E.R.A., et à Monsieur Y. DEMBELE, chargé de recherche à l'I.I.M.I., pour leur contribution documentaire et les discussions fructueuses que j'ai eues avec eux.*

*Je suis heureux de remercier Monsieur B. BACYE, chercheur en thèse au Centre ORSTOM de Montpellier, pour les données qu'il a bien voulu me communiquer.*

*Madame M. M. SOME a assuré avec bienveillance la traduction définitive du résumé en anglais. Qu'elle reçoive l'assurance de ma chaleureuse reconnaissance.*

*Mes remerciements vont également à Messieurs S. NIGNAN et O. SANGARE, techniciens au Centre ORSTOM de Ouagadougou, qui m'ont été d'une aide inestimable au cours des travaux de terrain.*

*Que tout le personnel du Centre ORSTOM de Ouagadougou trouve ici l'expression de ma vive reconnaissance pour le climat sympathique et amical dont j'ai bénéficié.*

*Je ne saurais oublier les enseignants de l'IDR, qui ont su m'inculquer avec amour et abnégation les connaissances scientifiques, techniques et méthodologiques de base de ma discipline. Qu'ils en soient remerciés.*

*Enfin, je n'aurais garde de terminer ces mots sans exprimer mes sentiments de chaleureuse reconnaissance à tous les parents et amis. Leur soutien indéfectible, tant moral que matériel, et la confiance qu'ils m'ont toujours accordée n'auront pas été vains. Qu'il me soit permis de remercier particulièrement Monsieur A. BOUGOUMPIGA, Directeur Général de la SAEL, pour son aide matérielle incommensurable.*

*Puissent-ils trouver dans ce mémoire le témoignage de ma profonde gratitude.*

## RESUME

Dans le contexte actuel de péjoration climatique, le rôle des petits bas-fonds sahéliens au Burkina Faso se focalise de plus en plus sur la sécurisation de la production vivrière, vocation rendue possible grâce au régime hydrique spécifique de ces milieux. Une meilleure connaissance des conditions hydriques de l'un d'eux, celui de Bidi au Nord du Yatenga, et de leurs implications dans le système de culture du bas-fond a motivé cette étude. D'abord un examen des composantes du milieu naturel de la région a mis en exergue une dégradation de l'environnement écologique sur un fond de risque climatique pour la production végétale. Ce risque est double dans le bas-fond, sous-tendu par des excès d'eau et des déficits hydriques au gré des aléas pluviométriques. Ensuite une analyse des paramètres conditionnant le régime hydrique du bas-fond a conclu à la prééminence du facteur hydrologique (crues et nappe phréatique) au cours des épisodes pluvieux et à celle du facteur pédohydrique (capacité de stockage hydrique du réservoir sol) pendant les trous pluviométriques. Cette dynamique des facteurs "modulateurs" du régime hydrique confère au bas-fond de Bidi des propriétés agricoles paradoxales dans le temps et dans l'espace. Enfin les modalités d'influence du régime hydrique sur le développement et la production du sorgho, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, et du riz, *Oriza sativa* L., ont été appréciées *in situ* d'une part et par simulation du bilan hydrique du sorgho dans deux situations pluviométriques contrastées (1990 et 1991) d'autre part. Toutes choses qui ont permis de discuter des stratégies à développer et de proposer des techniques à appliquer en vue d'une valorisation optimale du bas-fond de Bidi.

**Mots-clés : Bas-fond sahélien, régime hydrique, sorgho, riz, bilan hydrique, risque climatique, stratégies agricoles, Bidi, Yatenga, Burkina Faso.**

## ABSTRACT

**Water conditions  
in a sahelian low land  
Effect on food crops  
(Bidi, northern Yatenga, Burkina Faso)**

In the present context of the worsening of climatic conditions, the role of the sahelian low lands in Burkina Faso is more and more focused on the sustainability of food crops production. This is possible thanks to the water regime of the low lands. A deep knowledge of the water conditions of the Bidi low land (northern Yatenga) and their effects on the cropping system in the low lands have motivated this study.

First, a consideration of the natural environment components of the region outlined the degradation of ecology with an aspect of climatic risks for plant production. This risk is double-edged in the low land : it is underlined either by an excess of water or by a water deficit according to the whims of the weather.

Then, an analysis of parameters that condition the water regime of the low land led to the conclusion that hydrological factors (floods and water table) during rainy periods and that pedohydric factor (water balance of soil) during dry periods are pre-eminent. This dynamics of water regime "modulating " factors endows the Bidi low land with paradoxical agricultural characteristics according to the place in the low land and to the season.

Last, the water regime influence modalities on the development and the production of sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, and of rice, *Oriza sativa* L., were evaluated first *in situ* and then through the simulation of sorghum water balance in two different rainy seasons (1990 and 1991). All that helps us to discuss strategies to be developed and leads us to suggest technics to be applied in view of optimizing the agricultural value of the Bidi low land.

**Key words : Sahelian low land, water regime, sorghum, rice, water balance, climatic risk, agricultural strategies, Bidi, Yatenga, Burkina Faso.**

## SIGLES ET ABREVIATIONS

<b>BUNASOLS</b>	: Bureau National des Sols.
<b>CIEH</b>	: Comité Inter-africain d'Etudes Hydrauliques.
<b>CIRAD</b>	: Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement.
<b>CPCS</b>	: Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols.
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
<b>FIT</b>	: Front Intertropical.
<b>FL1</b>	: phase allant du début de l'épiaison à environ 50 % de floraison du sorgho.
<b>FL2</b>	: phase allant de la pleine floraison au début de la maturation du sorgho.
<b>ICRISAT</b>	: International Crop Research Institute in Semi Arid Tropics.
<b>IDR</b>	: Institut du Développement Rural.
<b>IDV</b>	: phase allant du semis à la fin de la montaison du sorgho.
<b>IIMI</b>	: Institut International de Management de l'Irrigation.
<b>INERA</b>	: Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles.
<b>IRAT</b>	: Institut de Recherches Agronomiques et Tropicales et des Cultures Vivrières.
<b>IRESP</b>	: Indice de Rendement Espéré.
<b>ISBE</b>	: Indice de Satisfaction des Besoins en Eau.
<b>ITCF</b>	: Institut Technique des Céréales et des Fourrages.
<b>JAS</b>	: Jour Après Semis.
<b>MATU</b>	: phase de maturation du sorgho.
<b>ORSTOM</b>	: Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.
<b>PMG</b>	: Poids de Mille Grains.
<b>R3S</b>	: Réseau de Recherche sur la Résistance à la Sécheresse.
<b>RU</b>	: Réserve Utile du sol.
<b>SAEL</b>	: Société Africaine d'Electricité.

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cartes de situation de la zone d'étude.....	4
Figure 2 : Données climatiques (1987 - 1990) à la station climatologique de Bidi-Nayiri. (Source : LAMACHERE, 1991, comm. pers.).....	8
Figure 3 : Tendence des précipitations annuelles à la station de Ouahigouya. (Source : ELDIN, 1989).....	11
Figure 4 : Comparaison des moyennes décennales de la pluviométrie à la station de Ouahigouya. (Source : SOME, 1989).....	12
Figure 5 : Durée optimale du cycle cultural. Station de Ouahigouya. (D'après IRAT-CIRAD CLISOP, in BOSCH <i>et al.</i> , 1990).....	14
Figure 6 : Toposéquence type de la région de Bidi. (Source : SERPANTIE <i>et al.</i> , 1988).....	16
Figure 7 : Carte morphopédologique de la région de Bidi. (extrait de la carte morphopédologique de la région du Yatenga, ZOMBRE, 1991a).....	18
Figure 8 : Bloc diagramme du bas-fond de Bidi, partie médiane. (Source : LAMACHERE <i>et al.</i> , 1991).....	23
Figure 9 : Bas-fond de Bidi, portion Gourga-Tilli. (Source fond de carte : LAMACHERE <i>et al.</i> , 1991).....	27
Figure 10 : Variations de la pluviométrie journalière à la station climatologique de Bidi-Nayiri.....	30
Figure 11 : Profils morphologiques transverses du bas-fond de Bidi :	
a - Site de Gourga amont.....	33
b - Site de Gourga aval.....	33
c - Site de Tilli.....	34
d - Site de Nayiri.....	34
Figure 12 : Toposéquence hydro-pédologique transverse du site de Gourga amont.....	37
Figure 13 : Toposéquence hydro-pédologique transverse du site de Tilli.....	38
Figure 14 : Toposéquence transverse des sols du site de Gourga aval.....	39
Figure 15 : Toposéquence transverse des sols du site de Nayiri.....	39
Figure 16 : Profils hydriques des sols du site de Nayiri au 08/10/1991.....	40
Figure 17 : Profils hydriques des sols du site de Tilli au 08/10/1991.....	40
Figure 18 : Pluies et crues dans le bas-fond de Bidi en 1991 :	
a - Site de Gourga amont.....	42
b - Site de Tilli.....	42

Figure 19 : Crue du 13 juillet 1986 dans le bas-fond de Bidi. Station de Gourga.....	43
Figure 20 : Fluctuations du niveau du plan d'eau dans le site de Gourga aval en 1991.....	44
Figure 21 : Croissance linéaire d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	51
Figure 22 : Hauteurs maximales d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	52
Figure 23 : Profils de densité racinaire visuelle d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	53
Figure 24 : Rendements en grain et en paille d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	55
Figure 25 : Rendements en paddy et en paille du riz AMENE dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	57
Figure 26 : Pluies et crues dans le bas-fond de Bidi en 1990 :	
a - Site Gourga amont.....	64
b - Site de Tilli.....	64
Figure 27 : Fluctuations du niveau du plan d'eau dans le site de Gourga aval en 1990.....	65
Figure 28 : Indices de satisfaction des besoins en eau du sorgho à différentes phases phénologiques dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1990.....	69
Figure 29 : Indices de satisfaction des besoins en eau du sorgho à différentes phases phénologiques dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	69
Figure 30 : Indices des rendements espérés d'une variété locale de sorgho dans le bas-fond de Bidi.....	71
Figure 31 : Gestion hydraulique théorique du microbarrage de Gourga pour une date de semis au plus tard du riz AMENE fixée au 1er juillet.....	77

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	: Répartition socio-ethnique de la population de Bidi. (D'après SERPANTIE <i>et al.</i> , 1985).....	5
Tableau II	: Moyennes mensuelles et annuelles (1987-1990) des paramètres climatiques à la station climatologique de Bidi-Nayiri.....	9
Tableau III	: Variabilité fréquentielle des pluviométries mensuelles et annuelles (1970-1987) à la station de Ouahigouya. (D'après SOME, 1989).....	11
Tableau IV	: Pluviométries (1985-1991) à la station climatologique de Bidi-Nayiri.....	13
Tableau V	: Evolution de l'occupation du sol sur le terroir de Bidi entre 1954 et 1984.....	20
Tableau VI	: Dates de début d'épiaison d'une variété locale de sorgho dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	54
Tableau VII	: Rendements en grain et en paille d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	56
Tableau VIII	: Rendements en paddy et en paille du riz AMENE dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	58
Tableau IX	: Composantes des rendements de variétés locales de sorgho et de riz (AMENE) dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.....	59
Tableau X	: Durées (en jours) des phases phénologiques d'une variété locale de sorgho dans le bas-fond de Bidi.....	67
Tableau XI	: Comparaison des ISBE, des IRESP et/ou des rendements mesurés d'une variété locale de sorgho dans le bas-fond de Bidi.....	72
Tableau XII	: Gestion hydraulique pratique du microbarrage de Gourga.....	78



## SOMMAIRE

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I - Cadre général de l'étude.....</b>	<b>4</b>
1 - Localisation géographique de la région d'étude.....	4
2 - Les hommes et leurs activités.....	4
3 - Le milieu physique.....	6
4 - Les bas-fonds dans la région de Bidi.....	21
<b>Chapitre II - Caractérisation des paramètres déterminant les conditions hydriques.....</b>	<b>25</b>
1 - Objet.....	25
2 - Définitions.....	25
3 - Méthodologie.....	26
4 - Résultats et discussions.....	29
5 - Conséquences sur l'agriculture.....	45
<b>Chapitre III - Influence du régime hydrique sur les conditions d'élaboration des rendements des cultures.....</b>	<b>47</b>
1 - Objet.....	47
2 - Méthodologie.....	48
3 - Résultats et discussions.....	50
4 - Conclusion.....	60
<b>Chapitre IV - Conditions hydriques et risque de déficit hydrique pour les cultures dans le bas-fond.....</b>	<b>62</b>
1 - Objet.....	62
2 - Régime hydrologique du bas-fond en 1990.....	63
3 - Méthodologie.....	65
4 - Résultats et discussions.....	68
5 - Conclusion.....	72
<b>Chapitre V - Stratégies et techniques pour une valorisation optimale du bas-fond.....</b>	<b>74</b>
1 - Objet.....	74
2 - Site de Gourga amont et sites non aménagés.....	74
3 - Site de Gourga aval.....	76
4 - Conclusion.....	79
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>80</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>83</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>90</b>
<b>Table des matières.....</b>	<b>104</b>

# Introduction générale

*La transformation du milieu et la gestion  
des atouts et des contraintes de l'environnement  
variables dans le temps et dans l'espace, par l'utilisation  
d'un matériel végétal et d'un itinéraire technique appropriés  
à des objectifs de production et de travail,  
sont les bases de l'agriculture.*  
J. M. LAMACHERE, G. SERPANTIE, 1988.

## INTRODUCTION GENERALE

"L'incertitude climatique constitue une donnée structurelle au Yatenga. Sur 67 campagnes observées (de 1907 à 1975), on peut noter 39 de bonnes ou très bonnes pluviométries et 28 de mauvaises ou très mauvaises pluviométries".

Ces propos de BOSC *et al.* (1990) soulignent l'importance du risque climatique qui pèse, comme l'épée de Damoclès, sur la production végétale au Yatenga.

Cette situation persiste malheureusement et tend même à empirer depuis les années 1968-1969. En témoignent les récentes périodes de sécheresse (1971-1974, 1982-1985, 1990).

Conjugée à cela, la dégradation des ressources naturelles contribue à exacerber les contraintes de l'agriculture pluviale sur les versants. Conséquence : un déficit chronique de la production vivrière.

Face à ces nouvelles données environnementales, les petits bas-fonds sahéliens apparaissent de plus en plus comme un moyen de compenser les effets de la sécheresse. En effet, leur régime hydrique spécifique offre des possibilités de tamponner l'extrême variabilité des pluies et donc de sécuriser la production vivrière ; d'où l'intérêt sans cesse croissant accordé par les organismes de recherche et de développement, tant gouvernementaux que non-gouvernementaux, à la valorisation agricole de ces bas-fonds ~~bas-fonds~~.

C'est ainsi que le Réseau de Recherche sur la Résistance à la Sécheresse (R3S), dont l'objectif général est de minimiser le déficit d'alimentation hydrique des productions agricoles, a mis en place le programme de recherche "Typologie, fonctionnement hydrologique, potentialités agricoles des bas-fonds de l'Afrique de l'Ouest". Son but est d'élaborer un outil de diagnostic et d'aide à la décision en matière d'aménagement et de mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel (ZEPPEFELDT et VLAAR, 1990).

Le projet Yatenga, initié par l'ORSTOM et dont les activités s'inscrivent dans le cadre de ce programme, concentre son intervention dans le Sahel burkinabè, plus précisément au Yatenga. Ses objectifs se situent à trois niveaux (LAMACHERE, 1991b) :

- à l'échelle régionale ; une caractérisation des principales unités physiographiques de la région, centrée sur Bidi, en relation avec les activités agro-pastorales aux fins d'une extension spatiale de la cartographie hydrologique et agro-pastorale ;

- à l'échelle bassin versant : une étude hydrologique et hydrogéologique du bassin versant du bas-fond de Bidi, choisi comme bassin de référence, aux fins d'une caractérisation des potentialités hydriques du milieu ;

- à l'échelle bas-fond : (1) une étude du fonctionnement hydrologique des bas-fonds et des aménagements hydrauliques pour une meilleure utilisation des ressources hydriques superficielles ; (2) une étude des nappes aquifères aux fins d'évaluer leurs réserves hydriques, leur mode de réalimentation et de vidange ; (3) une caractérisation des sols des bas-fonds et de l'évolution de leur fertilité ; (4) une étude, par des enquêtes agronomiques et socio-économiques, de la problématique de mise en valeur agricole des bas-fonds. Ces études, effectives pour le bas-fond de Bidi, devront s'étendre à deux autres bas-fonds de la région (Sanga et Goinré).

Plusieurs résultats ont déjà été acquis (SERPANTIE, 1988 ; N'DJAJA, 1990 ; AGNAME, 1991 ; LAMACHERE, 1991a ; LAMACHERE *et al.*, 1991 ; LAMACHERE et OUEDRAOGO, 1991 ; MOITY, 1991 ; ZERBO, 1991 ; ZOMBRE, 1991a et b ; etc).

C'est dans le cadre des recherches menées au sein de ce projet que se situe cette étude, axée sur le régime hydrique du bas-fond de Bidi et son influence sur les principales cultures qui y sont pratiquées. Ce travail a pour objectif une meilleure connaissance des conditions hydriques auxquelles sont soumises les cultures afin de mieux évaluer les pertes et/ou les gains de rendements inhérents à l'exploitation agricole des différentes zones du bas-fond et d'en tirer des stratégies de valorisation optimale de ce milieu.

Le mémoire s'articule ainsi qu'il suit :

- dans le premier chapitre, l'environnement humain et les caractéristiques du milieu naturel (climat, sol, végétation) sont dépeints. Un paragraphe spécial est consacré aux caractères généraux du bas-fond ;

- le deuxième chapitre traite des principaux facteurs qui concourent à l'existence de conditions hydriques spécifiques dans le bas-fond ;

- les modalités d'influence du régime hydrique (en sa composante hydrologique : crues et nappe phréatique) sur le sorgho et le riz sont étudiées dans le troisième chapitre ;

- le quatrième chapitre, par le biais de la simulation du bilan hydrique du sorgho, montre l'impact sur cette culture des conditions hydriques de la zone haute du bas-fond dans deux contextes pluviométriques très différents ;

- le dernier chapitre présente une réflexion sur les stratégies à développer pour tirer le meilleur parti des potentialités agricoles du bas-fond de Bidi. Quelques recommandations pratiques sont également faites.

# Chapitre I

# CHAPITRE I

## CADRE GENERAL DE L'ETUDE

### 1 - LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE

La région de Bidi, d'une superficie d'environ 400 km<sup>2</sup>, appartient au département de Koumbri dans la province du Yatenga. Elle se situe à une quarantaine de kilomètres au Nord de Ouahigouya, entre les parallèles 13°50' et 13°55' de latitude Nord et les méridiens 2°20' et 2°40' de longitude Ouest (fig.1).

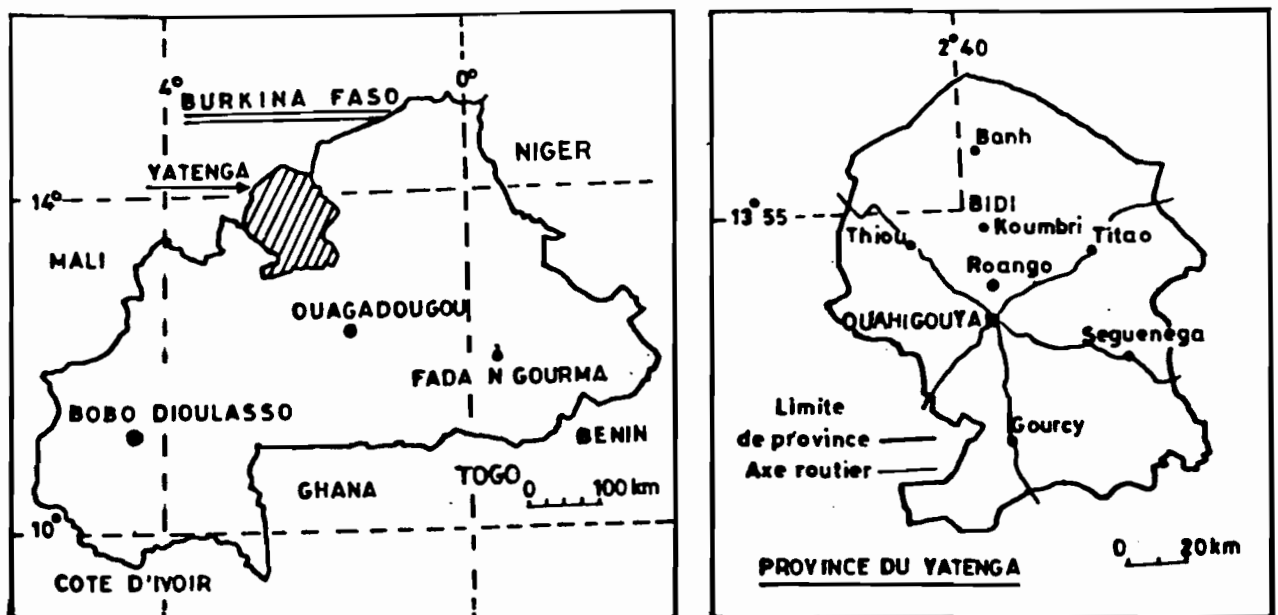


Figure 1 - Cartes de situation de la zone d'étude.

### 2 - LES HOMMES ET LEURS ACTIVITES

#### 2.1 - Origines et caractéristiques du peuplement

SERPANTIE *et al.* (1987) relatent que, selon la tradition orale et les documents historiques disponibles, la région de Bidi aurait été peu peuplée du XVII<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle. Située à la frontière entre le Fulgo (domaine peul) et le Yatenga (domaine mossi), c'est une zone de transhumance des éleveurs peuls.

Le peuplement sédentaire commence à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle avec l'installation des Rimaïbés, captifs affranchis des peuls. Ils accueillent les nouveaux arrivants (Mossis, Silmi-mossis, Maransés, Yarsés) et fractionnent leur terroir pour satisfaire leurs demandes de terre.

En 1930, le territoire se structurait en quatre zones d'habitat homogènes (Rimaïbés, Mossis et assimilés, Silmi-mossis, Forgerons) bordant le bas-fond. Le morcellement de l'habitat, doublé d'une fragmentation des terres cultivables, au fur et à mesure des nouvelles arrivées se poursuit jusque vers 1960.

Depuis les années 50, la mémoire collective du village est unanime, l'effectif de la population n'a jamais excédé de beaucoup 3 500 personnes.

Le tableau I montre que se côtoient *grosso modo* cinq groupes ethniques.

**Tableau I - Répartition socio-ethnique de la population de Bidi.**

(D'après SERPANTIE *et al.*, 1985)

Groupes humains	% de la population	Activités principales
Mossis et assimilés	45	Agriculture (63 %)
Forgerons	18	
Peuls	10	
Rimaïbés	19	Elevage (37 %)
Silmi-mossis	8	

## 2.2 - Les activités

L'agriculture et l'élevage jouissent de places comparables dans le terroir de Bidi (SERPANTIE *et al.*, 1985). L'importance relative de ces deux activités est en partie fonction de l'appartenance ethnique (tabl.I).

De part le passé, il existait une complémentarité entre les systèmes d'élevage peul, silmi-mossi et rimaïbé et les systèmes de culture mossi, maransé et forgeron (contrats de fumure, de confiage, de cession de terres,...). Avec la dégradation des ressources naturelles du terroir, ces pratiques ont amorcé une mutation et l'intégration entre les deux types d'activité au sein d'un même groupe ethnique est devenue maintenant une nécessité incontournable.



C'est cette population qui est confrontée à l'adversité de la nature. Malheureusement ses stratégies d'adaptation contribuent très souvent, par un mécanisme de "feedback", à nourrir le processus de dégradation du milieu physique en cours.

### **3 - LE MILIEU PHYSIQUE**

#### **3.1 - Les traits généraux du climat**

##### **3.1.1 - Mécanismes atmosphériques et saisonnalité des pluies**

le régime climatique au Yatenga, comme partout ailleurs au Burkina Faso, est sous la dépendance de la circulation de deux masses d'air : la masse d'air sec continental du Nord-Est (harmattan ou alizé boréal) générée par l'anticyclone du Sahara et la masse d'air humide maritime du Sud-Ouest (mousson ou alizé austral) provenant de l'anticyclone de Sainte-Hélène. La ligne séparative des deux masses d'air, le Front Intertropical (FIT), se déplace au cours de l'année. Elle atteint sa position la plus méridionale, vers le 5° parallèle Nord, en janvier - février et la plus septentrionale, entre les 22° et 25° parallèles Nord, en août.

A l'intérieur de ces grands mouvements d'ensemble, précisément dans la zone de confrontation des deux flux d'air s'installent des mécanismes discrets procédant des interactions entre le système continental sol-végétation-atmosphère et l'air maritime. Ils sont à l'origine des précipitations.

Le Burkina Faso est donc caractérisé par "des pluies de mousson, liées à la transgression continentale, puis à la régression vers l'océan, de l'air maritime du Golfe de Guinée" (SICOT, 1989). Cela explique le partage saisonnier de l'année en une courte période pluvieuse sèche d'octobre à mai, qui rythme les activités de production agricole en milieu rural.

##### **3.1.2 - Les facteurs du climat**

Les observations des paramètres climatiques ont été effectuées à la station climatologique de Bidi-Nayiri.

### **- Températures**

Sur la figure 2 on peut observer deux périodes de grandes chaleurs : la première de mars à juin (moyenne des maxima : de 38,0 à 40,7° C) (tabl. II) et la seconde en octobre (moyenne des maxima : 37,7° C), juste à la fin de la saison des pluies. Quant aux basses températures, elles sont enregistrées en décembre, janvier et février (moyenne des minima : de 14,4 à 17,0° C) puis en août où un minimum secondaire s'observe. L'amplitude thermique varie de 10,0° C au cours de la saison des pluies à 18,6° C en saison sèche.

La région est donc caractérisée par des températures élevées, mais ce facteur n'est point limitant pour la production céréalière. En effet les principales espèces cultivées (mil, sorgho et maïs) sont des plantes à cycle photosynthétique en C<sub>4</sub>, supportant bien les fortes chaleurs (MAZLIAK, 1974).

### **- Humidités relatives**

Les variations de l'humidité relative de l'air sous abri sont illustrées sur la figure 2. La période au cours de laquelle les humidités relatives sont les plus faibles (de l'ordre de 22 %) (tabl. II) correspond à la saison sèche, dominée par l'harmattan. En revanche au cours de la saison des pluies où prédomine la mousson, les valeurs de l'humidité relative s'élèvent et passent par un maximum (69,4 %) en août. La moyenne annuelle de l'humidité relative demeure faible (39,2 %).

### **- Vents**

Les vents continentaux secs du Nord-Est et d'Est entrent en activité à partir d'octobre et persistent jusqu'en avril, puis sont relayés par ceux du Sud-Ouest et d'Ouest de mai à septembre. Les variations des moyennes décadaires de la vitesse du vent au cours de l'année sont reportées sur la figure 2. De 1,1 à 2,0 m/s (tabl. II) en régime d'harmattan, la vitesse du vent atteint 2,4 m/s en début de saison des pluies.

Des vents desséchant survenant pendant la phase de maturation du grain, du fait qu'ils accroissent le déficit de saturation de l'air, peuvent être dommageables aux cultures en provoquant l'échaudage.

En outre, les caractéristiques climatiques de la région favorisent une forte activité éolienne érosive particulièrement marquée en début de saison de culture et sur sol dénudé (ROOSE, 1984).

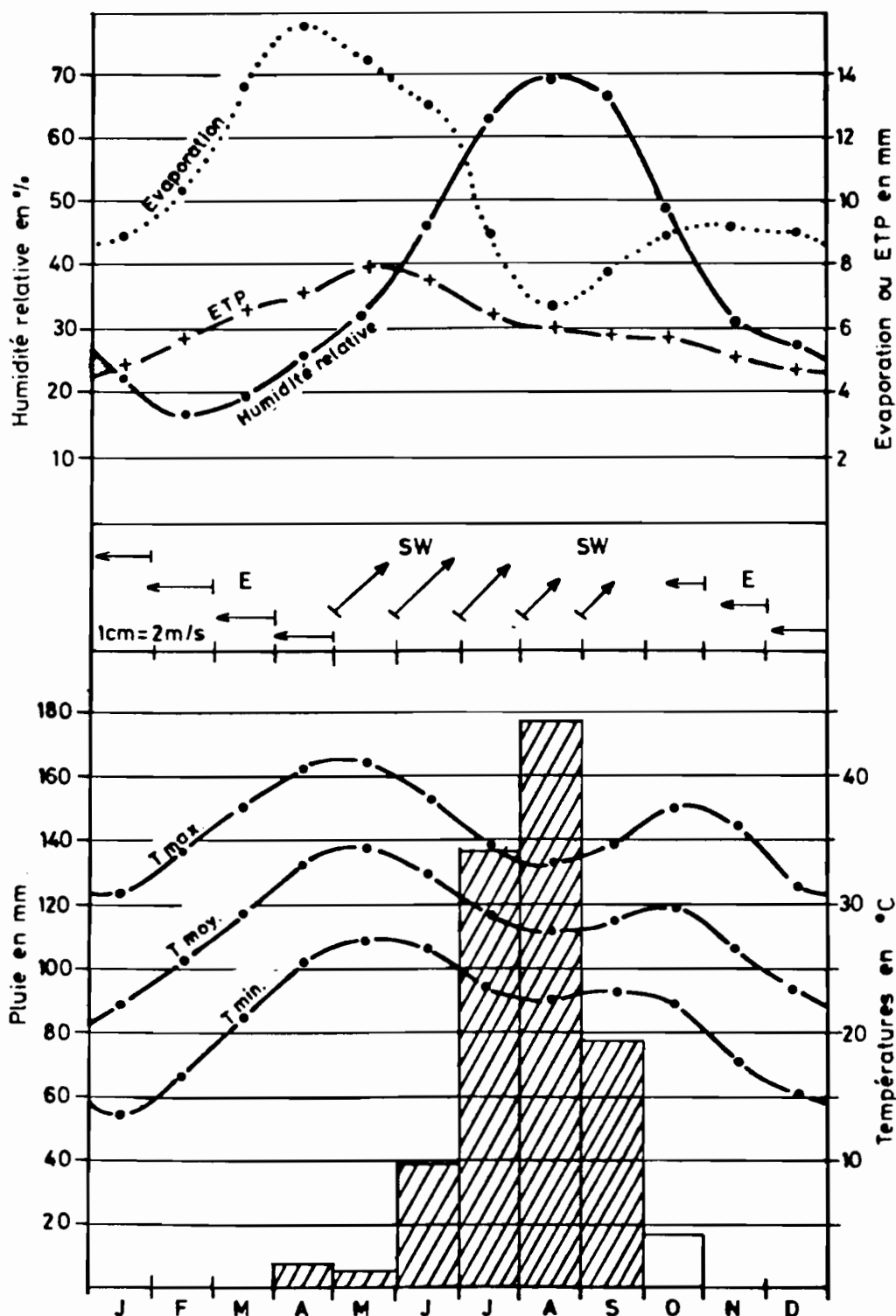


Figure 2 - Données climatiques (1987-1990) à la station climatologique de Bidi-Nayiri.

(Source : LAMACHERE, 1991, comm. pers.)

**Tableau II - Moyennes mensuelles et annuelles (1987 - 1990) des paramètres climatiques à la station climatologique de Bidi-Nayiri.**

Paramètres	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Ann.
Température max. (°C)	31.4	34.3	38.1	40.7	40.4	38.0	34.3	33.1	34.8	37.7	36.4	32.3	36.0
Température min. (°C)	14.4	17.0	21.0	25.6	27.1	26.6	23.6	23.1	23.4	22.2	17.8	15.5	21.4
(Tmax + Tmin)/2	22.9	25.7	29.6	33.2	33.8	32.3	29.0	28.1	29.1	30.0	27.1	23.9	28.7
Humidité relative (%)	21.0	18.4	19.0	26.0	33.9	48.5	63.3	69.4	66.3	47.0	30.1	28.0	39.2
Vitesse vent (m.s <sup>-1</sup> )	1.8	2.0	1.8	1.8	2.2	2.4	2.0	1.8	1.5	1.1	1.2	1.7	1.8
Direction vent	E	E	E	E	SW	SW	SW	SW	SW	E	E	E	-
Insolation (h)	8.9	9.2	9.2	8.4	10.0	8.3	8.2	8.2	8.4	9.1	9.7	8.5	8.8
ETP Penman (mm.j <sup>-1</sup> )	4.7	5.7	6.5	7.1	7.9	7.5	6.4	6.0	5.8	5.7	5.1	4.6	6.1
Eva. bac Colorado (mm.j <sup>-1</sup> )	9.0	10.9	13.7	15.4	14.4	13.0	9.0	6.8	7.9	9.0	9.6	9.1	10.7

#### - Durée d'insolation et rayonnement global

Les variabilités interannuelle et saisonnière de ces deux facteurs climatiques sont relativement minimales dans la zone semi-aride d'Afrique de l'Ouest selon les études de divers auteurs (COCHEME et FRANQUIN, 1967 ; CHEVALLIER *et al.*, 1985). CHEVALLIER *et al.* (*op. cit.*) ont trouvé à Oursi, situé 1° plus au Nord par rapport à Bidi, des valeurs moyennes interannuelles du rayonnement global (estimées à partir de la durée d'insolation) variant entre 2104 J/cm<sup>2</sup>/jour (en décembre) et 2502 J/cm<sup>2</sup>/jour (en mai).

A Bidi les valeurs minimales de la durée d'insolation sont observées au cours de la saison des pluies (8,2 à 8,4 h/jour) tandis que la valeur maximale apparaît en mai (10,0 h/jour) (tabl. II).

Ces deux paramètres climatiques jouent un rôle primordial dans la production des plantes. Le rayonnement global constitue la source des différentes formes d'énergie utilisées par les plantes dans les processus métaboliques et la production de matière sèche. La photopériode, du fait qu'elle induit la floraison des cultivars photopériodiques à une date à peu près fixe (si le semis n'est pas trop tardif), influence la durée de leur phase végétative en fonction de la date de semis, et partant leur potentiel de productivité (FRANQUIN, 1984).

### - Demande évaporative

La demande évaporative peut être appréhendée à l'aide d'appareils de mesure ou de formules de calcul. Celles-ci permettent d'estimer l'évapotranspiration potentielle à partir des données climatiques. La formule de PENMAN semble la mieux adaptée pour évaluer l'ETP en Afrique tropicale (RIOU, 1975).

Les valeurs d'évaporation bac Colorado obtenues à Bidi montrent que ce facteur y est sujet à de fortes variations saisonnières (fig. 2). Maximale pendant les périodes de forte chaleur (15,4 mm/jour en avril) (tabl. II), elle décroît quand s'installe la saison des pluies. Les valeurs de l'ETP Penman sont nettement plus faibles que celles de l'évaporation bac ; ce qui est conforme aux observations faites partout ailleurs.

La demande énergétique du climat est un facteur très important dans le bilan hydrique des cultures. Elle combine ses effets à ceux d'autres facteurs (eau disponible dans la rhyzosphère, capacité d'absorption du système racinaire par rapport au taux de transpiration) pour déterminer le déficit hydrique des plantes ; ce qui induit des réactions physiologiques adaptatives des plantes (régulation stomatique entre autres) en réponse au stress hydrique (CHAROY *et al.*, 1983).

### - Précipitations

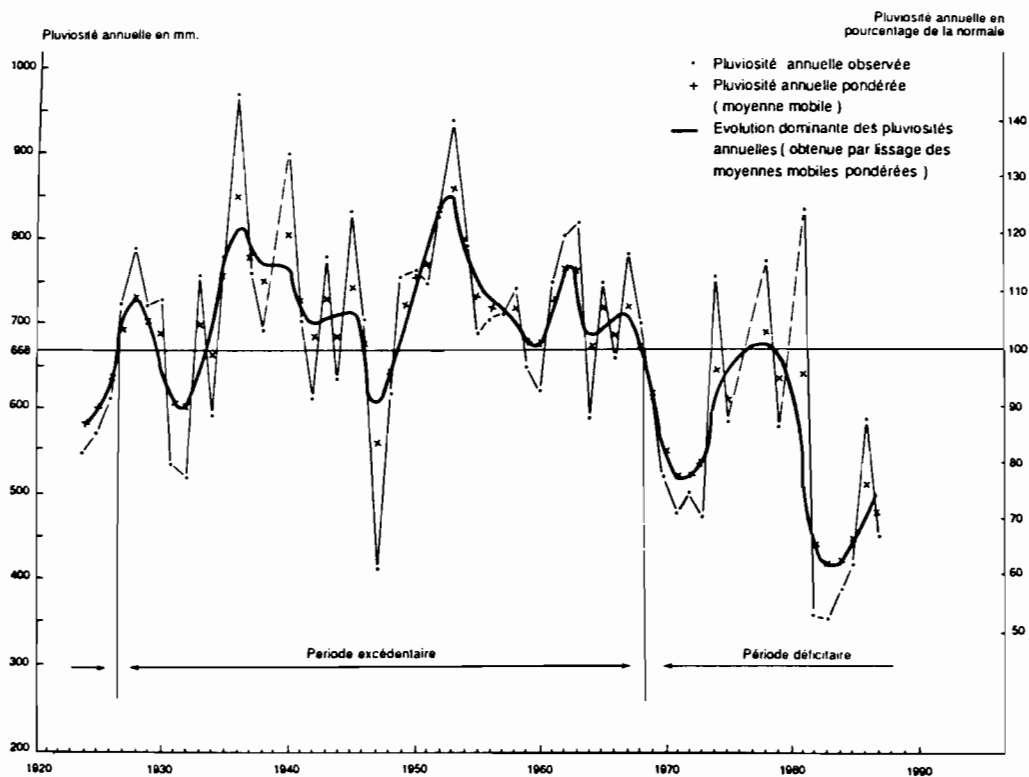
#### . Le contexte régional

Le tracé des moyennes mobiles annuelles de la chronique pluviométrique 1924 - 1987 de la station de Ouahigouya (fig. 3) montre que la pluviométrie de la période 1924 - 1968 se maintient à un niveau assez régulier (750 mm en moyenne). Mais depuis 1968, la région est en proie à une sécheresse exceptionnelle comme partout ailleurs dans la zone semi-aride d'Afrique de l'Ouest. Selon ALBERGEL (1987), les années 1968 - 1969 marquent une rupture climatique caractérisée par une réduction de l'ordre de 200 mm et un accroissement de la variabilité spatio-temporelle dans la série postérieure à 1968. Les moyennes décennales des pluies à Ouahigouya au cours des périodes 1950 - 1968, 1950 - 1987, 1969 - 1987 montrent bien cette régression des moyennes enregistrées (fig. 4).

Sur le plan agronomique, l'extrême variabilité spatio-temporelle des précipitations enlève toute signification réelle aux valeurs moyennes dans l'étude des pluies et de leurs conséquences sur la production agricole. Il s'avère alors plus judicieux de chercher à connaître les fréquences d'occurrence d'une pluviosité donnée. Le tableau III donne les valeurs moyennes mensuelles et annuelles espérées durant la période 1970 - 1987 à Ouahigouya.

**Tableau III - Variabilité fréquentielle des pluviométries mensuelles et annuelles (1970 - 1987) à la station de Ouahigouya.**  
(D'après SOME, 1989)

Fréquences	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Année
8/10	0	7.3	45.0	105.3	111.7	63.2	0.2	420.0
5/10	4.7	18.4	66.0	134.4	137.8	69.9	11.6	521.7
2/10	13.2	40.3	110.4	199.7	172.8	133.3	48.2	758.2
<b>Moyennes</b>	<b>10.4</b>	<b>55.0</b>	<b>80.4</b>	<b>139.8</b>	<b>139.5</b>	<b>74.4</b>	<b>20.3</b>	<b>531.9</b>



**Figure 3 - Tendence des précipitations annuelles à la station de Ouahigouya.**  
(Source : ELDIN, 1989)

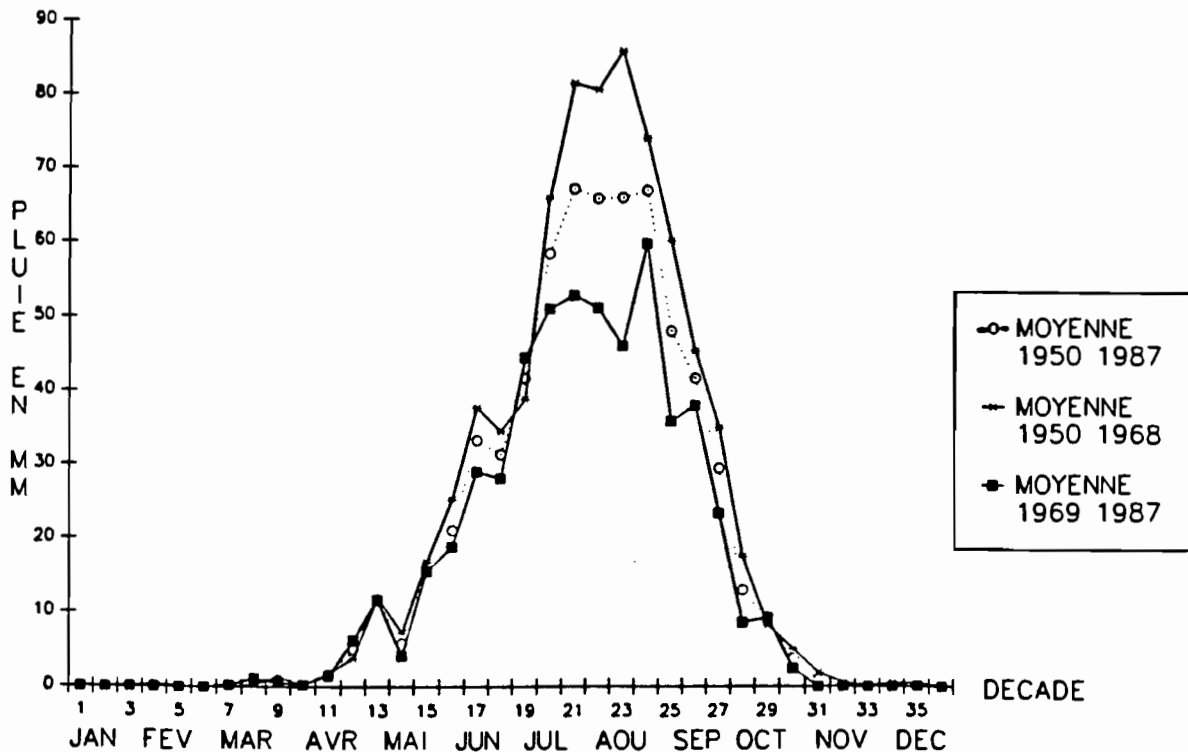


Figure 4 - Comparaison des moyennes décadaires de la pluviométrie à la station de Ouahigouya.

(Source : SOME, 1989)

### . Le contexte de Bidi

En comparaison avec la moyenne annuelle de la série pluviométrique 1920-1968 qui est de 725 mm à Bidi (SERPANTIE *et al.*, 1988), la pluviométrie annuelle moyenne de la période 1985-1991 a subi une baisse notable. Celle-ci est de 487 mm pour 44 jours de pluie (tabl. IV). La variabilité interannuelle est assez forte : par exemple le total annuel observé en 1991 est de 638 mm contre 352 mm en 1985. Le coefficient de variation de la pluie annuelle, calculée sur les sept années d'observation, est de 21 %. Ce coefficient, assez élevé, est indicateur du caractère aride du climat puisqu'il est démontré que l'irrégularité des précipitations augmente avec la réduction des quantités annuelles des pluies (RIOU, 1980).

Le nombre réduit des années d'observation des pluies ne permet pas d'analyser fréquemment la pluviométrie de Bidi.

**Tableau IV - Pluviométrie (1985 - 1991) à la station climatologique de Bidi-Nayiri.**

Années		Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Total
1985	(1)	-	0.5	27.5	114.6	169.3	36.6	4.1	352.6
	(2)	-	1	5	10	15	8	1	40
1986	(1)	-	5.8	55.0	165.7	140.1	112.2	22.2	501.0
	(2)	-	3	4	13	10	12	1	43
1987	(1)	-	0.5	43.1	117.6	90.1	182.5	4.5	438.3
	(2)	-	1	10	13	10	13	3	50
1988	(1)	38.6	1.0	31.1	102.0	327.5	41.3	10.6	552.1
	(2)	1	2	5	15	14	8	3	48
1989	(1)	-	0.8	46.5	144.8	287.5	43.4	29.3	552.3
	(2)	-	3	7	10	15	5	4	44
1990	(1)	3.5	25.1	28.2	174.1	53.1	60.4	28.5	372.9
	(2)	1	2	4	12	8	7	1	35
1991	(1)	4.7	34.5	75.3	200.6	222.4	67.3	33.3	638.1
	(2)	2	6	8	10	15	5	4	50
1985-1991	(1)	7.2	9.7	43.9	145.5	184.3	76.2	19.3	486.8
	(2)	0.6	2.6	6.1	11.9	12.4	8.3	2.4	44.3

(1) Précipitations (mm).

(2) Nombre de jours de pluies.

### 3.1.3 - L'évolution climatique récente et ses répercussions sur l'agriculture

Sur le plan agroclimatique, plusieurs variables sont utilisées pour caractériser les agro-écosystèmes. Ce sont entre autres :

- la durée de la saison de culture ;
- les dates de début et de fin de la saison de culture ;
- l'occurrence d'épisodes secs en cours de cycle ;
- les capacités d'infiltration et de rétention en eau des sols.

La péjoration climatique amorcée depuis les années 1968-1969 a eu pour conséquence d'exacerber les contraintes que peuvent générer ces variables pour les cultures :



- une réduction de la durée du cycle cultural de 10 à 20 jours ;
- une variabilité accrue de la date de fin de saison des pluies ;
- une augmentation du nombre d'années à plus de trois décades sèches et des périodes à durée du déficit hydrique supérieure à 10 jours consécutifs ;
- une baisse des capacités d'infiltration et de rétention en eau des sols et ses corollaires, consécutifs à la diminution de biomasse sur les parcelles de cultures (BOSC *et al.*, 1990).

Il s'en suit pour les paysans des risques de sécheresse sévère en cours de cycle et des risques de durée du cycle réduite. La figure 5 montre le risque encouru par les paysans au niveau de la variable "durée optimale de la saison de culture" à Ouahigouya.

Une autre conséquence de l'évolution climatique récente, qui est en fait un corollaire des constats précédents, est l'amenuisement du nombre des espèces cultivées possibles dans une zone donnée. Un exemple patent en est la disparition de la culture du coton dans le bas-fond de Bidi. En outre, les paysans sont réduits à cultiver des variétés dont les besoins en eau sont moindres et, par conséquent, à potentiel de productivité moindre aussi (DANCETTE, 1983a).

En somme, la réduction pluviométrique des deux dernières décennies tend à porter à son paroxysme la précarité des écosystèmes cultivés.

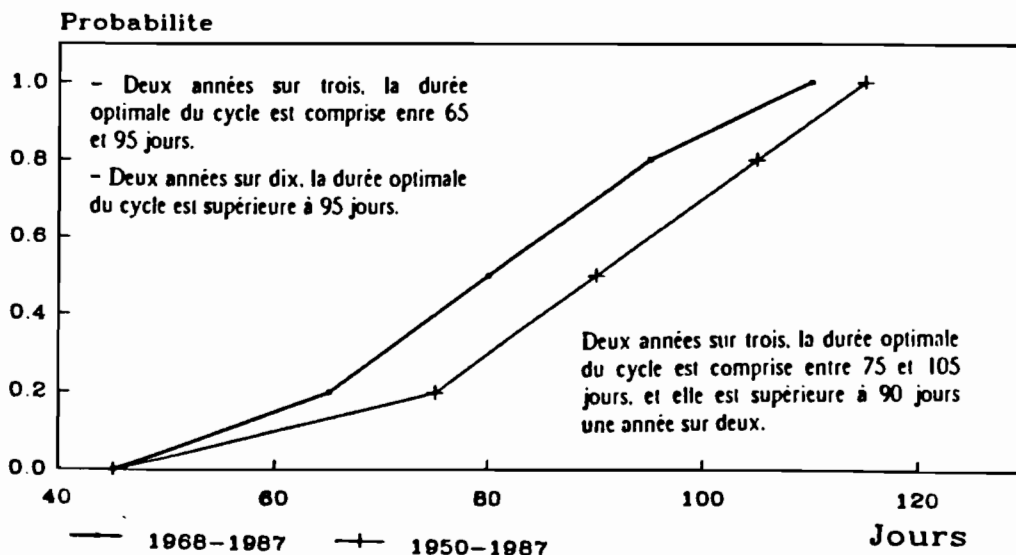


Figure 5 - Durée du cycle cultural. Station de Ouahigouya.

(D'après IRAT - CIRAD CLISOP, in BOSC *et al.*, 1990)

## 3.2 - Généralités sur le substrat édaphique

### 3.2.1 - Géologie

Les formations géologiques du Yatenga ont été étudiées et décrites en détail par différents auteurs (DUCELLIER, 1963 et DELFOUR, 1964, cités par BOULET, 1968 ; GANSORE et LANGEVIN, 1989). Il ressort de leurs travaux que deux ères géologiques ont présidé à la mise en place du substrat géologique : le Précambrien Terminal et le Tertiaire.

Les faciès pétrographiques précambriens sont constitués de granites roses, de complexes volcaniques et de complexes sédimentaires (schistes, tufs,...). Le socle granitique, affleurant dans la région de Bidi, raccorde en pente douce le massif de collines et de tables cuirassées de Koumbri (roches vertes et schistes birrimiens), au Sud-Est, et la plaine du Gondo, au Nord-Ouest (SERPANTIE *et al.*, 1988).

L'ensemble a subi depuis le Tertiaire des vagues alternées d'altérations, de cuirassements, d'entailles et de mouvements tectoniques de fracturation très souvent masqués par des dépôts éoliens sur des épaisseurs pouvant excéder deux mètres.

Le Tertiaire est marqué par les formations argilo-sableuses du Continental Terminal, discordantes sur le socle.

### 3.2.2 - Géomorphologie

Le relief de la région du Yatenga est peu accusé, présentant l'allure d'une surface faiblement ondulée dominée par quelques buttes témoins tabulaires où se dressent des collines, associées aux formations birrimiennes (BOULET, 1968).

A l'échelle du territoire de Bidi, les unités de paysage s'organisent suivant un gradient de pente. La figure 6 représente schématiquement une toposéquence type du terroir de Bidi et synthétise les types de sol, de végétation et d'utilisation du sol associés à chaque unité de paysage.

Zones	H.V	Sommets		Haut Versant		Bas Versant		Bas fond			B.V
Sous-Zones	Bowés	Cuirasse sommitale	Talus	Fenêtre	Haut versant sableux	Mi-versant non-hydromorphe	Bas-versant hydromorphe	Ch.	Bas-fond	Chanfrein	
Sols	Lithosols et sols peu épais SL		gravillon	sol squelettique arène gravill.	sol peu épais sableux	sableux	sableux à sablo-argileux Colluvio-éolien	SA à A	LA	SA à argileux tronqué	
Végétation ligneuse	Steppes herbeuses et fourrés Pterocarpus, Combretacées		fourrés combretacées	Brousse tigrée et steppes combretacées	Steppes herbeuses à fourrés combretacées Pterocarpus	Jachères (savane arbustive) Combretacées Guiera	Jachères (savane arbustive) Parc soudano-sahélien Guiera et Piliostigma r.		savane boisée Parc soudanien Piliostigma	Steppe Balanites Acacias	
Utilisation du sol	Parcours		Parcours	Parcours	Parcours et Mil	Mil	Mil et arachide, habitat	jar-dins	Sorgho, riz vergers	Routes, mil, habitats	

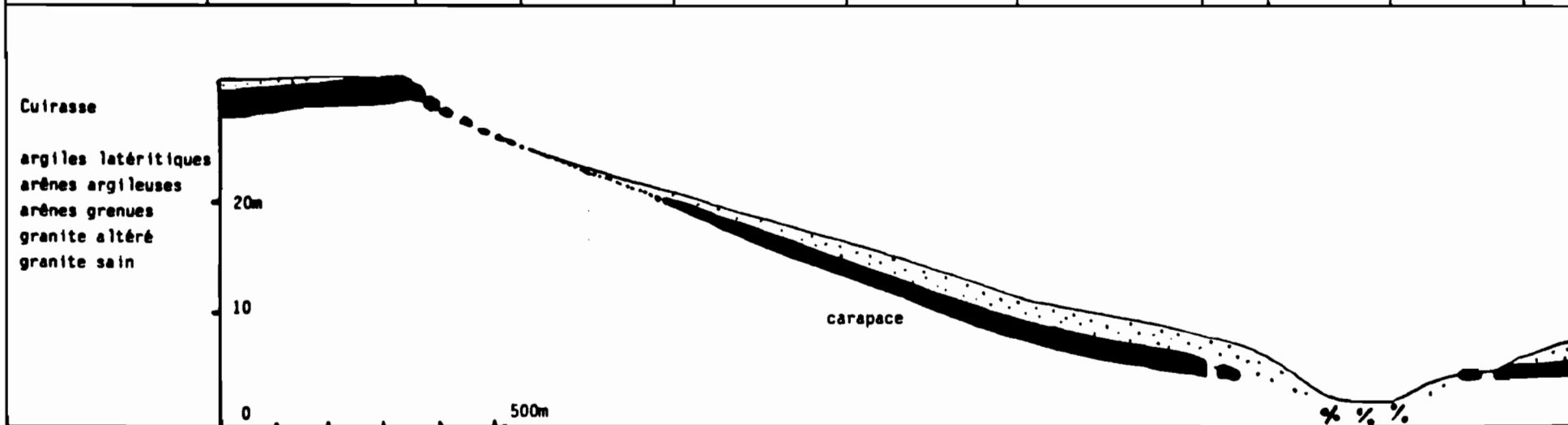


Figure 6 - Toposéquence type de la région de Bidi.

(Source : SERPANTIE et al., 1988)

### 3.2.3 - Pédologie

Une étude morphopédologique régionale du Yatenga (ZOMBRE, 1991a) révèle que la majeure partie des sols sont des lithosols, des sols peu évolués d'érosion et des sols ferrugineux tropicaux, généralement incultes. Les meilleures terres de culture se rencontrent parmi les sols bruns eutrophes vertiques, les sols peu évolués d'apport colluvial et/ou alluvial et les sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble, très minoritaires et développés sur les glacis colluviaux, les plaines alluviales et dans les bas-fonds. La figure 7 donne une idée des principaux types de sols rencontrés dans la région de Bidi.

D'une façon générale ces sols, comme du reste la majorité des sols du Burkina (DEMBELE et SOME, 1991 ; SOME, 1989), présentent un faible niveau de fertilité chimique notamment une carence en azote, en phosphore et en matière organique. En attestent les résultats analytiques qui ont pu être obtenus dans différentes circonstances à Ziga et Sabouna (DUGUE, 1989), et à Bidi, Sanga et Goinré (ZERBO, 1991 ; ZOMBRE, 1991b).

Cela est sans conteste imputable :

- aux défrichements abusifs qui exposent le sol à l'érosion aussi bien hydrique qu'éolienne ;
- au caractère minier de l'agriculture, qui exporte absolument tout du champ sans jamais rien y restituer ;
- à la réduction de la jachère, voire même son abandon ;
- au faible développement de l'utilisation des engrais minéraux et de la fumure organique ;
- etc.

Cette pauvreté en fertilisants chimiques de ces sols se double :

- d'une détérioration de leur fertilité physique matérialisée par un fort taux de ruissellement pouvant atteindre 80 % sur les sols gravillonnaires non cultivés (GERES, 1965) ;
- de phénomènes de battance particulièrement accrus sur les sols à texture sablo-argileuse et pauvres en matière organique ;

- et enfin d'une dégradation de l'horizon de surface. Une des manifestations les plus spectaculaires en sont les *zipellé*, qualifiés de façon métaphorique de "lèpre du Yatenga" par MARCHAL (1983). Ce sont des sols argilo-sableux décupés laissant apparaître une croûte de battance colmatée et imperméable de sorte que le profil s'humecte très peu. Il s'en suit que la végétation naturelle y est très rare et l'activité biologique très réduite.

Une gestion conservatoire des eaux et des sols par des techniques traditionnelles appropriées de répartition et de freinage du ruissellement (ROOSE, 1989) offre des possibilités de régénérer ces surfaces à faible coût.

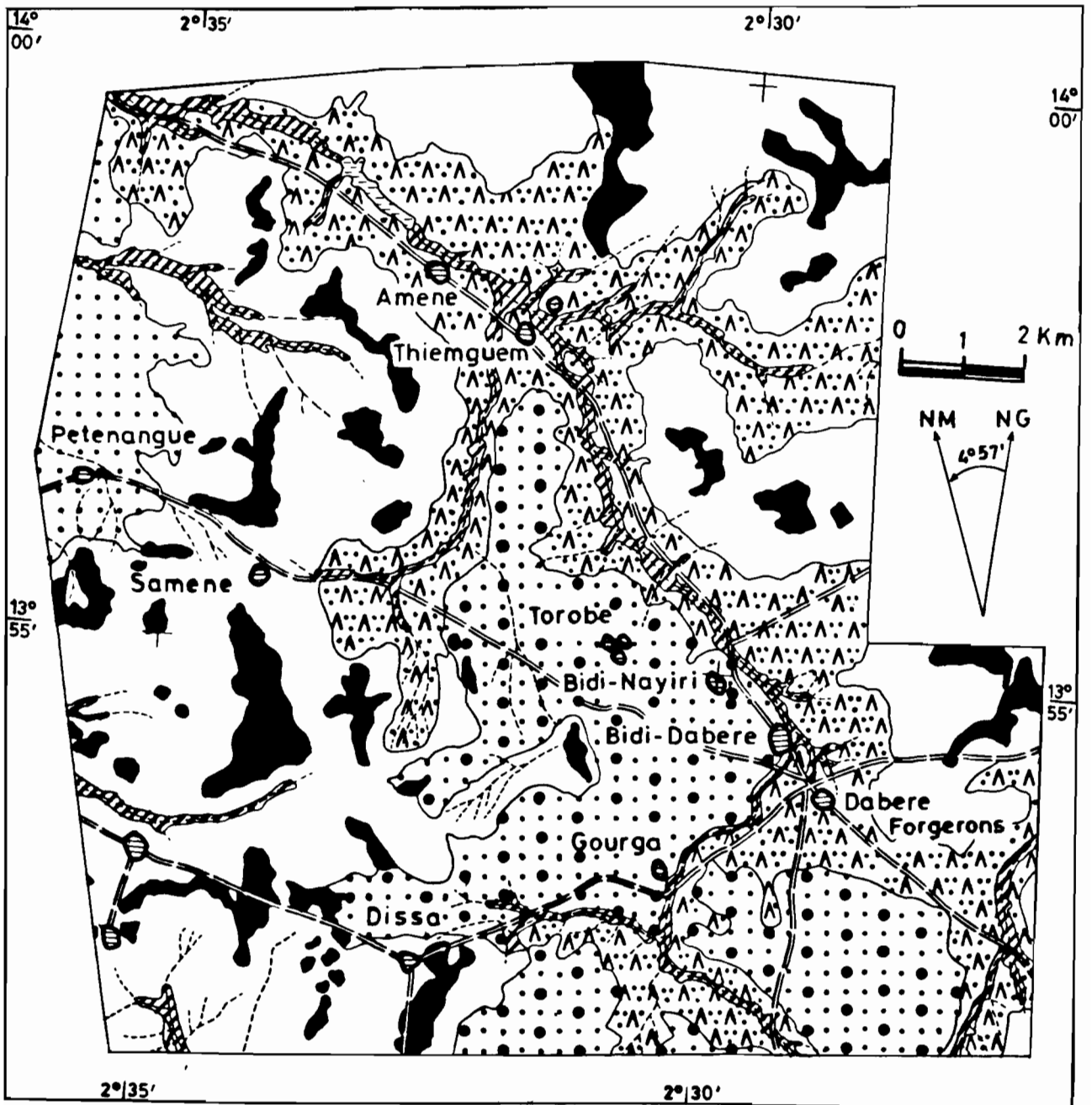









Figure 7 - Carte morphopédologique de la région de Bidi.

(Extraite de la carte morphopédologique de la région du Yatenga, ZOMBRE, 1991a).

**LEGENDE DE LA CARTE MORPHOPEDOLOGIQUE**

UNITES GEOMORPHOLOGIQUES	UNITES DES SOLS DE L'ASSOCIATION	LITHOLOGIE OU MATERIAUX
 Buttes et affleurements cuirassés	11	Meta-sédiments argileux ou argilo-gréseux
 Buttes et affleurements rocheux	12 ; 21 .	Complexe volcano-sédimentaire (schistes, tufs, laves et sédiments associés).
 Glacis fortement à moyennement érodés	21 ; 11 ; 43 .	
 Glacis colluviaux	42 ; 51 ; 31 .	
 Pseudoglacis à recouvrement sableux	21 ; 12 ; 42 .	Granite à biotite parfois muscovite (Birrimien).
 Glacis moyennement érodés sur ergs anciens	41 ; 43	Formations sédimentaires du Continental Terminal
 Plaines colluvio-alluviales et bas-fonds	51 ; 22 ; 42 .	Colluvions et alluvions

Légende des Unités des Sols1 - SOLS MINERAUX BRUTS

- 11 - Lithosols sur cuirasse ferrugineuse
- 12 - Lithosols sur roches diverses

2 - SOLS PEU EVOLUES

- 21 - Sols peu évolués d'érosion régosolique
- 22 - Sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial hydromorphe

3 - SOLS BRUNIFIES TROPICAUX

- 31 - Sols bruns eutropes tropicaux vertiques sur matériaux argileux

4 - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

- 41 - Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sur sable éalien
- 42 - Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sur matériaux sablo-argileux
- 43 - Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés sur matériaux gravillonnaires

5 - SOLS HYDROMORPHES

- 51 - Sols hydromorphes à pseudogley structuré sur matériaux sablo-argileux

### 3.3 - La végétation

Selon le découpage phytogéographique du Burkina réalisé par GUINKO (1984), la région de Bidi appartient au secteur phytogéographique subsahélien, zone où interfèrent de nombreuses espèces sahéliennes et soudaniennes ubiquistes. La végétation, à dominante herbacée, est dans l'ensemble une steppe à arbrisseaux, arbres et arbustes, très éparpillés et à fourrés. Elle est sillonnée au niveau des bas-fonds par de minces forêts-galeries.

Le développement du couvert végétal est fortement affecté par l'aggravation des contraintes hydriques, conséquence directe de la sécheresse qui sévit dans la zone depuis 1968, conjuguée à l'action anthropique et à la "dent du bétail" (système de production particulièrement prédateur). On constate une colonisation des terrains très dégradés par des espèces sahariennes telles que *Maerua crassifolia*, *Pergularia tomentosa* et des épineux dont certains Acacia (TEZENAS DU MONTCEL, 1987).

Les résultats d'une étude comparée de l'occupation du sol sur le terroir de Bidi entre 1952 et 1984 (tabl. V) sont démonstratifs de la détérioration du couvert végétal dans la région.

**Tableau V - Evolution de l'occupation du sol sur le terroir de Bidi entre 1954 et 1984.**  
(Source : SERPANTIE *et al.*, 1988)

	Cultures et Jachères récentes	Jachères anciennes	Zones sans végétation ligneuse	Végétation dense du domaine noncultivé
1954	14*	17	2	67
1984	34	18	26	22
Ecart	+1560 ha	+120 ha	+1870 ha	-3550 ha

\* En pourcentage de la superficie (7825 ha).

### 3.4 - Conclusion sur le milieu physique

*Un milieu écologique en proie à une évolution régressive inquiétante.* Cette formule lapidaire résume bien les caractéristiques du milieu physique de Bidi et plus généralement du Yatenga.

Pour être plus détaillé, nous synthétisons ces caractéristiques avec BOSC *et al.* (1990) en ces termes :

"- les sols : érosion et réduction de la fertilité, encroûtement favorisant le ruissellement ;

- la végétation en voie de disparition ;

- l'agriculture frappée d'une très forte diminution des rendements ;

- les évolutions climatiques renforcent, de manière immédiate, ce processus physique de dégradation par le biais notamment des réactions paysannes d'accroissement des superficies cultivées, en réponse à la baisse pluviométrique et à l'incertitude climatique."

Dans un tel contexte, quel est le sort des bas-fonds, dont l'originalité et l'intérêt considérable pour l'agriculture et plus particulièrement pour la riziculture ont été soulignés par nombre d'auteurs ?

#### **4 - LES BAS-FONDS DANS LA REGION DE BIDI**

Définissons d'abord le concept "bas-fond". La littérature traitant de la problématique des bas-fonds (BROUWERS, 1970 ; KILIAN et TEISSIER, 1973 ; RAUNET, 1984 et 1985 ; MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL BURKINA FASO, 1984 ; OOSTERBAAN *et al.*, 1987 ; BERTON, 1988 ; ZEPPEFELDT et VLAAR, 1990 ; etc.) foisonne en définitions du concept "bas-fonds" mais aucune ne fait le consensus général. Nous retiendrons la définition donnée par ZEPPEFELDT et VLAAR (1990), basée sur celle de RAUNET (1985), mais d'une portée plus large :

"Des fonds plats ou concaves des axes d'écoulement temporaires, qui sont inondés pendant des périodes d'au moins plusieurs jours, et dans lesquels on trouve des sols aux caractéristiques hydromorphes ".

Elle circonscrit de façon satisfaisante les bas-fonds de la région de Bidi.

##### **4.1 - Caractères généraux, environnements géologique, morphologique et pédologique**

Le réseau de bas-fonds qui sillonne la région de Bidi localise sa tête dans les dépressions périphériques des collines au Sud-Est. Son tracé acquiert au niveau de Bidi un caractère typiquement structural en suivant certaines fractures. A l'approche de la plaine



de Gondo, du fait de la faiblesse des pentes, il subit une dégradation en des deltas endoréiques parsemés de mares temporaires (SERPANTIE *et al.*, 1988).

Ce réseau de bas-fonds répond assez bien à l'analyse structurale des bas-fonds en zone intertropicale faite par RAUNET (1985). Le schéma général d'amont en aval autorise *grosso modo* la différenciation ternaire suivante, d'après LAMACHERE *et al.* (1991) :

- une partie amont, au dessus de l'altitude 325 mètres, où la pente longitudinale atteint 9 ‰, où le profil transversal est concave avec une zone centrale de largeur inférieure à 50 mètres. Elle englobe le tronçon de Soulou ;

- une partie médiane, incluant le bief Gourga-Tilli-Nayiri, entre les altitudes 325 et 300 mètres, où la pente longitudinale est de l'ordre de 2 ‰, avec un glacis de raccordement de pente assez forte (2 à 3 %) et complètement dénudé et une zone centrale inondable large de 100 à 200 mètres, à fond plat incisé d'un lit mineur étroit et peu profond au dessous de l'altitude 310 mètres ;

- une partie aval, au dessous de l'altitude 300 mètres, où la pente longitudinale est faible (0,7 ‰) et où la zone centrale, jalonnée de mares temporaires, s'élargit jusqu'à 200 à 300 mètres. Elle intègre le tronçon d'Amené.

Sur toute sa longueur, le bas-fond et son bassin versant reposent entièrement sur l'important massif granitique affleurant dans la région de Bidi et dont l'altération depuis l'ère Tertiaire sous un climat chaud et humide a abouti au profil d'altération caractéristique schématisé sur la figure 8. Les indurations, les cuirasses et les carapaces sont le plus souvent masquées sous une faible épaisseur par des sables éoliens récents.

Les caractéristiques morphopédologiques, déterminées globalement sur chacune des trois parties du bas-fond par ZERBO (1991), mettent en évidence le type morphologique étroit et peu marqué dans les parties amont et médiane et le type large et peu marqué dans la partie aval (selon la typologie des bas-fonds en Afrique de l'Ouest élaborée par KILIAN et TEISSIER, 1973).

La zone centrale, dans les parties amont et médiane du bas-fond, est occupée par des sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphes en profondeur et dans la partie aval, par des sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble.

Sur les versants, de part et d'autre de la zone centrale, les sols sont essentiellement des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions. Dans la partie aval du bas-fond, on rencontre en outre des sols peu évolués d'apport alluvial mais en faible proportion.

Les caractéristiques physico-chimiques de ces sols sont récapitulées dans l'annexe I.

En résumé, on retiendra que ces sols présentent un faible niveau de fertilité chimique : ils sont pauvres à très pauvres en matière organique ; le rapport C/N bas traduit une forte activité minéralisatrice dans ces sols ; ils sont tous carencés en NP, pauvres à moyennement riches en  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  exceptés les sols hydromorphes à pseudogley qui sont riches en ces éléments mais pauvres à très pauvres en  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ .

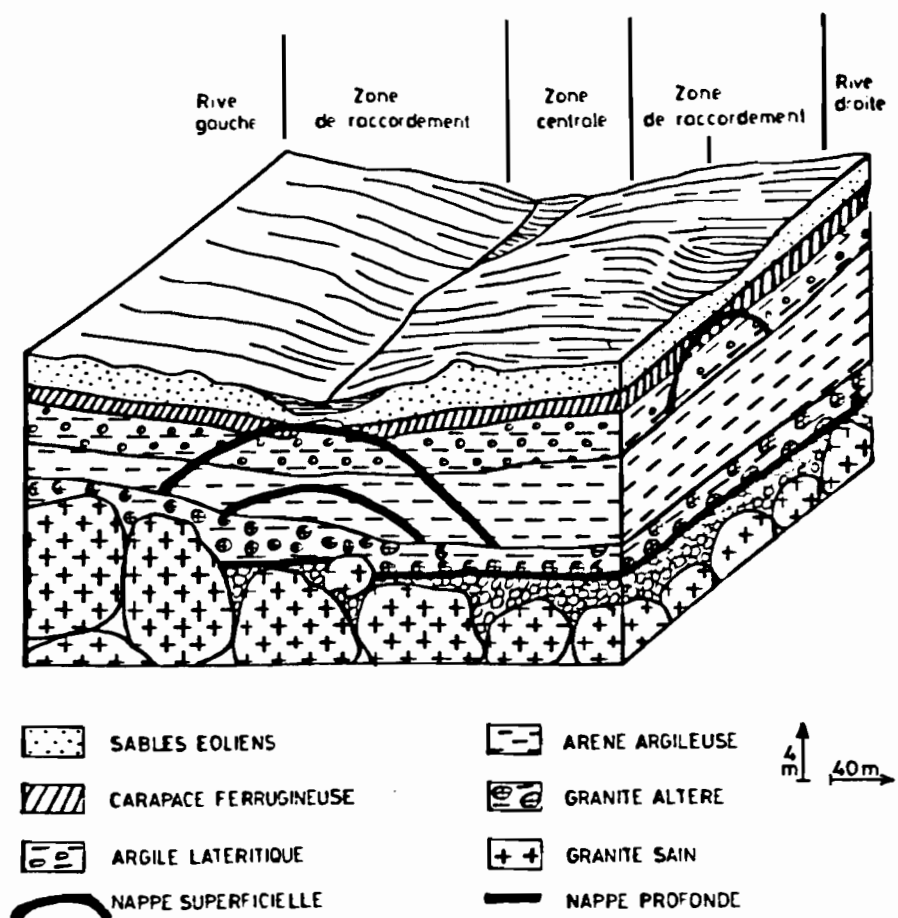


Figure 8 - Bloc diagramme du bas-fond de Bidi, partie médiane.

(Source : LAMACHERE *et al.*, 1991)

#### 4.2 - Végétation et évolution de l'utilisation des terres

Dans le contexte de dégradation du milieu naturel dans le Yatenga en général (MARCHAL, 1983) et dans la région de Bidi en particulier (SERPANTIE *et al.*, 1988), les bas-fonds conservent une certaine luxuriance de leur végétation nonobstant l'abaissement du niveau des nappes phréatiques.

S'y concentrent les espèces ligneuses cultivées : *Mangifera indica* et *Psidium guayava*, les arbres de cueillette : *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica*, *Lannea microcarpa*, *Butyrospermum paradoxum* subsp. *parkii*, *Parkia biglobosa*, ainsi que les plus beaux spécimens d'espèces ubiquistes soudaniennes et ripicoles sahéniennes (LAMACHERE *et al.*, 1991).

Le bas-fond *stricto sensu* est occupé en sa partie amont par une savane arbustive dense qui comprend, outre des arbres de cueillette, les espèces *Combretum micranthum*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, *Boscia senegalensis*, *Ziziphus mauritiana*, *Acacia albida*, etc. Dans la partie médiane apparaissent, en plus des espèces sus-citées, *Cassia sieberiana*, *Anogeissus leiocarpus* et des vergers de *Mangifera indica*. Enfin dans la partie aval se développent *Terminalia macroptera* et *Mitragyna inermis*. La strate herbacée est caractérisée par des espèces telles *Schoenefeldia gracilis*, *Cenchrus biflorus*, *Aristida adensionis*, *Zornia glochidiata* dans la partie amont, progressivement remplacées par *Eragrostis tremula*, *Andropogon gayanus* dans la partie médiane puis par *Panicum laetum*, *Oryza barthii* et *Vetiveria nigriflora* dans la partie aval (LAMACHERE *et al.*, *op. cit.*).

La péjoration climatique des 20 dernières années a conduit à une modification de la gestion des petits bas-fonds soudano-sahéliens. Celui de Bidi, autrefois réservé à la rente (coton, riz), à la pâture et à l'arboriculture, a vu sa fonction orientée quasi exclusivement vers la sécurité vivrière (SERPANTIE, 1988).

Actuellement le sorgho est la plante prépondérante du système de culture du bas-fond. Il est cultivé en extensif sur les zones atteintes par les crues moyennes et fortes. La riziculture traditionnelle, elle, est en voie de disparition. Elle est pratiquée dans les parties médiane et aval du bas-fond sur les sols d'apport alluvial hydromorphes en profondeur des zones les plus basses. Les glacis de raccordement, zones rarement inondées, accueillent les cultures de mil, arachide, gombo et dâ, s'ils ne sont pas incultes (*zipellé*, fréquents dans la partie médiane du bas-fond). L'arboriculture fruitière et le maraîchage de contre-saison, plus développés dans la partie aval que médiane, est au mieux en stagnation.

Mais ce mode de valorisation actuel des terrains du bas-fond comporte certains risques pour les cultures vivrières liés aux conditions hydriques. Une connaissance des paramètres déterminant celles-ci facilitera la compréhension des modalités d'influence du régime hydrique du bas-fond sur les cultures qui s'y développent.

# Chapitre II

## CHAPITRE II

### CARACTERISATION DES PARAMETRES

### DETERMINANT LES CONDITIONS HYDRIQUES

#### 1 - OBJET

Les bas-fonds sont "les axes de convergence préférentielle des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques" (RAUNET, 1984).

Ces eaux qui affluent dans les bas-fonds ont pour origine les précipitations. Celles-ci peuvent être qualifiées de "facteur générateur" des conditions hydriques dans le bas-fond.

Mais les manifestations des pluies en termes de conditions hydriques spécifiques dans le bas-fond sont modulées par un certain nombre de paramètres (caractéristiques du bassin versant, modelé du bas-fond, caractéristiques physiques des sols du bas-fond). Nous qualifions ces derniers de "facteurs modulateurs" des conditions hydriques dans le bas-fond.

Dans ce chapitre, nous nous attacherons à caractériser ces deux catégories de facteurs ainsi que le régime hydrique qu'ils déterminent. Celui-ci sera présenté dans l'optique des contraintes et/ou des conditions favorables qu'il crée pour les cultures.

Auparavant, précisons la signification de certains termes pour une compréhension plus aisée des développements qui suivront.

#### 2 - DEFINITIONS

En paraphrasant BOULAIN (1978), nous définissons le régime hydrique du bas-fond comme étant la succession des conditions hydriques dont celui-ci est le siège. Ces conditions hydriques sont relatives à l'état de l'humidité dans le sol et à la surface du sol.

La présente étude s'intéresse au bas-fond *stricto sensu*, qui est aussi désigné sous la dénomination "zone centrale" lorsque le mot bas-fond est pris dans son acception la plus large. Pour mieux cerner l'influence du régime hydrique sur les cultures, nous avons scindé la zone centrale en trois zones topographiques haute, médiane et basse, qui sont soumises

à des conditions hydriques suffisamment spécifiques pour laisser supposer des effets différents sur les cultures. Ces trois zones haute, médiane et basse, que nous désignerons aussi conventionnellement par les lettres A, B et C respectivement, se définissent ainsi :

- zone C : parties du bas-fond inondées par les petites crues ;
- zone B : parties du bas-fond inondées par des crues moyennes, à l'exclusion de la zone C ;
- zone A : parties du bas-fond submergées par les crues fortes, à l'exclusion des zones B et C.

### **3 - METHODOLOGIE**

#### **3.1 - Dispositifs et protocoles expérimentaux des mesures pluviométriques et hydrologiques**

##### **3.1.1 - Les mesures pluviométriques**

Sur le bassin versant de la rivière Aoto, un réseau de pluviomètres et pluviographes a été installé (cf. annexe II). Les données pluviométriques prises en compte dans l'étude proviennent des pluviomètres P1 et P8 de ce réseau, situés à environ 1 500 mètres des sites de Tilli et de Gourga respectivement, et du pluviomètre P7 de la station climatologique de Nayiri, située à 250 mètres du site du même nom. Nous avons opéré ce choix pour tenir compte de la grande variabilité spatiale des pluies dans la région.

##### **3.1.2 - Les mesures hydrologiques**

Les limnigraphes de l'amont de la digue filtrante, du microbarrage et de Tilli (fig.9) ont été mis à contribution pour la fourniture des données hydrologiques (cotes des crues) qui ont permis d'apprécier le régime d'inondation du bas-fond.

L'étude des fluctuations de la nappe superficielle a nécessité l'analyse des relevés piézométriques (LAMACHERE et OUEDRAOGO, 1991 ; LAMACHERE, 1991, comm. pers.) de trois lignes piézométriques (n° 2, 4 et 5), les plus proches de nos sites d'expérimentation agronomique (fig.9). Chaque ligne compte 5 à 7 piézomètres répartis sur une distance de 200 mètres chevauchant la zone centrale sur des profondeurs de 6 à 10 mètres. La fréquence des relevés, effectués à la sonde lumineuse, a été fixée à un relevé tous les trois jours en saison pluvieuse.

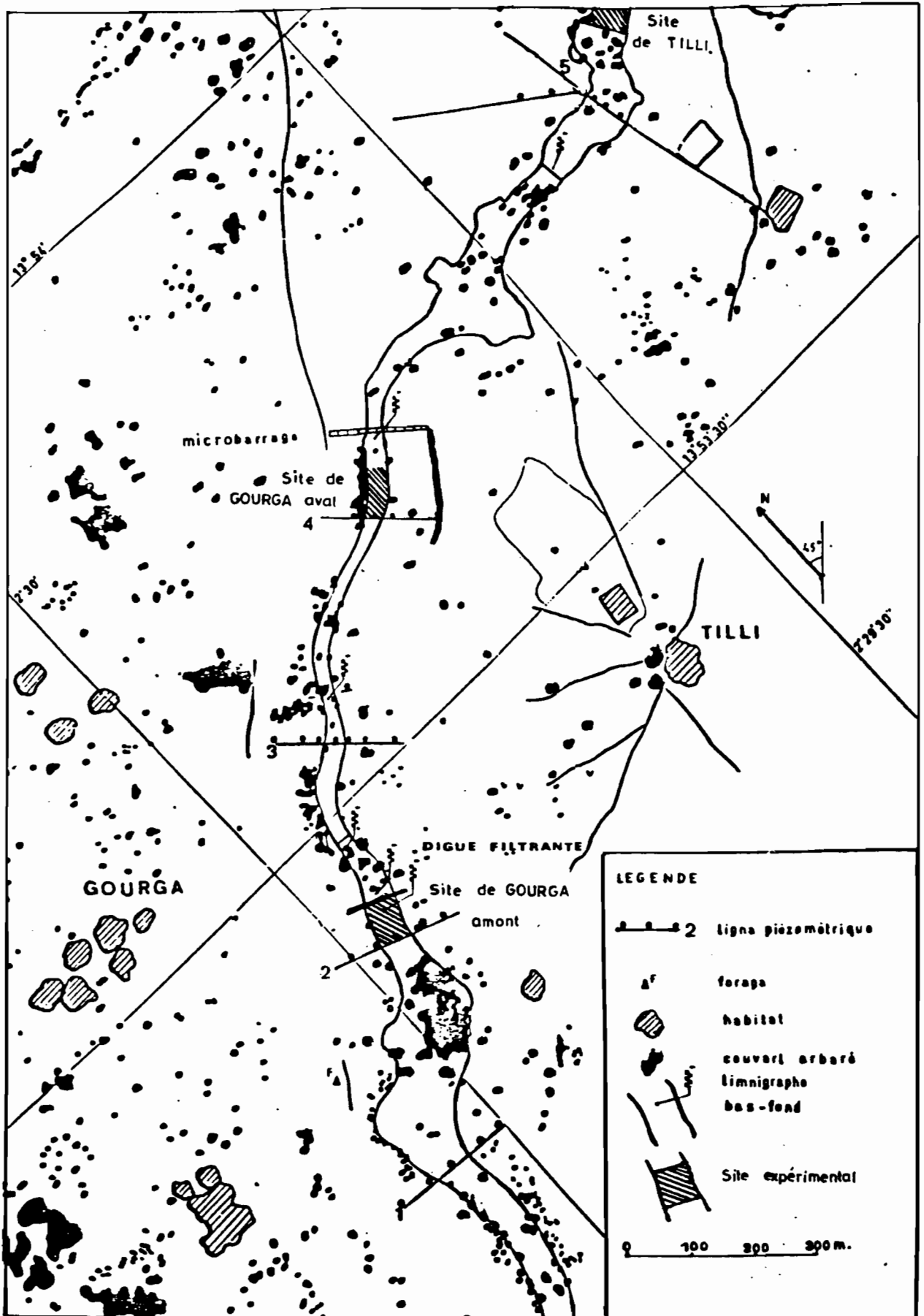


Figure 9 - Bas-fond de Bidi, portion Gourga - Tilli.

(Source fond de carte : LAMACHERE et al., 1991)

### **3.2 - Méthodes de caractérisation morphopédologique des sites d'expérimentation**

#### **3.2.1 - Morphologie des sites**

La démarche méthodologique adoptée est inspirée de celle des pédologues IRAT KILIAN et TEISSIER (1973).

Nous avons effectué des nivellements transverses de 400 à 600 mètres chevauchant symétriquement l'axe central du bas-fond dans les sites de Gourga amont, Gourga aval, Tilli et Nayiri ; ce qui permettra de représenter de façon précise "l'ossature physiographique" du bas-fond en chacun de ces endroits.

Concomitamment des observations et mesures relatives aux variables descriptives suivantes ont été réalisées :

- encaissement ;
- forme, pente et longueur des versants ;
- largeur et forme de la zone centrale ;
- jonction versant - zone centrale (ligne de rupture de pente) ;
- végétation et/ou utilisation ;
- pente transversale.

#### **3.2.2 - Caractéristiques morphologiques des sols**

Une connaissance fine des sols a nécessité l'ouverture et la description de profils pédologiques (2 à 3 par site). Ils sont localisés dans l'axe de nivellement transverse et dans les zones topographiques haute, médiane et basse du bas-fond, où sont installées les placettes de suivi agronomique (cf. chap. III, parag. 2.1).

Les directives FAO (1977) ont été utilisées comme base de description des profils. Les couleurs des horizons sont indiquées en référence au Code Munsell. La dénomination des sols rencontrés se réfère à la CPCS (1967).

Le "découpage" des profils en horizons est une opération fondamentale en pédologie de terrain. En effet l'horizon est l'unité de base de prélèvement des échantillons de sol pour les analyses de laboratoire (BAIZE, 1988).

Le prélèvement des échantillons de sol sur tous les profils décrits s'est voulu conforme à cet impératif.



### 3.2.3 - Caractéristiques analytiques physiques des sols

Les analyses, réalisées par le BUNASOLS selon les méthodes ci-dessous (BUNASOLS, 1987), ont concerné les caractéristiques physiques et les caractéristiques hydriques :

- granulométrie de la terre fine ( $< 2 \text{ mm}$ ) : attaque de la matière organique à l'eau oxygénée, dispersion par agitation mécanique en présence d'hexamétaphosphate de Na ou de pyrophosphate de Na ; fractions argile ( $0-2 \mu$ ), limon fin ( $2-20 \mu$ ) et limon grossier ( $20-50 \mu$ ) déterminées par vitesse de sédimentation (pipette ROBINSON), sable fin ( $50-200 \mu$ ) par tamisage humide ; résultats exprimés en pourcentage pondéral de la terre fine séchée à l'air ;

- masse volumique apparente sèche (densité apparente) : mesures sur mottes non perturbées ; enrobage à la paraffine ; volume d'enrobage déterminé grâce au principe d'Archimède ;

- humidités pondérales au pF 2.5 - 3.0 - 4.2 : méthode d'extraction de l'eau sous pression (Marmite de RICHARD) : application d'une pression déterminée sur les échantillons de sol préalablement saturés d'eau ; élimination de l'excès d'eau jusqu'à équilibre entre la pression et la force de rétention de l'eau par le sol ; détermination de l'humidité pondérale.

## 4 - RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 4.1 - Les caractéristiques des pluies au cours de la campagne

L'année 1991 a enregistré une pluviométrie de 638 mm, jamais égalée ni dépassée au cours de la période d'observation 1985-1991 ni même au cours des deux dernières décennies selon la mémoire des "anciens" du village. Elle peut être qualifiée d'année exceptionnellement excédentaire dans la chronique pluviométrique 1970-1991 : le volume de pluie tombée est supérieur (17 %) au total annuel moyen calculé pour la même période à Ouahigouya (546 mm).

Cette situation pluviométrique particulière laisse présumer d'un régime hydrique spécifique du bas-fond, l'hydraulicité dans ce milieu étant en partie fonction du régime pluviométrique.

De mai à octobre, on a enregistré au total 48 averses (fig. 10) dont 25 inférieures à 10 mm. Celles-ci n'affectent que de façon très éphémère et superficielle l'état hydrique du sol et ne produisent aucun écoulement sur le bassin versant du bas-fond (LAMACHERE *et al.*, 1991).

Les averses de hauteur comprises entre 10 et 20 mm (au nombre de 11) provoquent ou ne provoquent pas d'écoulement selon leur intensité et l'état d'humectation du sol. Les intensités maximales en 30 minutes calculées pour cette classe de pluies excèdent quelquefois 50 mm. heure<sup>-1</sup>.

LAMACHERE *et al.* (*op. cit.*) ont déterminé l'averse sans crue pour un sol moyennement humecté (indice d'humectation du sol IK = 2) et une intensité moyenne de la pluie (15 mm. heure<sup>-1</sup>) sur le bassin versant du bas-fond. Elle est de 18 mm.

Parmi les averses supérieures à 20 mm (au nombre de 12), on a observé une très grosse pluie de 65 mm dont l'intensité est d'environ 64 mm. heure<sup>-1</sup>. Pour toutes les autres, l'intensité varie en moyenne entre 30 et 50 mm. heure<sup>-1</sup>. Ce sont ces événements pluvieux qui génèrent les écoulements les plus importants.

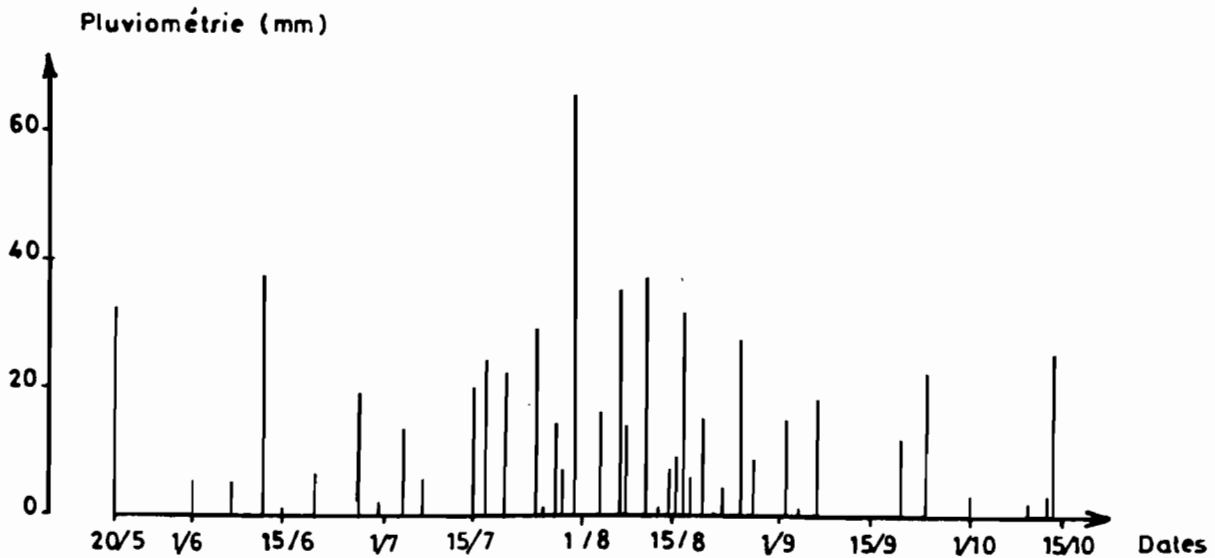


Figure 10 - Variation de la pluviométrie journalière à la station climatologique de Bidi-Nayiri en 1991.

Considérée sous l'angle agroclimatique, la saison pluvieuse 1991 présente les caractéristiques générales d'un hivernage en zone soudano-sahélienne.

Une pluie de 32 mm tombée le 20 mai a permis aux paysans d'effectuer les semis dans de bonnes conditions d'humidité du sol dans le bas-fond. Ensuite a suivi une période de 22 jours sans pluies supérieures à 10 mm. Un autre trou pluviométrique sans averse d'au moins 10 mm (du 13 au 20 juin) a été enregistré au cours de la phase végétative des cultures.

Au cours de la phase floraison - début de maturation est intervenu un épisode sec de 12 jours (du 8 au 19 septembre) puis, au cours de la maturation des grains, un autre de 19 jours (du 25 septembre au 14 octobre).

Au total quatre trous pluviométriques ont été enregistrés au cours de la période de végétation des cultures.

La dernière pluie (25 mm) est tombée le 14 octobre. En supposant que les cultures n'ont réellement débuté qu'après la pluie de 37 mm du 12 juin et que les besoins en eau des cultures sont satisfaits jusqu'en fin septembre, la saison de culture aura duré environ 110 jours. Cette durée optimale du cycle cultural, comparée à celles déterminées par ALBERGEL *et al.* (1992) pour l'année décennale médiane (95 jours) et l'année décennale humide (85 jours) de la période sèche 1970-1990 au Yatenga, témoigne encore du caractère exceptionnel de la pluviométrie de 1991 mais cette fois du point de vue de la durée de la saison des pluies.

#### **4.2 - Les caractéristiques morphopédologiques des sites**

Les profils morphologiques transverses réalisés au niveau des sites de Gourga amont, Gourga aval, Tilli et Nayiri sont schématisés sur la figure 11.

La zone centrale, large de 100 mètres dans les sites de Gourga amont et Gourga aval, s'étale davantage à Tilli (160 mètres) et à Nayiri (200 mètres). Les pentes transversales y sont très faibles (< 1 %). L'encaissement est très peu marqué dans les trois premiers sites où il est en moyenne de 5 mètres. A Nayiri, il est quasi inexistant (physiographie uniformément plate).

Les versants sont rectiligne (rive gauche) et convexe (rive droite) à Gourga amont, rectilignes à Gourga aval et Nayiri, concavo-convexes à Tilli. Ils sont relativement courts (souvent moins de 100 mètres).

La confrontation des coupes transversales du bas-fond au niveau des différents sites et des variables descriptives qui y ont été relevées avec les profils des types morphologiques de la classification de KILIAN et TEISSIER (1973) permet de rattacher le bas-fond de Bidi à ceux du type étroit et peu marqué ; ce qui corrobore les conclusions de ZERBO (1991) en la matière. Une nuance se dessine cependant à partir du site de Tili : il apparaît une tendance progressive dans le sens amont - aval vers le type large et peu marqué.

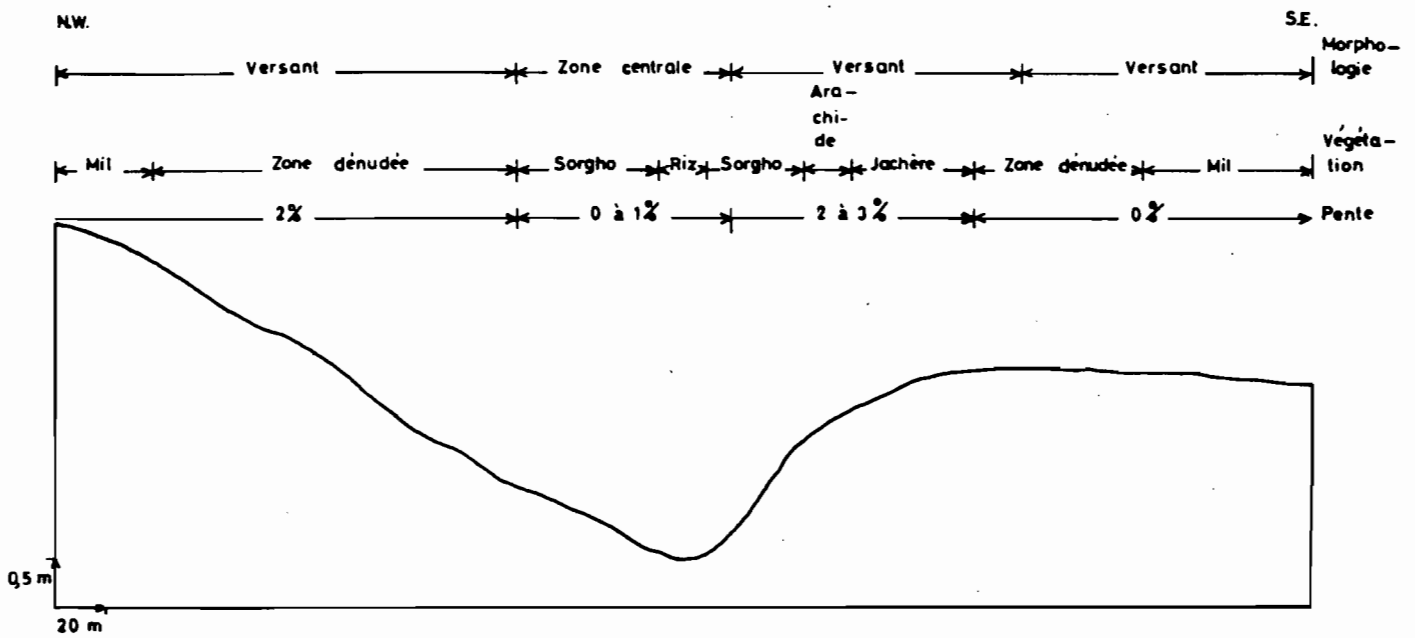
Les particularités morphologiques observées dans chaque site expliquent en partie la variabilité des caractéristiques d'une même crue à différents endroits du bas-fond.

La toposéquence des sols des sites d'expérimentation (fig. 12, 13, 14 et 15) montre que ceux-ci sont des sols peu évolués d'apport alluvial qui subissent de façons différentes l'influence de la nappe selon leur éloignement de l'axe central de drainage du bas-fond. Ainsi les traces d'hydromorphie, qui se traduisent par des teintes grisâtres (fer à l'état réduit), se manifestent sur l'ensemble du profil tandis que dans la zone haute, celles-ci n'apparaissent qu'en profondeur. Seul le site de Gourga amont présente dans sa zone haute des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds. La cuirasse y apparaît à 120 cm de profondeur.

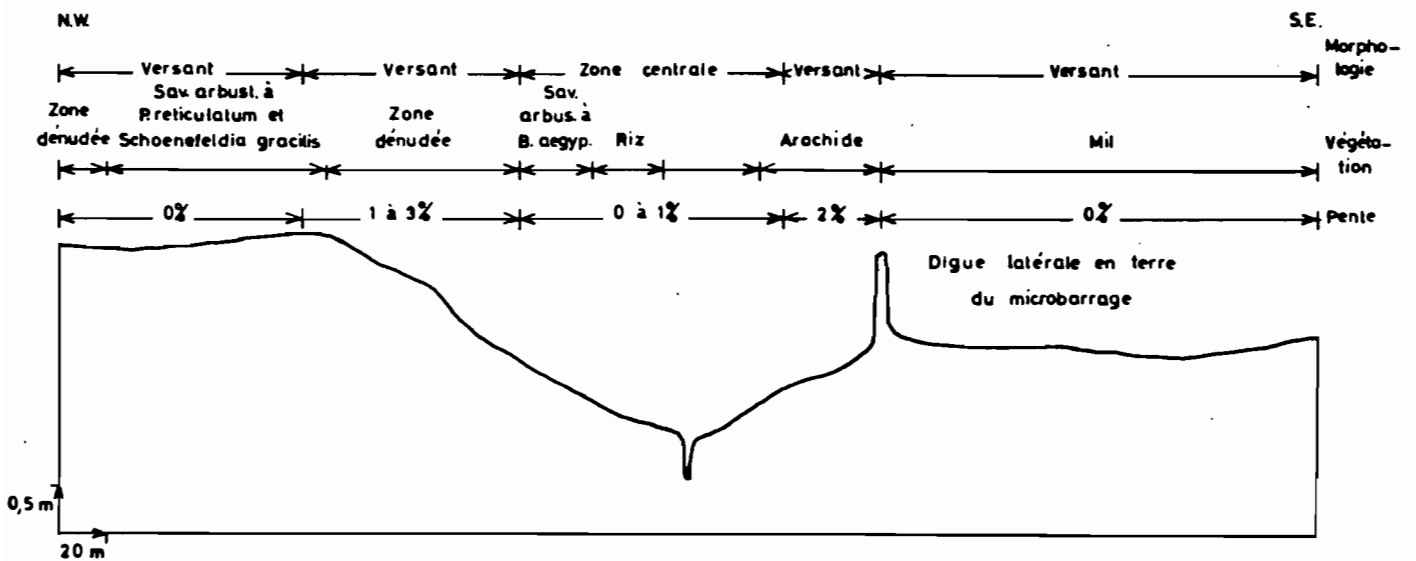
Tous ces sols sont de texture fine à moyenne (cf. parag. 4.1 et annexe IV).

Les descriptions morphologiques des profils figurent dans l'annexe III.

Les sols les plus dégradés (cf. zones dénudées ou *zipellés* sur les profils morphologiques de la figure 11) et les plus productifs pour le ruissellement du fait de leur imperméabilité se rencontrent sur les versants du bas-fond.

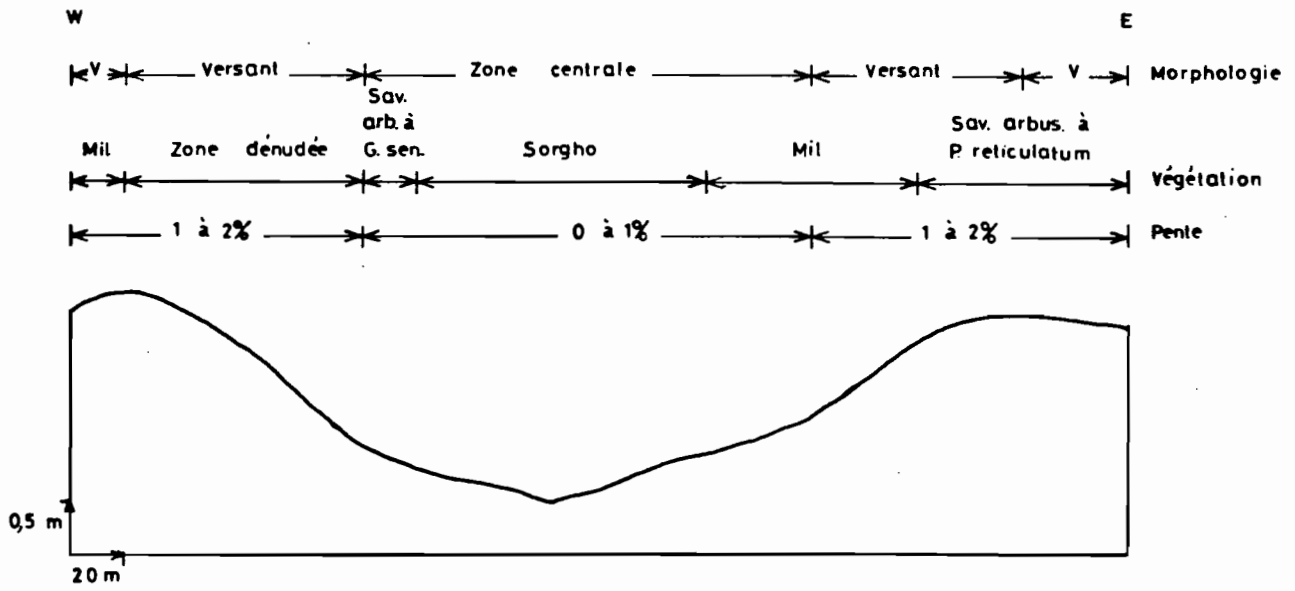


a - Site de Gourga amont ;

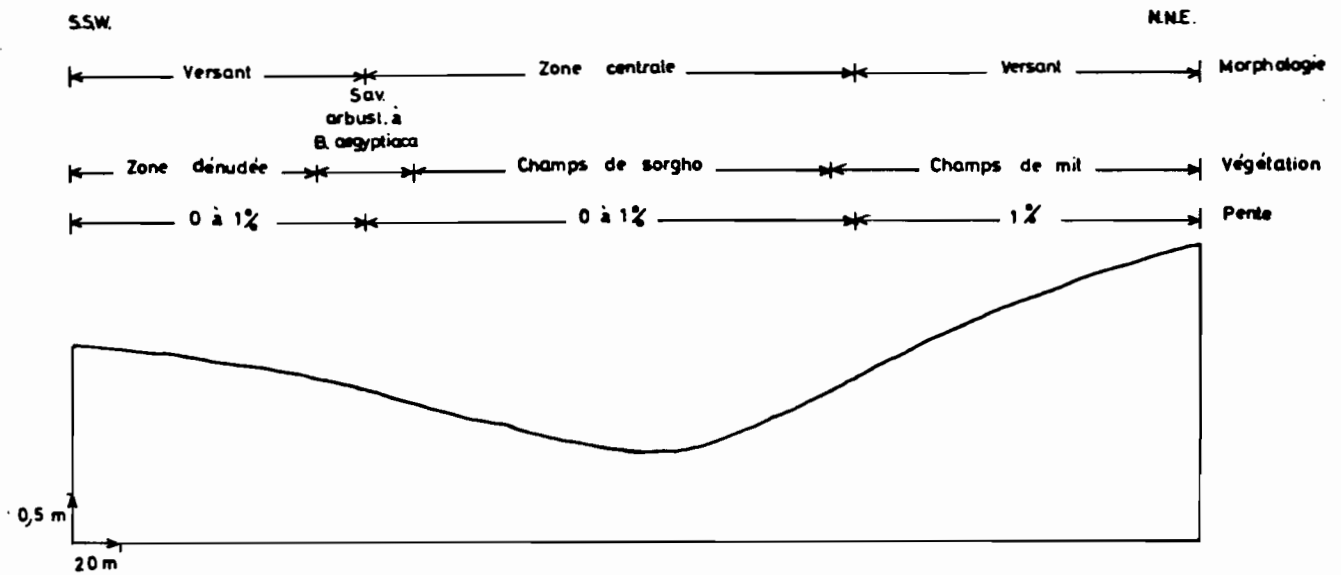


b - Site de Gourga aval ;

Figure 11 - Profils morphologiques transverses du bas-fond de Bidi :



c - Site de Tilli ;



d - Site de Nayiri.

Figure 11 - Profils morphologiques du bas-fond de Bidi :

#### **4.3 - Les caractéristiques analytiques physiques et hydriques des sols des sites**

Les données analytiques physiques obtenues sur les profils de sol des sites d'étude sont consignées dans l'annexe IV. La composition granulométrique indique pour l'ensemble des sols une texture fine à moyenne à dominance d'argile (jusqu'à 48 % à Nayiri C). La distribution des différentes fractions granulométriques dans les profils ne semble pas régie par un ordre caractéristique. Cependant on notera les particularités suivantes :

- les sols des zones basses des sites de Gourga amont et Nayiri ne comportent que de très faibles pourcentages de sable grossier (4 % en moyenne) ;
- la texture est équilibrée sur tout le profil dans les sols de la zone médiane du site de Gourga aval ;
- les sols possèdent une texture argileuse au delà de 60 cm de profondeur à Gourga amont A et C.



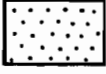


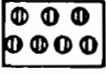
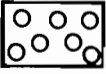
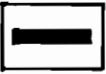

Les valeurs de l'humidité pondérale à la capacité de rétention sont relativement élevées pour tous les sols (14 à 26 %). La granulométrie du substrat pédologique à prédominance d'éléments fins explique cela. En outre on constate que les horizons à forte teneur en argile (30 à 40 %) possèdent les valeurs de l'humidité pondérale au point de flétrissement les plus élevées (10 à 15 %).

La réserve utile en eau (RU) cumulée sur 120 cm varie entre 132 mm (à Tilli A) et 228 mm (à Nayiri C) dans les sols d'apport alluvial. Ces valeurs se situent dans le même ordre de grandeur que celles obtenues dans d'autres localités sur des sols aux caractéristiques similaires (DEMBELE et SOME, 1991). La plus faible valeur de la réserve utile est observée à Gourga amont A dans le sol ferrugineux tropical lessivé induré en profondeur. Cela s'explique aisément : ce sol est gravillonnaire entre 65 et 120 cm de profondeur. La prépondérance d'éléments grossiers dans la moitié inférieure du profil limite la capacité du réservoir hydrique.

La RU renseigne sur les aptitudes du sol à retenir plus ou moins longtemps l'eau infiltrée donc sur ses capacités à tamponner les effets de la variabilité temporelle des pluies. Pour mieux comprendre ce rôle de volant hydrique du sol nous avons représenté les profils hydriques des sols de deux sites au 8 octobre 1991 (fig. 16 et 17), c'est-à-dire 14 jours après une pluie de 22 mm. Leur examen conduit aux observations suivantes :

**LEGENDE**

(commune aux figures 12, 13, 14 et 15)

	Argile	<b>SPEAAHP</b>	Sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe en profondeur.
	Limon	<b>SFTLC</b>	Sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions.
	Sable	<b>C B A</b> 	Zones topographiques
	Graviers ferrugineux et quartzeux.	---	Toit de la nappe au : 15 / 8 / 1991
	Concrétions Ferro-manganifères.	—	29 / 8 / 1991
	Concrétions ferrugineuses.	.....	16 / 9 / 1991
	Niveau d'apparition de la cuirasse ferrugineuse	- - - -	27 / 9 / 1991
<b>SFTLIP</b> Fg	Sol ferrugineux tropical induré profond à faciès gravillonnaire.		Frange capillaire
<b>SPEAAHG</b>	Sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe généralisé.	Ga1 A ↓	Emplacement du profil Ga1 et de la placette A



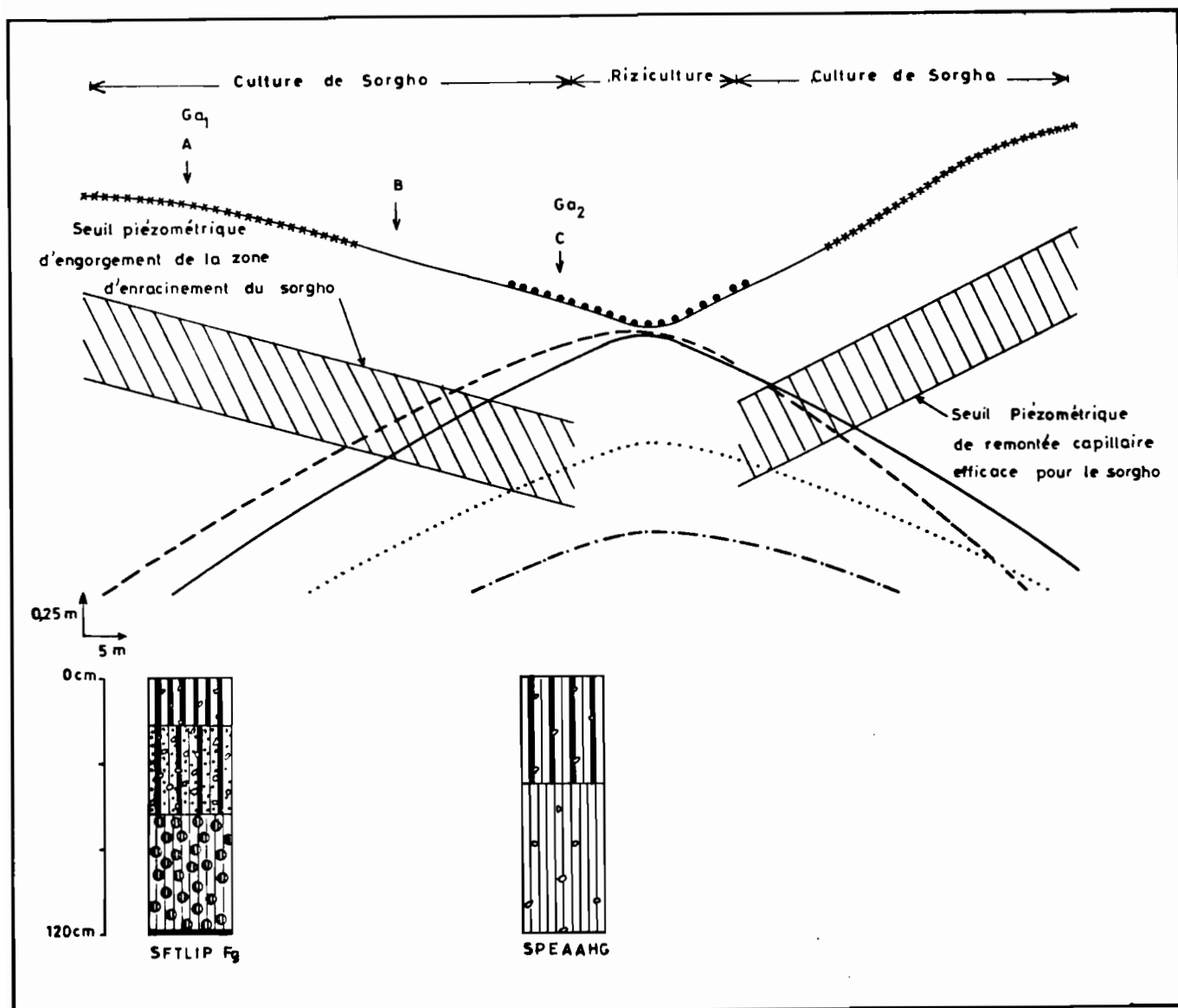


Figure 12 - Toposéquence hydrogéologique transverse du site de Gourga amont.

- dans le site de Nayiri, on constate que les conditions hydriques existant dans les sols aussi bien en zone haute qu'en zone basse sont stressantes pour les plantes dans les 50 à 60 premiers centimètres (humidité du sol au 8 octobre 1991 inférieure à l'humidité du sol au point de flétrissement). Au-delà de ces profondeurs les plantes disposent de réserves en eau du sol extractible par leurs racines. Ces réserves sont d'autant plus importantes que l'on descend en profondeur. Mais leur exploitation par les plantes est limitée par la profondeur du front d'enracinement. Dans ce site les sols de la zone haute et ceux de la zone basse ont des caractéristiques physiques qui déterminent, après un arrêt pluviométrique de 14 jours, des conditions hydriques sensiblement identiques pour les cultures ;

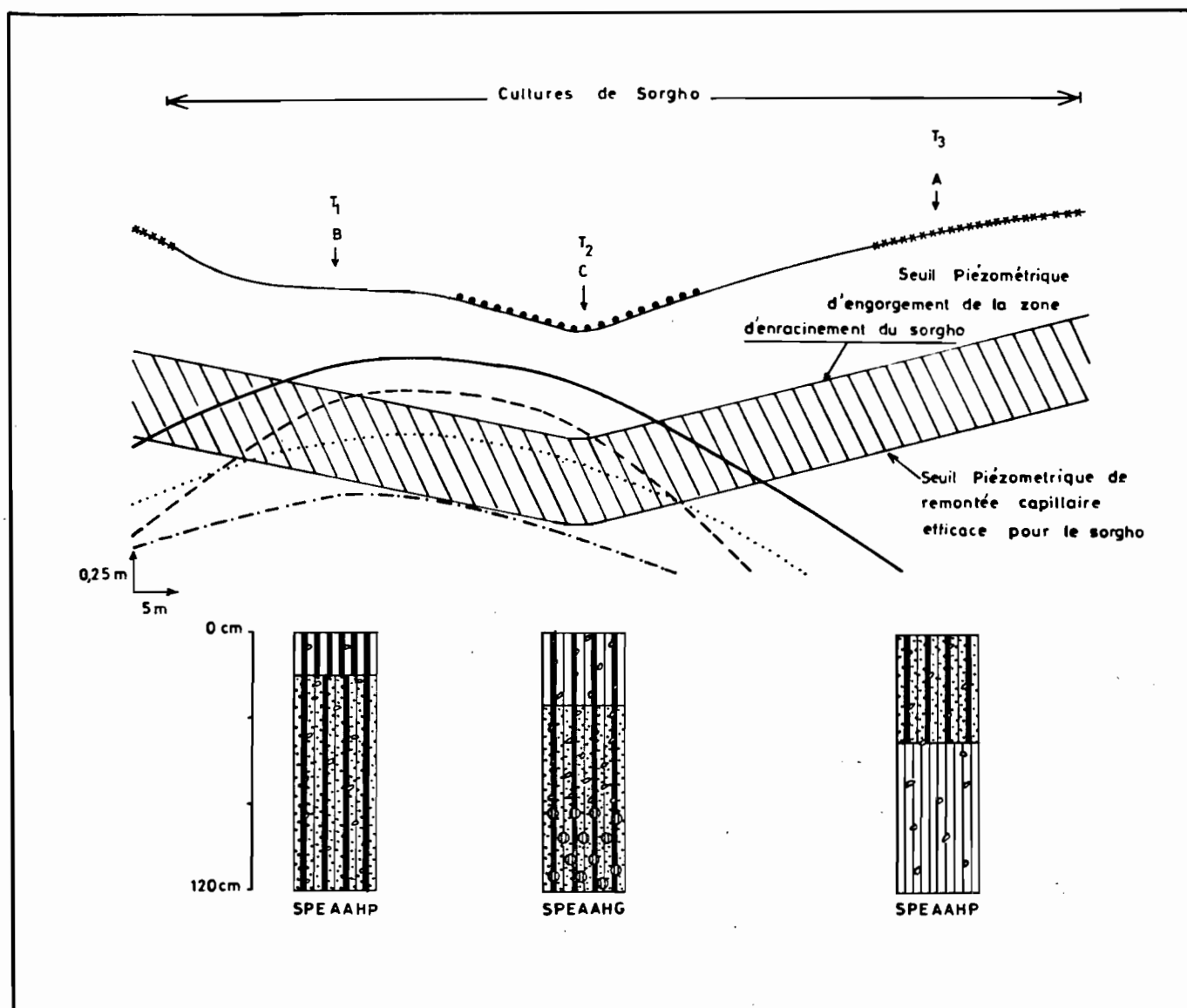


Figure 13 - Toposéquence hydrogéologique transverse du site de Tilli.

- dans le site de Tilli, le phénomène précédent ne s'observe que dans les sols de la zone haute. Dans la zone basse les conditions hydriques ne sont pas encore limitantes pour l'alimentation hydrique des cultures quoiqu'elles frisent le seuil d'inversion. En effet, si l'épisode sec se prolonge davantage, les conditions hydriques préexistantes basculeront dans la situation qui était jusque là l'apanage des seuls sols de la zone haute. Dans ce site, les sols de la zone basse diffèrent de ceux de la zone haute au regard de leur aptitude à tamponner les variations de l'humidité du sol.

Ces exemples montrent le rôle des propriétés physiques et hydriques des sols dans la détermination des conditions hydriques dans le bas-fond en absence de crues ou de nappe phréatique.

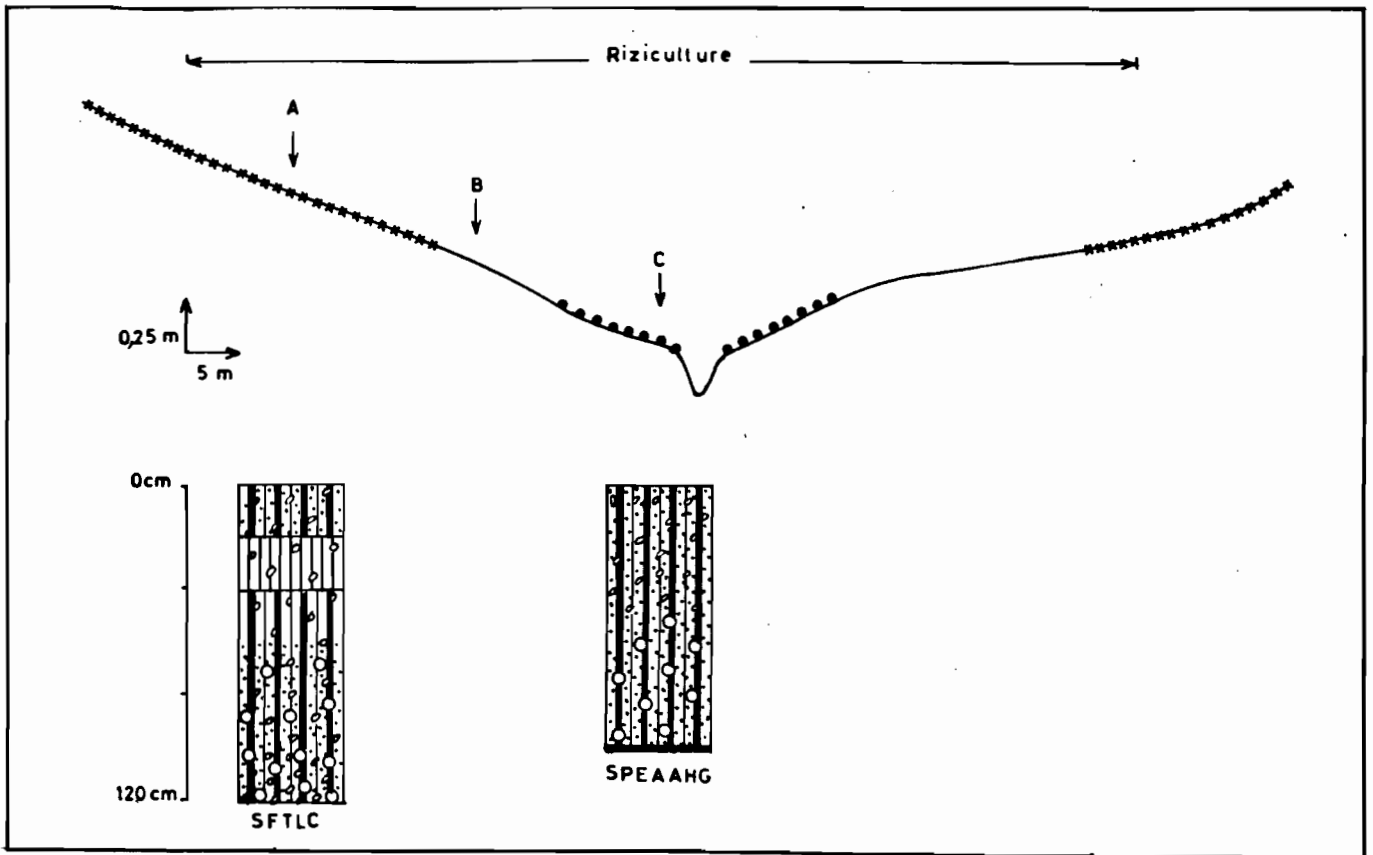


Figure 14 - Toposéquence transverse des sols du site de Gourga aval.

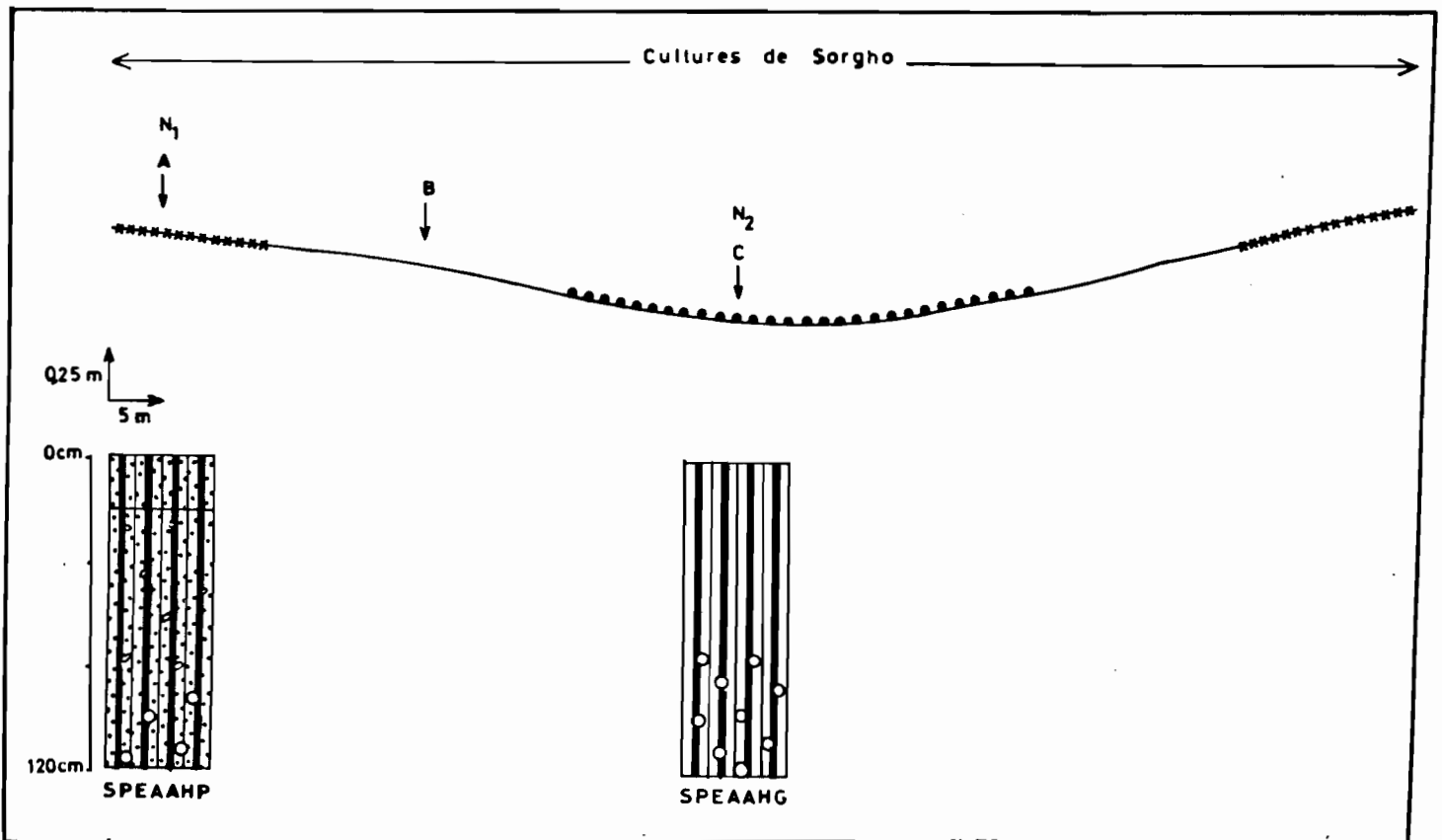


Figure 15 - Toposéquence transverse des sols du site de Nayiri.

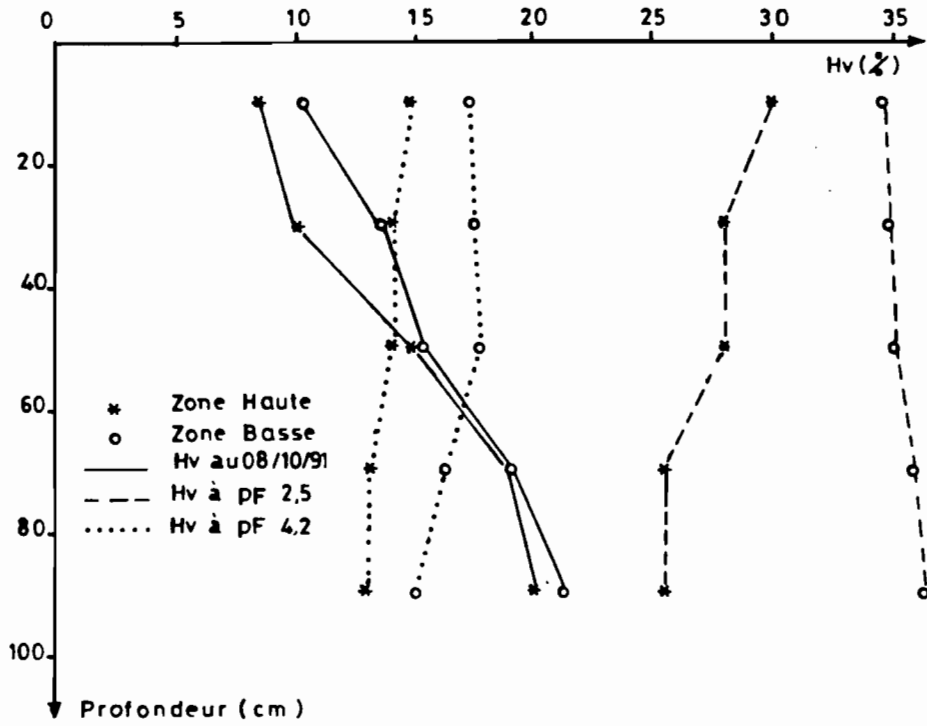


Figure 16 - Profils hydriques des sols du site de Nayiri au 8/10/1991.

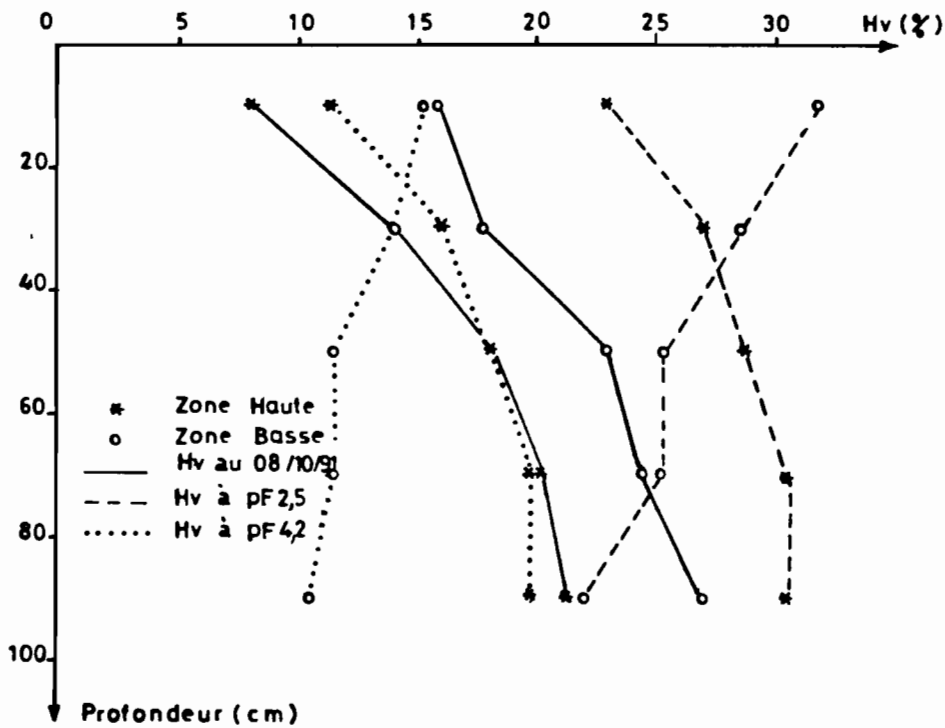


Figure 17 - Profils hydriques des sols du site de Tili au 8/10/1991.

#### **4.4 - Le régime hydrologique du bas-fond**

Il est caractérisé par le double jeu de la submersion et du battement de la nappe phréatique qui accompagne la dynamique des crues.

Au cours de la période d'observation, allant du 1<sup>er</sup> juin au 1<sup>er</sup> octobre 1991, 14 crues ont été enregistrées à la station de Gourga et 23 à celle de Tilli (fig. 18). Les fortes crues (supérieures à 50 cm), au nombre de 4 à Gourga amont et de 3 à Tilli, s'observent jusqu'en début août. Les crues moyennes (comprises entre 25 et 50 cm) et les crues faibles (inférieures à 25 cm) sont les plus nombreuses. Leur plus forte concentration se situe dans le mois d'août tout comme celle des pluies.

Les caractéristiques d'une crue type du bas-fond apparaissent dans la figure 19 qui représente l'hydrogramme de la crue du 13 juillet 1986 à la station de Gourga.

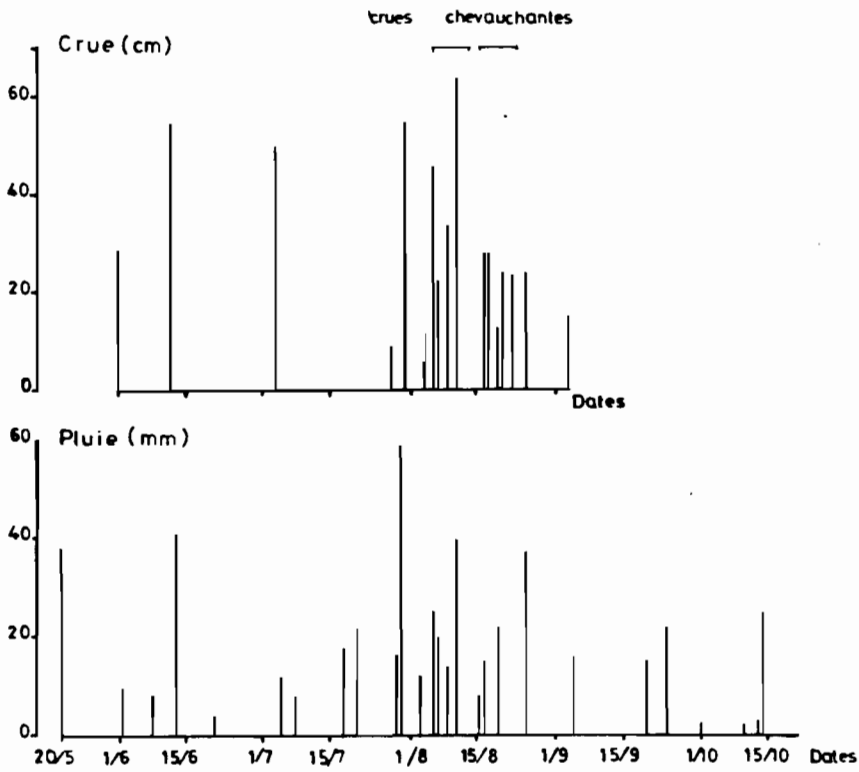
##### **4.4.1 - Le régime d'inondation**

Les inondations dans le bas-fond sont le seul fait de l'accumulation des eaux qui ruissellent à la surface de l'ensemble du bassin versant. Le régime des écoulements, et partant celui des inondations, est irrégulier et lié, avec un temps de latence très bref, au régime pluviométrique (fig. 19). Ce dernier fait témoigne d'une perméabilité réduite des sols du bassin versant ou d'une supériorité des intensités pluviométriques par rapport à la capacité d'absorption de l'eau par le sol.

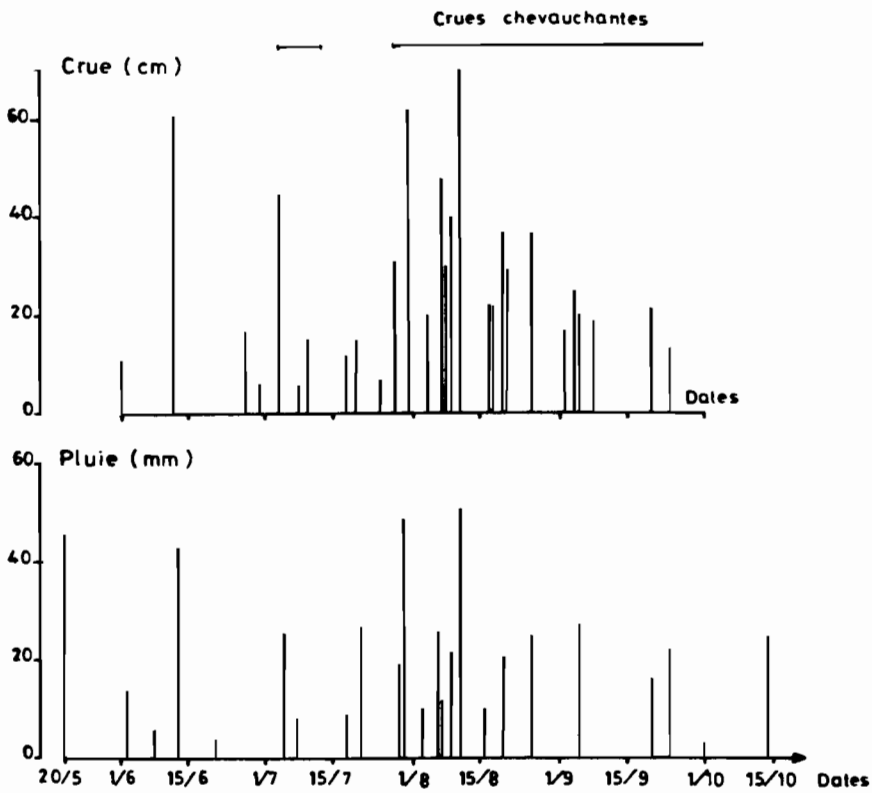
Les épaisseurs maximales de la nappe d'inondation mesurées au point le plus bas ont été de 64 et 70 cm à Gourga amont et Tilli respectivement. Ces hauteurs sont atteintes seulement pendant quelques minutes puis les eaux amorcent leur descente.

L'étendue de la zone inondée dépend de la hauteur de la crue (dans le site de Gourga amont, une crue de 50 cm inonde une zone large de 58 mètres tandis qu'une autre de 25 cm inonde une bande de 30 mètres de large) et de la morphologie du bas-fond (dans le site de Tilli, une crue de 50 cm inonde une zone de 85 mètres de large contre 58 mètres à Gourga amont).

La durée des crues est variable. En moyenne les crues isolées durent 30 heures. Elles sont relativement plus étalées dans le temps au fur et à mesure que l'on avance dans la saison des pluies. Lorsque les crues sont chevauchantes, leurs durées vont de 9 jours (site de Gourga amont) à 9 semaines (site de Tilli). Les crues chevauchantes sont une série de crues telle que chaque crue à partir de la deuxième débute pendant la phase de descente des eaux de la précédente.



a - Site de Gourga amont ;



b - Site de Tilli.

Figure 18 - Pluies et crues dans le bas-fond de Bidi :

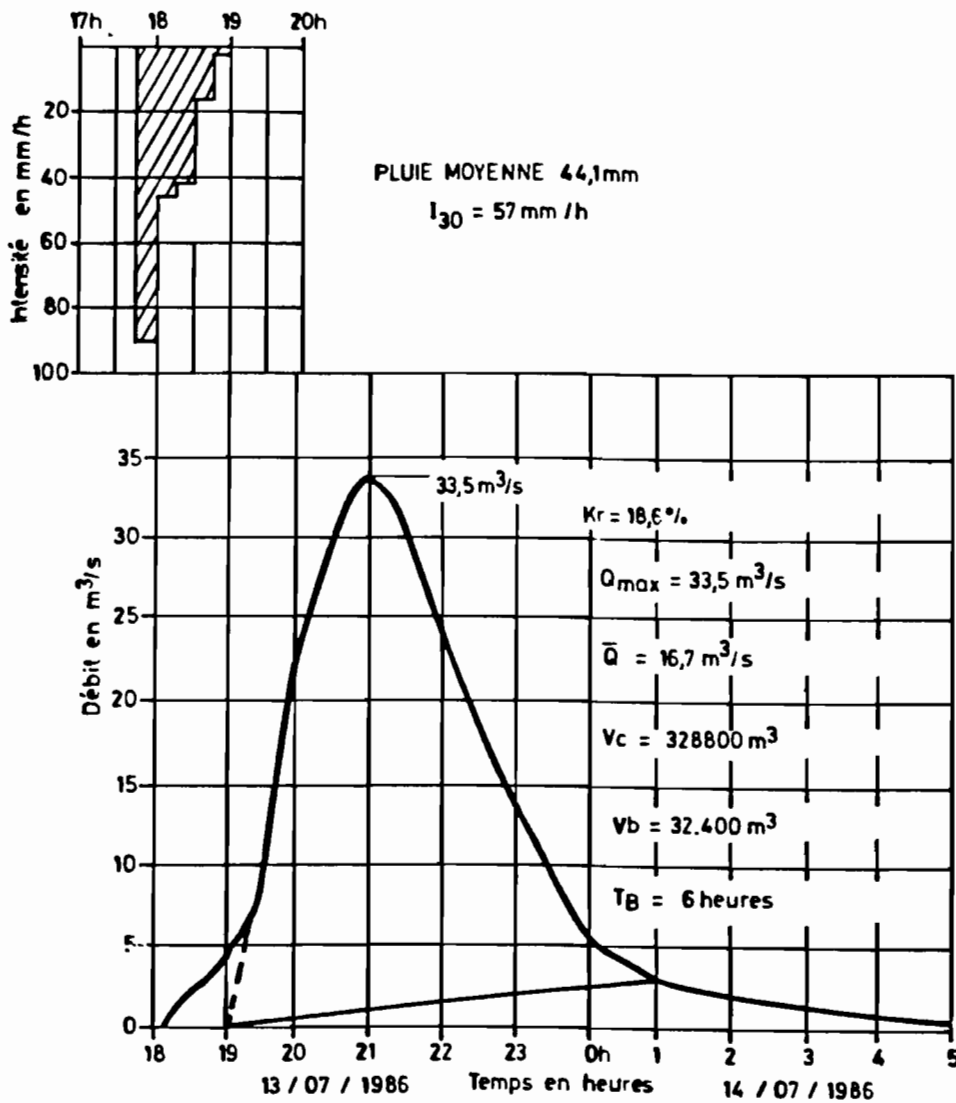


Figure 19 - Crue du 13 juillet 1986 dans le bas-fond de Bidi. Station de Gourga.  
(Source : LAMACHERE *et al.*, 1991)

La durée de la crue est calculée à partir de l'instant où les eaux commencent à monter au dessus de la cote minimale jusqu'à celui où elles redescendent à ce même niveau.

Pour une durée de crue donnée, les zones situées à une cote inférieure à la cote maximale atteinte par la crue sont inondées pendant des temps d'autant plus longs que leur cote est petite. Ainsi du fait de leur position topographique dans le bas-fond (la plus basse), les zones C subissent une inondation donnée pendant toute la durée de la crue qui l'a induite. En effet elles sont les premières à recevoir les eaux de ruissellement et les dernières à être vidangées. Par contre les zones A ne seront affectées par la même inondation que pendant un temps nettement plus court ou même ne seront pas submergées pour les mêmes raisons topographiques.

Au niveau du site de Gourga aval, situé à l'amont du microbarrage de Gourga, le régime hydrique est conditionné essentiellement par les fluctuations du niveau du plan d'eau (fig. 20).

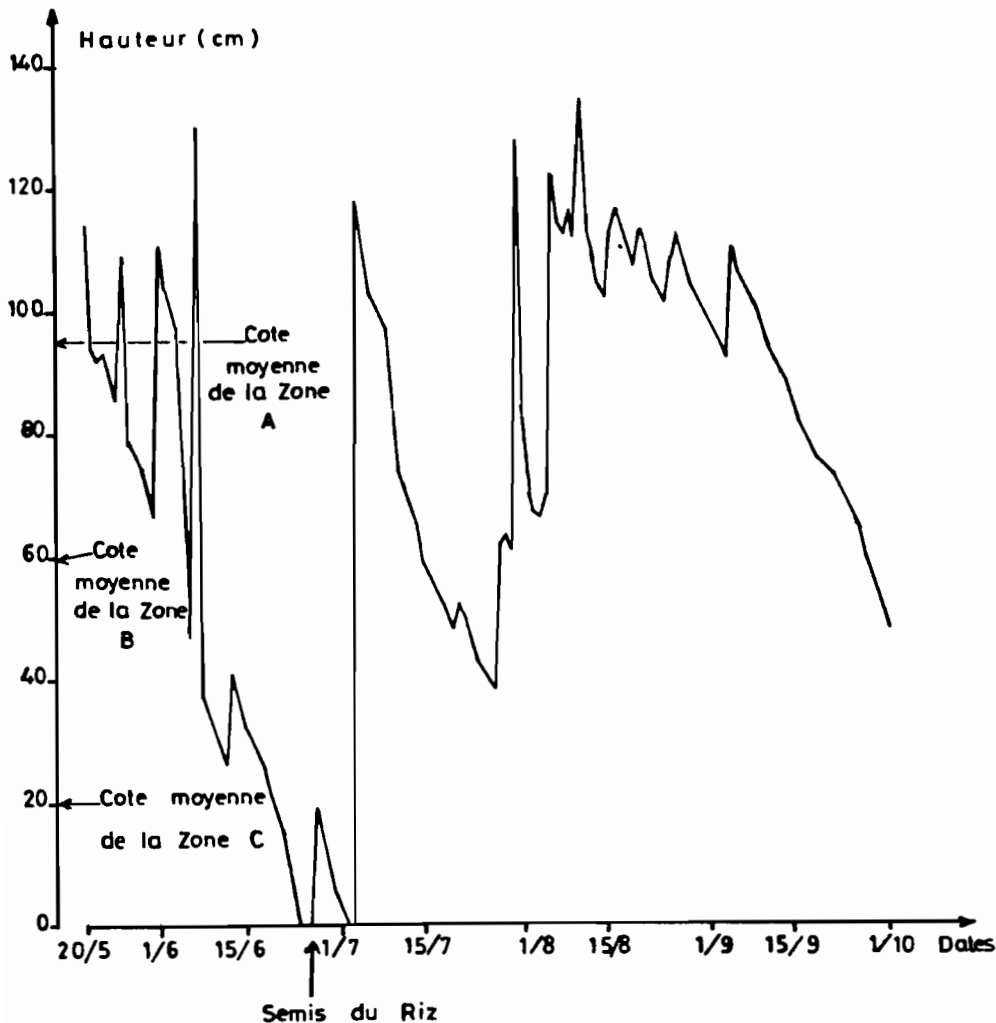


Figure 20 - Fluctuations du niveau du plan d'eau dans le site de Gourga aval en 1991.

#### 4.4.2 - Le régime de nappe phréatique

L'évolution de la nappe est en relation étroite avec le régime des crues. L'allure des courbes isopièzes (fig. 12 et 13) qui présente un dôme plus ou moins centré sur l'axe de drainage du bas-fond avec des gradients assez élevés de part et d'autre, suggère que la recharge de la nappe superficielle s'effectue exclusivement à partir des zones inondées par les crues ; ce qui a été montré par LAMACHERE *et al.* (1991). Il s'en suit que le battement de la nappe est de forte amplitude et de forte variabilité à l'instar des pluies qui génèrent les crues.

Les relevés piézométriques de 1991, analysés dans l'optique de l'influence de la nappe sur les cultures, révèlent ce qui suit :



- dans le site de Gourga amont, les cultures ne sont assistées par la nappe qu'au cours des mois d'août et de septembre et sur une largeur maximale de 60 mètres environ englobant uniquement les zones basse et médiane (fig. 12). Dans la zone basse on observe durant tout le mois de juillet un affleurement de la nappe. Celle-ci se maintient ensuite entre 50 et 120 cm de profondeur jusqu'au 15 septembre. Il est donc à craindre pour les plants de sorgho installés sur les franges de la zone basse des répercussions néfastes sur la production (cf. chap. III) étant donné l'engorgement du sol dans la zone d'enracinement des cultures ;

- dans le site de Tilli, le niveau piézométrique est demeuré à moins de 80 cm de profondeur durant tout le mois d'août et durant la première quinzaine de septembre sur une largeur de 50 à 75 mètres. Un engorgement de la zone d'enracinement pendant environ 15 jours en août est observé sur une largeur de 30 mètres chevauchant les zones médiane et basse en rive gauche (fig. 13).

L'estimation du seuil piézométrique de remontée capillaire efficace pour l'alimentation hydrique du sorgho s'est basée d'une part sur le front d'enracinement moyen du sorgho (cf. chap. III, parag. 3.1) et d'autre part sur la hauteur maximale de la remontée capillaire estimée à 40 cm par BERTRAND (1973) dans des sols sableux du Sénégal. Pour tenir compte du fait que dans une argile la remontée capillaire est plus élevée que dans un sable (HILLEL, 1974), nous avons retenu 50 cm comme hauteur maximale de la frange capillaire dans les sols du bas-fond de Bidi, à texture fine (cf. parag. 4.3).

Une comparaison des régimes de nappe phréatique des sites de Gourga amont et de Tilli révèle, entre autres, que le niveau piézométrique moyen en saison des pluies dans le premier site est supérieur à celui dans le second.

On peut attribuer cet état de choses à l'effet de la digue filtrante construite au niveau du site de Gourga amont. Des auteurs (VLAAR et WESSELINK, 1990 ; VAN DRIEL et VLAAR, 1991) qui ont étudié à Rissiam (Burkina Faso) le rôle des digues filtrantes dans la recharge de la nappe phréatique ont conclu à l'impact marginal de celles-ci. Mais à Bidi, d'autres auteurs (LAMACHERE *et al.*, 1991) ont montré l'hétérogénéité locale des terrains qui explique les différences de comportement des niveaux piézométriques dans les sites de Gourga amont et de Tilli.

## **5 - CONSEQUENCES SUR L'AGRICULTURE**

Dans le bas-fond de Bidi les conditions hydriques liées au régime hydrologique (submersion des sols par la nappe affleurante) et celles attachées aux caractéristiques

physiques et hydriques du sol (variations temporelles plus ou moins rapides de l'humidité du sol) exercent leur influence sur les cultures de façon plus ou moins prépondérante selon que celles-ci traversent un épisode pluvieux ou sec. En effet, lorsque le facteur hydrologique s'estompe, les conditions hydriques auxquelles sont soumises les cultures sont uniquement fonction de la capacité du sol à tamponner les variations de l'humidité. Par contre lorsque le facteur hydrologique entre en jeu consécutivement à des épisodes pluvieux, la contribution du sol à la détermination des conditions hydriques dans le bas-fond est quasiment nulle.

Il résulte de cette dynamique des "facteurs modulateurs" du régime hydrique du bas-fond un continuum spatio-temporel d'agro-écosystèmes dont le bas-fond est le siège au cours de la saison des pluies :

- dans l'espace se juxtaposent du haut vers le bas de la toposéquence transverse du bas-fond *grosso modo* : (1) des conditions d'agriculture pluviale stricte ; (2) des conditions d'agriculture assistée de nappe ; (3) des conditions d'agriculture avec submersion et engorgement prolongés des sols ;

- dans le temps se succèdent : (1) des conditions d'agriculture pluviale avec de brèves périodes de submersion (quelques heures) par des crues sporadiques (jusque vers fin juillet ; (2) des conditions d'agriculture avec submersion et engorgement prolongés des sols (plusieurs jours à quelques semaines) par des crues isolées et des crues chevauchantes assistées par la nappe (jusque vers mi-septembre) ; (3) des conditions d'agriculture similaires à celles originelles (jusqu'à la fin de la saison de culture).

Ces configurations spatiale et temporelle du continuum s'imbriquent de façon très complexe faisant du bas-fond de Bidi un milieu très spécifique aux propriétés agricoles paradoxales.

Apportons la réserve que l'échelonnement spatio-temporel des conditions de culture dans le bas-fond schématisé ci-dessus est caractéristique de l'année 1991 mais il est extensible aux années à pluviométrie (quantité et répartition) voisine de celle de 1991.

# Chapitre III

## CHAPITRE III

# INFLUENCE DU REGIME HYDRIQUE SUR LES CONDITIONS D'ELABORATION DES RENDEMENTS DES CULTURES

### 1 - OBJET

L'analyse précédente a mis en évidence l'existence d'un continuum de conditions hydriques auxquelles sont soumis les terrains du bas-fond. Mais on peut distinguer *grosso modo* deux principaux types de terrains au regard du régime hydrique qui les affecte :

- les terrains à inondation quasi permanente et engorgement prolongé (dans la zone centrale) ;
- et les terrains bénéficiant des apports d'eau générés par le ruissellement sans toutefois subir des excès prolongés (dans les zones en bordure de la précédente).

Dans le passé, lorsque l'environnement climatique était plus clément, les paysans dans leur pragmatisme inné et grâce à leur parfaite connaissance du bas-fond discriminaient déjà, de façon empirique, ces deux types de terrains dans leurs stratégies de valorisation de ce milieu particulier. Au niveau des terrains du premier type, l'impétuosité des crues, la submersion et l'engorgement prolongés interdisaient toute culture céréalière sinon seulement celle d'espèces dont la physiologie est adaptée à ces conditions hydriques, en l'occurrence le riz.

Mais depuis l'installation et la persistance de la sécheresse dans la région, le facteur dissuasif d'ordre hydrique qui inspirait le mode de gestion ci-dessus n'a plus joué et les terrains de bas-fond se sont vus envahis par la culture du sorgho aussi bien dans les zones hautes que basses.

Autant il est vrai que le souci de minimiser les risques de baisse ou d'anéantissement de la production dus au déficit hydrique est à l'origine de cette modification dans la gestion du bas-fond, autant il est vrai que les risques de pertes de rendements dus à l'excès d'eau, même s'ils sont minimes, existent tout de même dans le bas-fond. Le cas de l'année 1991 en est un exemple patent.

Dans ce chapitre, nous nous proposons d'apprécier l'ampleur des dégâts que peuvent causer sur des cultures de sorgho et de riz les conditions hydriques particulières qu'a connu le bas-fond de Bidi en 1991.

## **2 - METHODOLOGIE**

### **2.1 - Dispositif expérimental**

Pour le sorgho, trois sites ont été choisis dans le bas-fond, localisés le premier à Gourga amont, le second à Tilli et le troisième à Nayiri dans le sens amont - aval. Dans chaque site, trois placettes de 12,6 m<sup>2</sup> chacune (cercle de 2 mètres de rayon) ont été installées suivant le gradient de pente transversale (fig. 12, 13 et 15). Le site de Gourga amont se situe à l'amont de la digue filtrante et celui de Tilli à 800 mètres environ à l'aval du microbarrage de Gourga (fig. 9).

La convention suivante sera adoptée dans la suite de l'étude : une placette située dans une zone topographique donnée (haute, médiane ou basse) sera aussi désignée par la même lettre que celle qui représente la zone considérée (A, B ou C respectivement).

Pour le riz, trois parcelles d'un are chacune ont été installées à l'amont du microbarrage de Gourga (que nous désignerons sous les termes "site de Gourga aval") suivant le gradient de pente transversale du bas-fond comme ci-dessus. A l'intérieur de chaque parcelle, trois placettes de 3,14 m<sup>2</sup> (cercle de 1 mètre de rayon) ont été délimitées. Malheureusement une fermeture intempestive du pertuis à batardeaux du microbarrage quelques jours après la levée du riz sous la contrainte des paysans a conduit à la destruction des deux parcelles les plus basses. Nous avons alors délimité dans une parcelle rizicole située dans le site de Gourga amont, trois placettes de 3,14 m<sup>2</sup> chacune où des mesures de rendements ont été faites.

Les différents sites (cas du sorgho) et les différentes placettes d'un même site (cas du riz) ont été assimilés pour chaque cas à des répétitions d'un dispositif en randomisation totale dont le facteur étudié est le régime hydrique. Les conditions hydriques spécifiques à chaque zone topographique (cas du sorgho) et à chaque site (cas du riz) constituent les différents niveaux du facteur étudié. Les résultats ont été analysés par les méthodes statistiques d'analyse de variance et de comparaison des moyennes (test de NEWMAN - KEULS).

## **2.2 - Méthodes d'évaluation de l'impact des conditions hydriques sur la croissance et le développement des cultures**

### **2.2.1 - Les mesures des hauteurs des plants**

Au niveau de chaque placette, les mesures de hauteurs sont effectuées sur 10 poquets, les plus proches du piquet central matérialisant la placette, et cela à tous les stades du cycle végétatif de la culture. La hauteur est donnée par la distance entre la base du collet et l'extrémité de la dernière feuille ou de la panicule.

### **2.2.2 - Les mesures de l'enracinement**

Des profils racinaires ont été réalisés à la floraison. Dans le voisinage immédiat de chaque placette, on repère deux poquets de trois plants chacun et on creuse une fosse à 10 cm environ de chacun d'eux. A l'aide d'un couteau, on dégage la terre jusqu'à 2 cm du collet des tiges et on plaque sur le mur de la fosse un cadre rigide en bois de dimensions intérieures 40 x 20 cm (méthode ITCF). L'intérieur du cadre est tissé en maille de 5 cm de côté par du fil de crin.

Les racines apparaissant dans chaque maille sont dénombrées puis la profondeur maximale du front d'enracinement est mesurée.

### **2.2.3 - Les mesures du rendement et de ses composantes**

A la récolte, les caractéristiques suivantes sont mesurées pour chaque placette :

- nombre de poquets récoltés ;
- nombre total de panicules ;
- nombre de panicules contenant des grains ;
- poids de grains ;
- poids de 1000 grains ;
- poids de la paille ;

Les mesures de poids sont effectuées après séchage à 60° C pendant 24 heures dans une étuve.

### **2.3 - Matériels végétaux et itinéraires techniques**

La variété de sorgho cultivée dans le bas-fond est une population du terroir. Elle est photopériodique et son cycle végétatif est extrêmement variable.

L'itinéraire technique appliqué à la culture du sorgho sur les trois sites est celui adopté par les paysans dans la gestion des champs de bas-fond : semis directs en poquets sur sol non travaillé le lendemain de la première grosse averse (pluie de 32 mm tombée le 20 mai 1991), resemis éventuels, premier sarclage lorsque les plants ont 3 à 4 feuilles, deuxième sarclage 3 à 4 semaines plus tard, dernier sarclage ou arrachage manuel des adventices (lorsque l'humidité du sol est telle que l'opération est impossible à réaliser à la daba) avant la floraison.

La variété de riz cultivée est aussi une population bien connue dans la région et provenant du village d'Amené, du reste éponyme de la variété. Elle est semi-pluviale et son cycle végétatif est de 90 à 100 jours.

Son itinéraire technique dans le site de Gourga amont est similaire à celui du sorgho. Dans le site de Gourga aval, la culture a été installée le 26 juin 1991 soit un mois plus tard que dans le site de Gourga amont.

## **3 - RESULTATS ET DISCUSSIONS**

Les résultats sur le riz ne seront présentés que dans le paragraphe 3.2. Sur le sorgho où des mesures plus exhaustives ont été réalisées, les résultats seront présentés dans les paragraphes 3.1 et 3.2.

### **3.1 - Influence des conditions hydriques sur la croissance et le développement des cultures**

#### **3.1.1 - La croissance végétative**

L'analyse de variance au seuil de 5 % n'a pas permis de déceler une différence significative entre les hauteurs maximales moyennes atteintes par les plants de sorgho dans les trois zones topographiques. Néanmoins la lecture des figures 21 et 22 permet de faire les commentaires suivants :

- jusqu'au 29 juillet (69 JAS), les différences observées entre les hauteurs moyennes des plants des trois zones A, B, et C sont très infimes (0 à 5 cm) ;

- à partir de là, les écarts vont *crescendo* jusqu'à la récolte avec ces particularités : l'écart entre les hauteurs moyennes des plants des zones A et B demeure sensiblement constant et modéré (15 à 25 cm) tandis que celui entre la hauteur moyenne des plants de chacune des zones A et B et celle de la zone C est régulièrement croissant jusqu'à la récolte où il est de 35 cm entre B et C et de 45 cm entre A et C.

En rapprochant ces observations des données hydrologiques, on constate que :

- jusqu'au 29 juillet (69 JAS), on n'a enregistré que 3 à 4 crues supérieures à 20 cm et 1 à 8 d'au plus 20 cm, toutes des crues isolées. Elles n'ont inondé le bas-fond que pendant des durées de 1 à 3 jours (zone C), 5 à 12 heures (zone B) et 10 à 30 minutes (zone A).

Au cours de cette phase de la croissance du sorgho, le toit de la nappe dans toutes les trois zones topographiques se situe nettement en dessous du front d'enracinement.

- à partir du 29 juillet apparaissent les crues chevanchantes, qui inondent la zone C pendant des périodes de 1 à 4 semaines en 2 ou 3 fois selon les sites alors que dans les autres zones, les submersions par ces mêmes crues ne durent que 2 à 6 heures (zone A) et 20 à 26 heures (zone B).

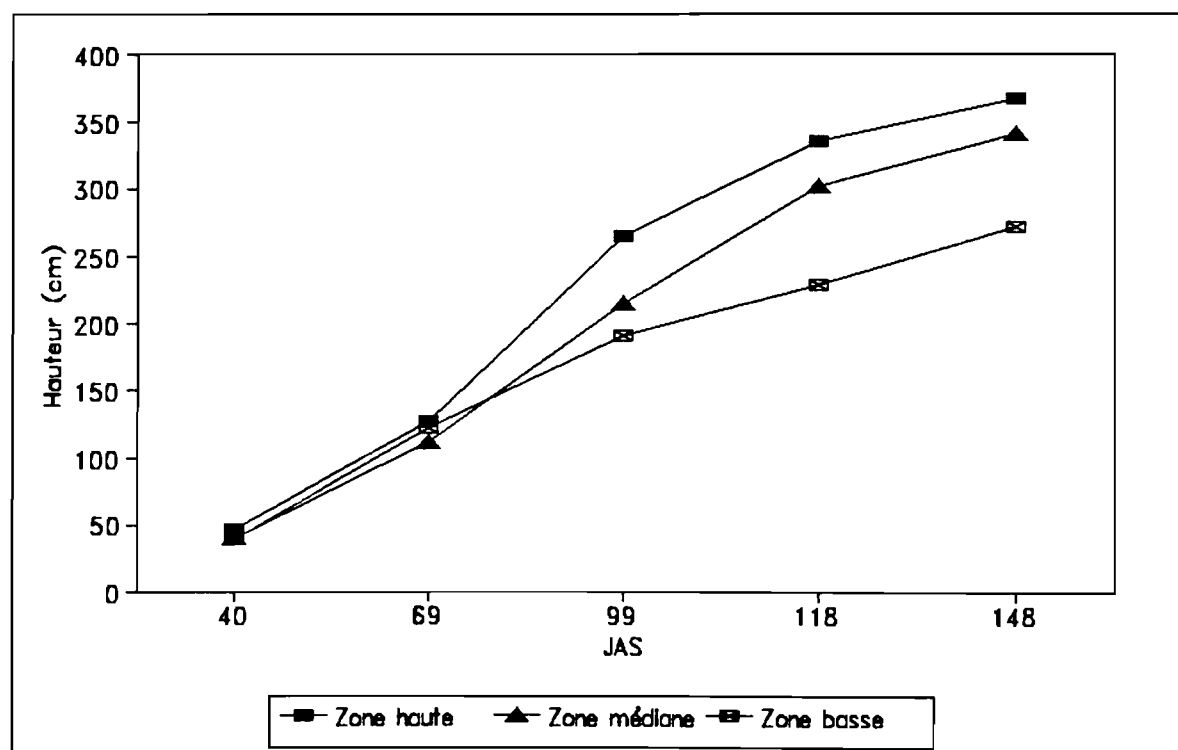
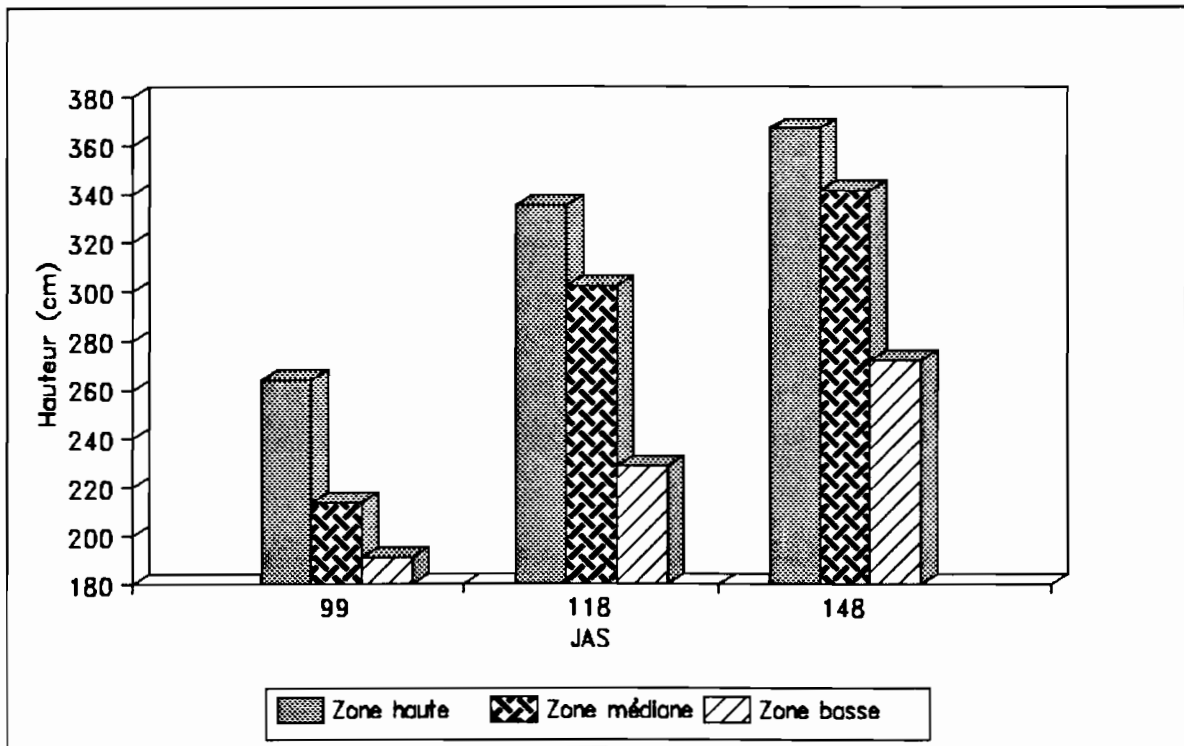


Figure 21 - Croissance linéaire d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.





*Figure 22 - Hauteurs maximales d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.*

En outre en C, la tranche du sol colonisée par les racines du sorgho a subi un engorgement par la nappe pendant des périodes de 20 à 45 jours alors qu'en B, la zone racinaire n'a été affectée que pendant 20 jours au plus. En A elle est demeurée hors de portée de la nappe d'engorgement.

Cette mise en parallèle de la croissance linéaire du sorgho en A, B et C et des conditions hydriques observées dans chacune de ces zones nous permet d'expliquer la différence notable de croissance des plants de sorgho des trois zones par la différence des conditions hydriques auxquelles ils ont été soumis à partir du 29 juillet. L'ampleur de ces conditions, et corrélativement la sévérité de l'effet dépressif qu'elles déterminent sur la croissance végétative du sorgho, maximales en C et s'amenuisant au fur et à mesure que l'on monte en B et A, explique le classement suivant entre les hauteurs maximales moyennes des plants de sorgho ( $H_{max. moy.}$ ) dans les trois zones :

$$H_{max. moy.} \text{ en A} > H_{max. moy.} \text{ en B} > H_{max. moy.} \text{ en C}$$

#### **De la résistance du sorgho aux conditions de submersion et d'engorgement**

Il appert du rapprochement effectué ci-dessus entre la croissance linéaire du sorgho et les conditions hydriques du bas-fond que, au cours de sa phase de croissance végétative,

le sorgho cultivé dans le bas-fond de Bidi peut supporter sans que sa croissance en hauteur en patisse des submersions partielles de 2 à 3 jours par des lames d'eau de 15 à 20 cm. Lorsque la durée d'inondation excède ce seuil, la croissance du sorgho est sensiblement retardée et sa production affectée (cf. parag. 3.2).

### 3.1.2 - La dynamique de l'enracinement

Les profils racinaires (fig. 23) réalisés pendant la floraison ne montrent pas de différences notables entre l'enracinement du sorgho en A et celui en B : la densité racinaire est relativement homogène et la profondeur du front racinaire est en moyenne de 70 cm.

En C la nappe a empêché la progression normale du front d'enracinement en créant un milieu asphyxiant qui a provoqué la pourriture des racines. En effet au cours de la réalisation des profils on a relevé l'existence de racines nécrosées au-delà de 20 cm de profondeur. Cela explique en partie la faiblesse de la densité racinaire du sorgho dans cette zone comparativement à celle observée en A et B.

Dans toutes les zones, la densité racinaire décroît très rapidement jusqu'à 25 cm de profondeur puis de façon très lente jusqu'au front d'enracinement. Cela est en conformité avec les résultats obtenus au Sénégal par CHOPART (1980) qui a montré que 50 % des racines des céréales sont localisées dans l'horizon 0-10 cm et 90 % entre 0 et 30 cm.

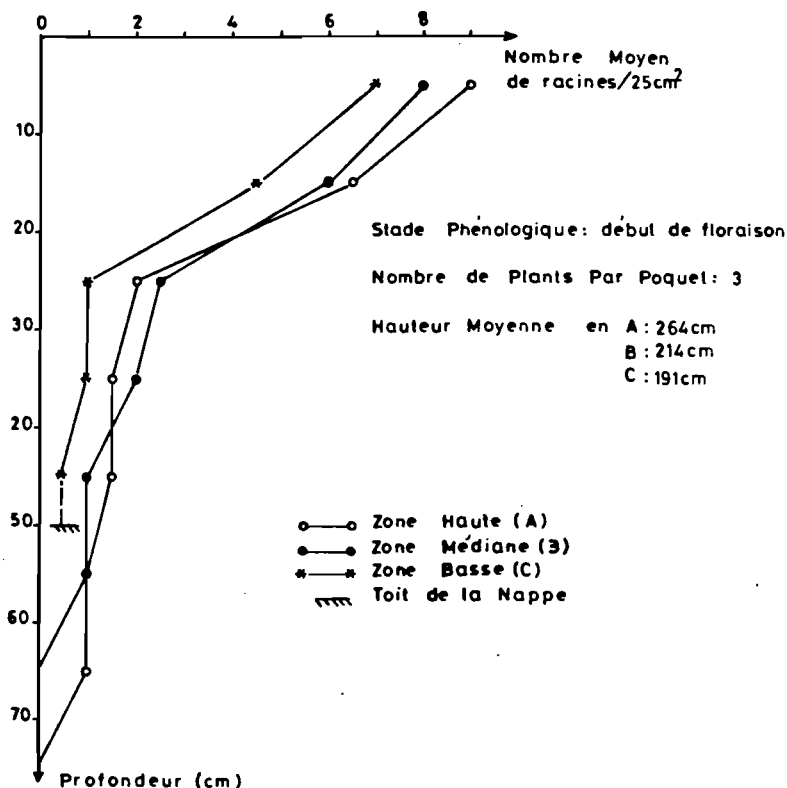


Figure 23 - Profil de densité racinaire visuelle d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.

### 3.1.3 - Les dates de début d'épiaison

Elles sont consignées dans le tableau VI. le retard accusé par les plants en C par rapport à ceux en A et B varie de 7 à 12 jours selon les sites.

**Tableau VI - Dates de début d'épiaison d'une variété locale de sorgho dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.**

Sites	Zone A	Zone B	Zone C
Gourga amont	28/8	01/9	09/9
Tilli	28/8	31/8	08/9
Nayiri	30/8	02/9	06/9

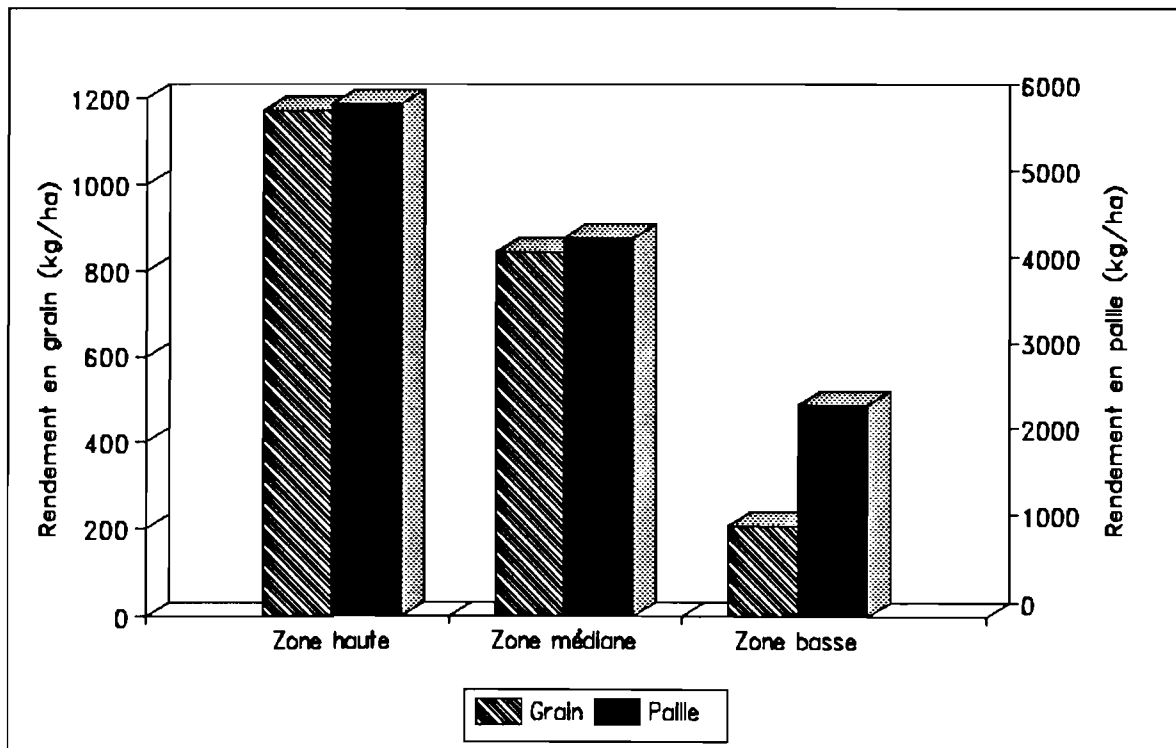
C'est là encore une manifestation de l'effet dépressif de l'inondation et de l'engorgement sur le sorgho et une conséquence logique des observations faites dans le paragraphe 3.1.2. Le retard pris à un moment donné de la phase de croissance végétative est conservé et transmis à la phase de développement.

L'écart intra-zone est nettement inférieur à celui inter-zone : 1 à 3 jours. Il est dû à l'effet de facteurs autres que celui étudié.

## 3.2 - Influence des conditions hydriques sur le rendement et ses composantes

### 3.2.1 - Les rendements en grain et en paille

La figure 24 montre les différences entre les rendements du sorgho dans chacune des trois zones topographiques du bas-fond. La performance supérieure du sorgho en A n'est pas une surprise quand on connaît les conditions hydriques spécifiques (cf. parag. 3.1.2.) qui ont présidé à l'élaboration des rendements dans chacune des zones.



**Figure 24 - Rendements en grain et en paille d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.**

Les résultats de l'analyse de la variance des rendements moyens en grain et en paille mesurés en A, B et C (tabl. VII) confirment les conclusions qualitatives que l'on pouvait déjà formuler à partir de la figure 24 *de visu* : le rendement moyen en grain en C diffère significativement au seuil de 1 % de ceux mesurés en A et B et les rendements moyens en paille des zones A et C montrent une différence significative entre eux au seuil de 5 %.

Les très faibles rendements obtenus en C sont l'expression ultime de l'effet dépressif provoqué par les conditions d'excès d'eau.

**Tableau VII - Rendements en grain et en paille d'une variété locale de sorgho selon la position topographique dans le bas-fond de Bidi en saison de pluies 1991.**

Positions dans le bas-fond	Rendements en grain (kg/ha)	Rendements en paille (kg/ha)
A	1169 a	5921 a
B	839 a	4358 ab
C	208 b	2446 b
Moyenne	739	4242
CV (%)	27	31
ETR (ddl=6)	196	1312
ETM	845	3015

Dispositif en randomisation totale à 3 répétitions.

Les moyennes, dans une même colonne, suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 1 % (rendement en grain) et 5 % (rendement en paille) par le test de NEWMAN - KEULS.

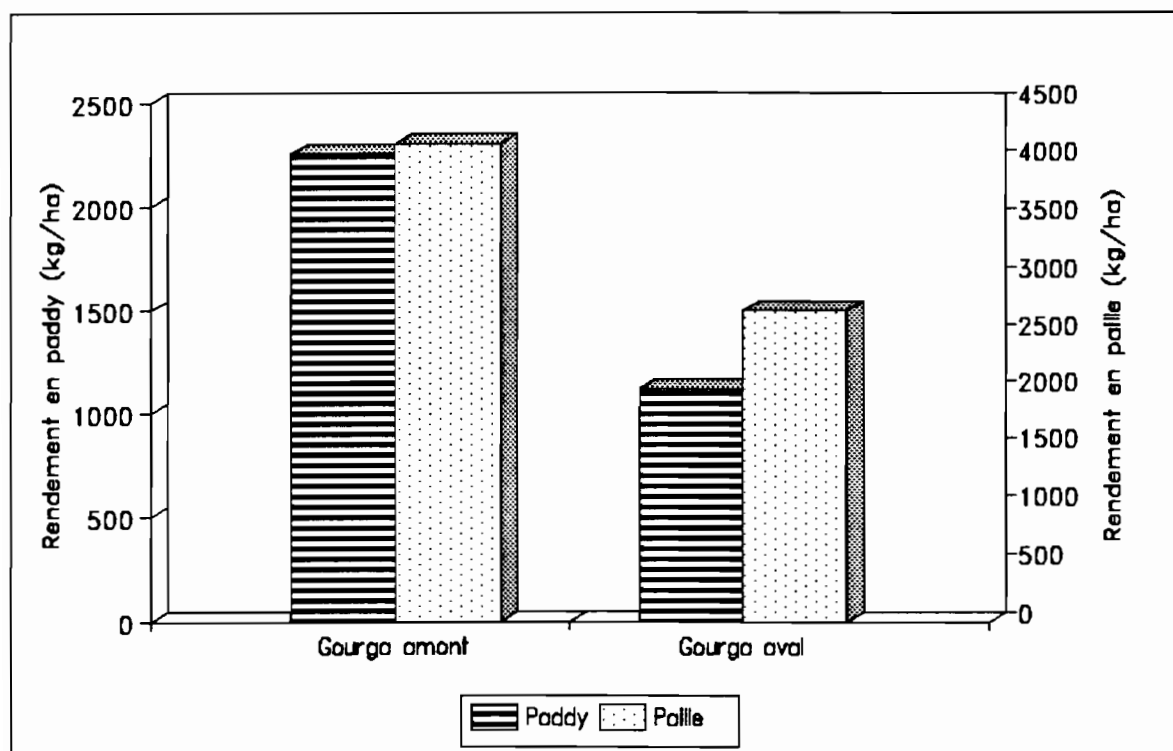
CV = coefficient de variation.

ETR = écart-type résiduel.

ETM = écart-type de la moyenne.

Les mesures de rendements sur le riz dans les sites de Gourga amont et de Gourga aval ont donné les résultats représentés par le diagramme de la figure 25. Les rendements en paddy obtenus à Gourga aval sont de moitié moindres que ceux obtenus à Gourga amont.

Quand on examine la figure 20 (cf. chap. II, parag. 4.4), on constate que les plants de riz du site de Gourga aval (zone A) ont été totalement submergés quatre jours après leur levée durant trois jours. A partir de 36 JAS, ils furent partiellement submergés pendant 42 jours sous une hauteur d'eau variable de quelques centimètres à 40 cm. Les plants de riz des zones les plus basses (durée de submersion totale plus longue) ont tous péri.



*Figure 25 - Rendements en paddy et en paille du riz AMENE dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.*

Ces faits mettent en exergue une force de résistance de la variété AMENE à la submersion supérieure à la moyenne tout autant qu'ils expliquent les chutes de rendements et les destructions de cultures observées. En effet DOBELMANN (1976) indique un seuil de durée létale de résistance à l'immersion de 48 heures pour des plants de riz âgés de moins de 10 jours. Or nous constatons que les plants de la variété AMENE ont survécu à trois jours de submersion totale, non sans avoir toutefois subi des troubles physiologiques notables (chlorose entre autres). Ce dernier fait suggère que l'effet de la submersion totale sur le riz résulte plus de l'arrêt de la fonction chlorophyllienne que de l'asphyxie, ce à quoi une expérience particulièrement démonstrative a conclu (DOBELMANN, *op. cit.*).

Le même auteur montre que la résistance à la submersion se fait au détriment de la productivité du riz, entre autres par le biais du faible taux de reprise des plants après l'inondation. En outre le tallage est réduit ; ce qui va influencer négativement sur les composantes du rendement (cf. tabl. IX).

Cela explique la faiblesse des rendements du riz implanté dans le site de Gourga aval par rapport à ceux du riz cultivé dans le site de Gourga amont. Celui-ci a bénéficié de conditions hydriques favorables (cf. chap. II, parag. 4.4 et chap. III, parag. 3.1.1).

L'analyse de variance (tabl. VIII) montre que la différence entre les rendements en paddy mesurés dans les deux sites est significative.

**Tableau VIII - Rendements en paddy et en paille du riz AMENE dans le bas-fond de Bidi en saison des pluies 1991.**

Sites	Rendements en paddy (kg/ha)	Rendements en paille (kg/ha)
Gourga amont	2253 a	4140 a
Gourga aval	1119 b	2703 a
Moyenne	1686	3422
CV (%)	21	19
ETR (ddl=4)	347	653
ETM	1389	2193

Dispositif en randomisation totale à 3 répétitions.

Les moyennes, dans une même colonne, suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test F.

CV = coefficient de variation.

ETR = écart-type résiduel.

ETM = écart-type de la moyenne.

Une analyse détaillée des composantes du rendement mettra en lumière les mécanismes par lesquels l'effet dépressif induit par le régime hydrique du bas-fond affecte à la baisse les rendements des cultures.

### 3.2.2 - Les composantes du rendement

C'est la conjugaison de deux facteurs principalement qui conduit à la chute des rendements du riz et du sorgho dans le bas-fond (tabl. IX) :

- premièrement le nombre total de poquets récoltés par unité de surface.

Aussi bien dans le cas du sorgho que du riz, le même constat est fait : les nombres totaux de poquets récoltés par mètre carré correspondant aux rendements les plus bas (zone

basse pour le sorgho et site de Gourga aval pour le riz) sont sensiblement inférieurs de moitié à ceux correspondant aux rendements les plus élevés (zone haute pour le sorgho et site de Gourga amont pour le riz).

Dans le cas du riz cela s'explique par le taux élevé de mortalité des plants consécutif à la submersion totale. Corrélativement le nombre de panicules utiles par unité de surface est faible. La variation de cette composante du rendement entre les deux sites est à peu près identique à celle de la composante nombre total de poquets récoltés par unité de surface.

Dans le cas du sorgho, la pourriture de nombreux plants au niveau du collet suite aux inondations prolongées ont conduit à une réduction importante du peuplement initial dans la zone basse. Le corollaire est le même que celui noté dans le cas du riz.

**Tableau IX - Composantes des rendements de variétés locales de sorgho et de riz (AMENE) dans le bas-fond de Bidi en raison des pluies 1991.**

	Poquets récoltés/m <sup>2</sup>		Panicules utiles/m <sup>2</sup>		Nbre de grains/panicule	Grains/panicule utile (en g)	PMG <sup>(3)</sup> (en g) utile
	Total p. cent <sup>(1)</sup>		Total p. cent <sup>(2)</sup>				
<b>Sorgho</b>							
Zone haute	1.74	96	4.19	90	1236	27.29	22.57
Zone médiane	1.62	85	3.26	82	1166	25.72	22.06
Zone basse	0.84	48	1.91	71	538	10.91	20.26
<b>Riz</b>							
Gourga am.	10.51	97	129.33	85	57	1.74	30.37
Gourga av.	5.56	50	76.00	86	54	1.47	27.26

<sup>(1)</sup> Le pourcentage (p. cent) de poquets récoltés est exprimé par rapport au total de poquets dénombrés à la levée.

<sup>(2)</sup> Le pourcentage de panicules utiles est exprimé par rapport au total de panicules dénombrées à la récolte.

<sup>(3)</sup> PMG = poids de 1000 grains.

N.B. Le terme "grain" désigne le paddy dans le cas du riz.



- deuxièmement le poids de 1000 grains (PMG).

Les plantes dans la zone haute (sorgho) et dans le site de Gourga amont (riz) sont vigoureuses et extraient facilement du sol l'eau et les nutriments indispensables à leur métabolisme. La luxuriance de leur appareil végétatif aérien permet une photosynthèse très active ; ce qui est garant d'une bonne accumulation de glucides dans les grains et d'un taux de remplissage correcte de ceux-ci. Il s'en suit un poids des grains élevé. Cela explique que les PMG de la zone haute (sorgho) et du site de Gourga amont (riz) soient supérieurs à ceux de la zone basse (sorgho) et du site de Gourga aval (riz) respectivement.

Dans le cas du sorgho, la moindre performance des plants de la zone basse peut s'expliquer par le fait que leurs systèmes racinaires, ayant pâti d'anaérobiose du fait de l'engorgement du sol (cf. parag. 3.1.2), n'ont pas pu assurer efficacement l'alimentation hydro-minérale des plantes entières. Comme il existe une interdépendance étroite entre les parties aériennes et le système racinaire (CALLOT *et al.*, 1982), il s'en est suivi une défaillance de la fonction chlorophyllienne et, par un mécanisme de rétroaction, tout le métabolisme a été affecté ; d'où la dégénérescence végétative et reproductive constatée chez les plants de sorgho de la zone basse.

Dans le cas du riz, c'est certainement l'amenuisement de l'activité photosynthétique dû à la submersion de la majorité des feuilles qui est à l'origine du faible taux de remplissage des grains dans le site de Gourga aval.

#### **4 - CONCLUSION**

L'essai a mis en évidence de façon spectaculaire l'effet hautement dépressif sur le sorgho des conditions hydriques, caractérisées par des excès d'eau, de la zone basse du bas-fond en année humide : les plants sont chétifs, leurs développements végétatif et reproductif sont retardés et, en définitive, leurs rendements sont insignifiants. Les composantes hydrologiques du régime hydrique (submersion et engorgement des sols) sont ici en cause.

Ces mêmes conditions hydriques sont par contre favorables au riz. En témoigne le niveau appréciable de rendement (2,2 tonnes/ha) atteint par cette culture en amont de la digue filtrante.

Dans la zone médiane, l'effet dépressif des conditions hydriques sur le sorgho est infime. Dans la zone haute, il est inexistant. Le régime hydrique dans ces zones est plutôt favorable au sorgho. D'où des rendements élevés (0,8 tonne/ha en B et 1,2 tonne/ha en A).

Dans le site de Gourga aval, il est apparu que des conditions d'inondation non contrôlée sont désastreuses pour le riz (très bas rendements et/ou destruction de culture).

# Chapitre IV

# **CHAPITRE IV**

## **CONDITIONS HYDRIQUES**

### **ET RISQUE DE DEFICIT HYDRIQUE**

#### **POUR LES CULTURES DANS LE BAS-FOND**

#### **1 - OBJET**

Dans la chronique pluviométrique 1970-1991, l'année 1991 est nettement excédentaire à Bidi (pluviosité annuelle supérieure à 117 % de la moyenne interannuelle 1970-1991 à la station de Ouahigouya). Cette situation exceptionnelle restreint énormément les possibilités d'extrapolation temporelle des conclusions de l'étude menée en 1991, la donnée climatique la plus fréquente dans la région étant une chronicité du déficit pluviométrique.

Afin de ne pas occulter cette réalité, nous avons voulu savoir quel pouvait être l'effet sur le sorgho (principale culture dans le bas-fond) des conditions hydriques qui prévalent de façon habituelle dans le bas-fond. Il s'agit en fait, à partir d'une simulation du bilan hydrique du sorgho dans la zone haute du bas-fond, de mettre en évidence les modalités d'influence relative du déficit hydrique au cours des principales phases phénologiques de la plante.

Sachant qu'en conditions sèches dans le bas-fond de Bidi et surtout dans la zone haute le régime hydrique est déterminé principalement par le couple de facteurs caractéristiques pluviométriques - caractéristiques pédohydriques, cela revient à évaluer l'effet de la capacité de rétention en eau du sol sur la satisfaction des besoins hydriques du sorgho.

A défaut de pouvoir baser le calcul du bilan hydrique sur la pluviométrie égale ou dépassée 8/10 années, démarche plus judicieuse et plus rigoureuse au regard de la méthodologie scientifique, nous avons opté délibérément d'être pessimiste en considérant les données pluviométriques de 1990 pour caractériser la situation la plus fréquente à Bidi. L'absence de données précises de rendements du sorgho pour cette année constitue un handicap qui sera pallié par le calcul des indices des rendements espérés.

Auparavant une présentation succincte du régime hydrologique du bas-fond en 1990 nous renseignera sur ce que peut être l'amplitude de la variation des conditions hydriques dans le bas-fond dans deux situations pluviométriques contrastées (1990 et 1991).

## **2 - REGIME HYDROLOGIQUE DU BAS-FOND EN 1990**

Nous nous limiterons à relever les différences par rapport au régime hydrologique en 1991 sans toutefois redécrire ce dernier (cf. chap. II, parag. 4.4).

La différence fondamentale est l'absence de crues chevauchantes en 1990, due à la distribution temporelle très éparse des crues observées cette année-là (fig. 26). Une conséquence immédiate de cet état de choses est la réduction globale des durées maximales d'inondation dans la zone basse. Les plus longues durées enregistrées (60 heures à Gourga amont, 50 heures à Tilli) ont été produites par la crue du 27 juillet 1990, du reste la plus forte de l'année (87 cm à Gourga amont, 70 cm à Tilli). En outre le nombre totale de crues est moindre en 1990 (15 à Tilli) qu'en 1991 (28 à Tilli) ainsi que le nombre de crues observées dans le mois de septembre.

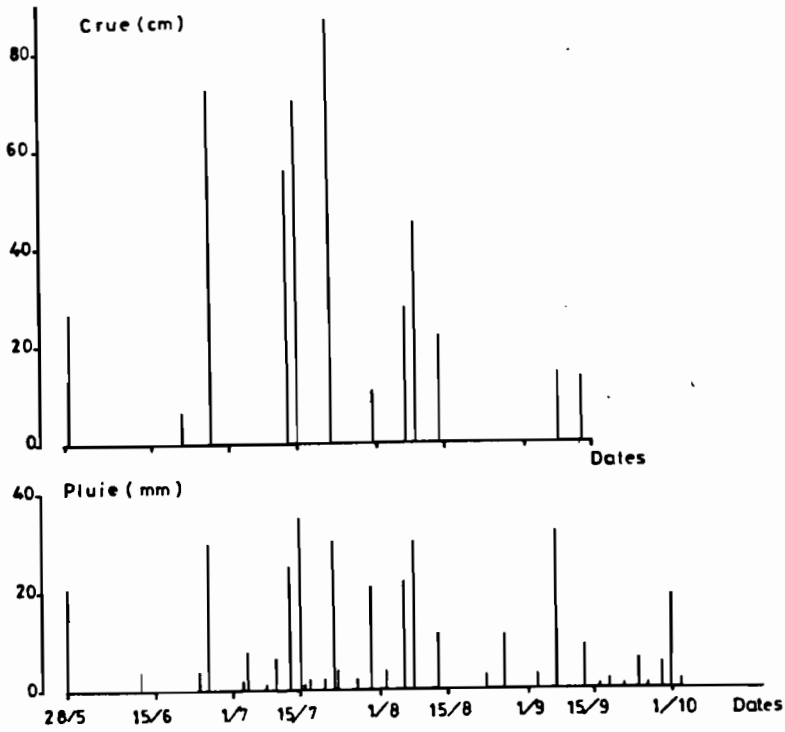
Dans le site de Gourga aval on constate que les périodes d'assèchement du microbarrage sont plus nombreuses et la hauteur moyenne de la nappe d'inondation inférieure à 60 cm (fig. 27). La zone haute par exemple (cote moyenne = 90 cm) a été submergée pendant trois jours consécutifs au plus durant toute la saison des pluies. Cela reflète parfaitement la faible densité temporelle des crues.

Les différences les plus spectaculaires s'observent au niveau du régime de la nappe phréatique :

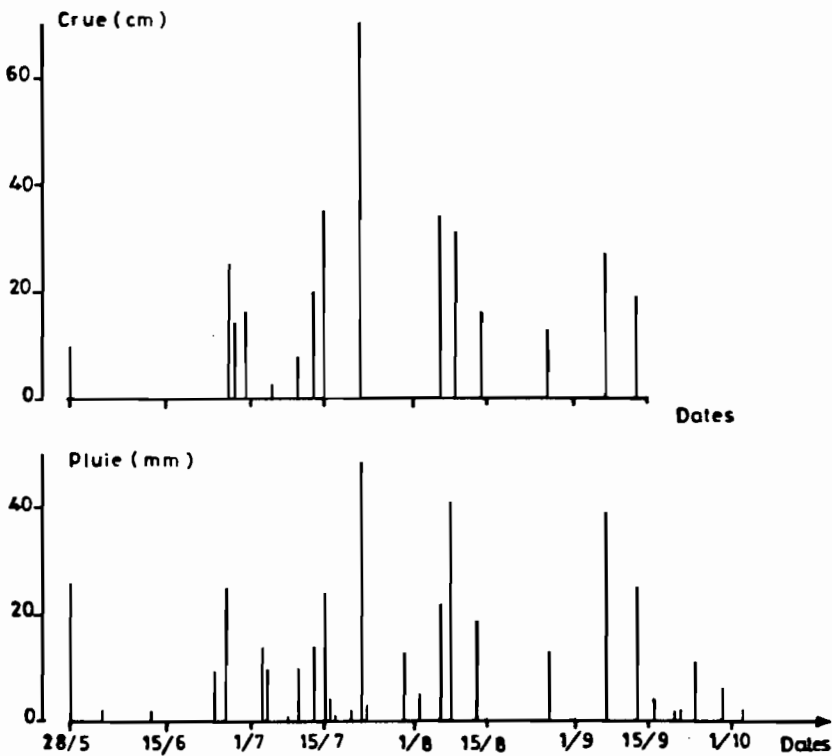
- dans le site de Gourga amont, le toit de la nappe a fluctué dans la zone basse entre 0 et 50 cm de profondeur à partir de mi-juillet jusqu'en mi-août. Dans la zone médiane, le niveau piézométrique maximal s'est situé à un mètre de profondeur. La contribution de la nappe à l'alimentation hydrique du sorgho est donc quasi nulle en 1990. Seul le riz, cultivé dans la zone basse, en a bénéficié dans le laps de temps indiqué.

- dans le site de Tilli, la profondeur minimale atteinte par la nappe dans la zone basse est de 360 cm. Dans la zone médiane, elle est encore plus profonde.

En se référant aux conclusions du paragraphe 3.1.1 (chap. III) sur les aptitudes du sorgho à résister aux conditions d'excès hydrique dans le bas-fond de Bidi, il s'avère que le régime hydrologique en année sèche n'est pas un facteur limitant majeur à la culture du sorgho dans les zones basses.



a - Site de Gourga amont ;



b - Site de Tilli.

Figure 26 - Pluies et crues dans le bas-fond de Bidi en 1990 :

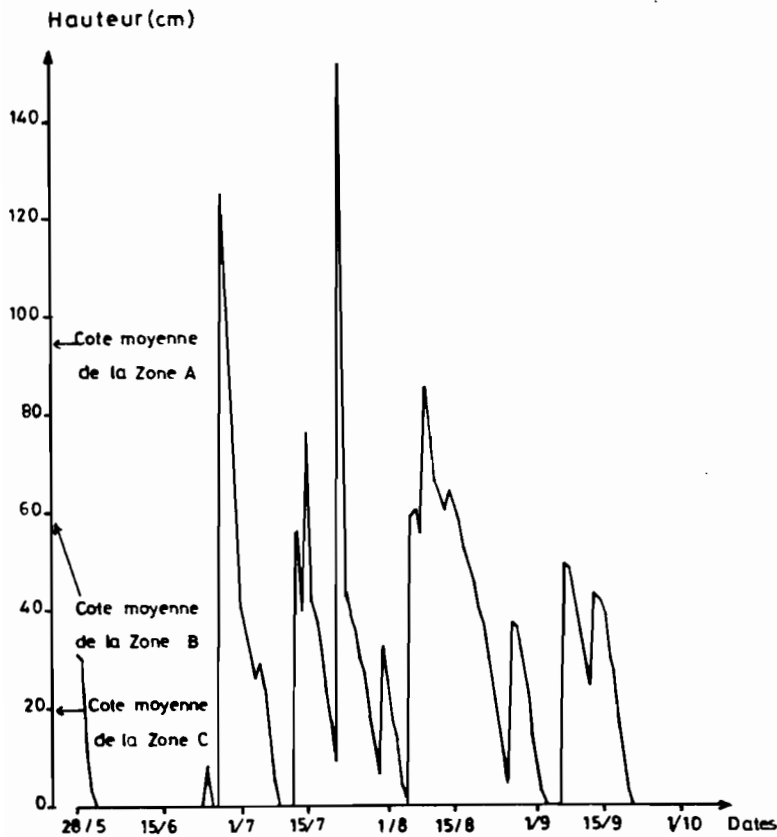


Figure 27 - Fluctuations du niveau du plan d'eau dans le site de Gourga aval en 1990.

### 3 - METHODOLOGIE

#### 3.1 - Méthode d'évaluation du bilan hydrique

Le modèle de simulation du bilan hydrique utilisé dérive de celui décrit par FRANQUIN et FOREST (1977). Il est basé sur la résolution de l'équation général du bilan hydrique selon une échelle du temps plus ou moins fine.

$$P \pm Ru \pm Dr \pm \Delta H - ETR = 0$$

où :

- P = pluviométrie ;
- Ru = ruissellement ;
- Dr = drainage profond ou remontée capillaire ;
- H = variation de la réserve hydrique du sol ;
- ETR = évapotranspiration réelle de la culture.

Les données nécessaires au fonctionnement du modèle sont de trois ordres : climatiques, pédologiques et agro-physiologiques.

### Les données climatiques

Les pluviométries journalières enregistrées à Bidi ont été utilisées. L'évaporation bac classe A de la station de Ouahigouya a été prise en considération pour estimer la demande évaporative climatique. Ce choix se justifie d'une part par le fait de l'absence de bac classe A à la station de Bidi-Nayiri et d'autre part par le fait que les coefficients culturaux disponibles sont la plupart du temps calculés en référence à l'évaporation bac classe A.

### Les données pédologiques

La réserve utile du sol pour chaque site a été calculée à partir des données analytiques présentées dans l'annexe IV. La formule utilisée est la suivante :

$$RU = \sum_{i=1}^n Z_i \times (Hr_i - Hf_i) \times da_i / 10$$

où :

RU = réserve utile (en mm) ;

$Z_i$  = épaisseur d'horizon du sol colonisé par les racines (en cm) ;

$Hr_i$  = humidité pondérale du sol à la capacité de rétention (pF 2.5) ;

$Hf_i$  = humidité pondérale du sol au point de flétrissement (pF 4.2) ;

$da_i$  = densité apparente du sol.

Ainsi les réserves utiles sont de 85, 80 et 100 mm à Gourga amont, Tilli et Nayiri respectivement pour une profondeur maximale du front d'enracinement égale à 70 cm.

Le seuil et le coefficient de ruissellement ont été estimés à 15 mm et 35 % respectivement sur tous les sites. Ces valeurs retenues par SOME (1989) tiennent compte des résultats obtenus à Saria et Gampela par divers chercheurs sur un sol travaillé à la daba traditionnelle comme c'est le cas sur les sites étudiés ici.

Pour refléter la diminution du taux de ruissellement en fonction du développement du couvert végétal, les valeurs de celui-ci ont été réduites de moitié à partir de mi-août.

L'eau infiltrée dans le sol lors des crues a été considérée à raison de 20 mm/heure d'inondation, valeur estimée à partir de celle obtenue par LAMACHERE (1992, comm. pers.) à l'amont du microbarrage de Gourga.



## Les données agro-physiologiques

Le cycle végétatif du sorgho a été divisé en quatre phases principales :

- 1<sup>re</sup> phase : semis - fin de la montaison (notée IDV) ;
- 2<sup>e</sup> phase : début épiaison - 50 % de floraison environ (notée FL1);
- 3<sup>e</sup> phase : pleine floraison - début maturation (notée FL2) ;
- 4<sup>e</sup> phase : maturation - récolte (notée MATU).

La variété cultivée dans le bas-fond étant photopériodique, la durée de son cycle est variable selon la date de semis. Cette variation se répercute essentiellement sur la durée de la phase IDV. Ainsi pour des semis intervenus dans la dernière décade de juin en 1990 et dans la dernière décade de mai en 1991 correspondent les durées de phases suivantes :

**Tableau X - Durées (en jours) des phases phénologiques d'une variété locale de sorgho dans le bas-fond de Bidi.**

Années	Cycles	IDV	FL1	FL2	MATU
1990	120	55	25	15	25
1991	150	85	25	15	25

Les coefficients culturaux  $k'c$  pris en compte dérivent de ceux obtenus par DANCETTE (1983b) à Bambey (Sénégal) par création d'un vecteur  $k$  selon la méthode proposée par F. FOREST (CIEH/IRAT,1984).

Tous ces paramètres sont liés entre eux par des relations ainsi synthétisées :

$P$  = lame de pluie durant la période (10 jours dans le cas étudié) ;

$RU$  = réserve utile du sol ;

$Rs_i$  =  $Hd_i - ETR_i$  = réserve hydrique du sol à la fin de la période  $i$  ;

$Hd_i$  =  $P_i + Rs_{(i-1)}$  = humidité disponible ;

$Hr_i$  =  $Hd_i/RU \pm A$  = humidité relative du sol  $\pm$  coefficient de pondération ;

$EVA$  = évaporation bac classe A ;

$ETM$  =  $k'c \times EVA$  = évapotranspiration maximale du couvert végétal ;

$ETR$  =  $f(ETM, Hr^3)$  = évapotranspiration réelle du couvert végétal ;

$Dr_i = Hd_i - ETR_i - RU = \text{drainage profond ;}$

$Ru = \text{ruissellement superficiel ;}$

$ETR/ETM = \text{taux de satisfaction des besoins hydriques du couvert végétal.}$

L'ETR est estimée grâce à une régression mathématique mise au point par EAGLEMAN :

$$ETR_i = 0.732 - 0.050 ETM_i + (4.97 ETM_i - 0.66 ETM_i^2)Hr - (8.57 ETM_i - 1.56 ETM_i^2)Hr^2 + (4.35 ETM_i - 0.88 ETM_i^2)Hr^3$$

### **3.2 - Détermination de l'indice du rendement espéré**

L'indice du rendement espéré (IRESP) traduit le niveau du rendement que l'on peut attendre compte tenu du degré de satisfaction des besoins hydriques de la culture.

De même que SOME (1989), nous retenons, pour estimer l'IRESP, la relation qui combine l'ETR total du cycle et la plus petite valeur du taux de satisfaction des besoins en eau de la culture ETR/ETM à la phase FL1 ou FL2 :

$$IRESP = ETR (\text{cycle}) \times ETR/ETM (\text{phase critique})$$

## **4 - RESULTATS ET DISCUSSIONS**

### **4.1 - Satisfaction des besoins hydriques du sorgho**

Les besoins en eau du sorgho sont jugés satisfaits lorsque ETR/ETM (phase critique) est d'au moins 80 %. Sur cette base, la figure 28 montre qu'en année sèche comme 1990 le sorgho n'atteint pas un niveau d'alimentation hydrique suffisant, que la réserve utile du sol (RU) soit de 80 mm (site de Tilli) ou de 100 mm (site de Nayiri). Il s'avère donc qu'en condition de sécheresse, la capacité de rétention hydrique du sol n'induit aucun effet différentiel sur le taux de satisfaction des besoins en eau (ISBE) du sorgho. Ces observations sont en conformité avec les conclusions d'une étude menée au Mali (DIARRA *et al.*, 1987, cités par SOME, *op. cit.*) et qui a révélé que l'effet de la RU s'amenuise au fur et à mesure de la décroissance de la pluviosité pour finalement disparaître à partir d'un certain seuil. Ainsi une RU de 100 mm/m est inopérante pour une pluviosité inférieure à 400 mm. Cela s'explique par le défaut de remplissage du réservoir sol par les pluies peu abondantes.

Rappelons que la pluviosité de 1992 a été de 372 mm.

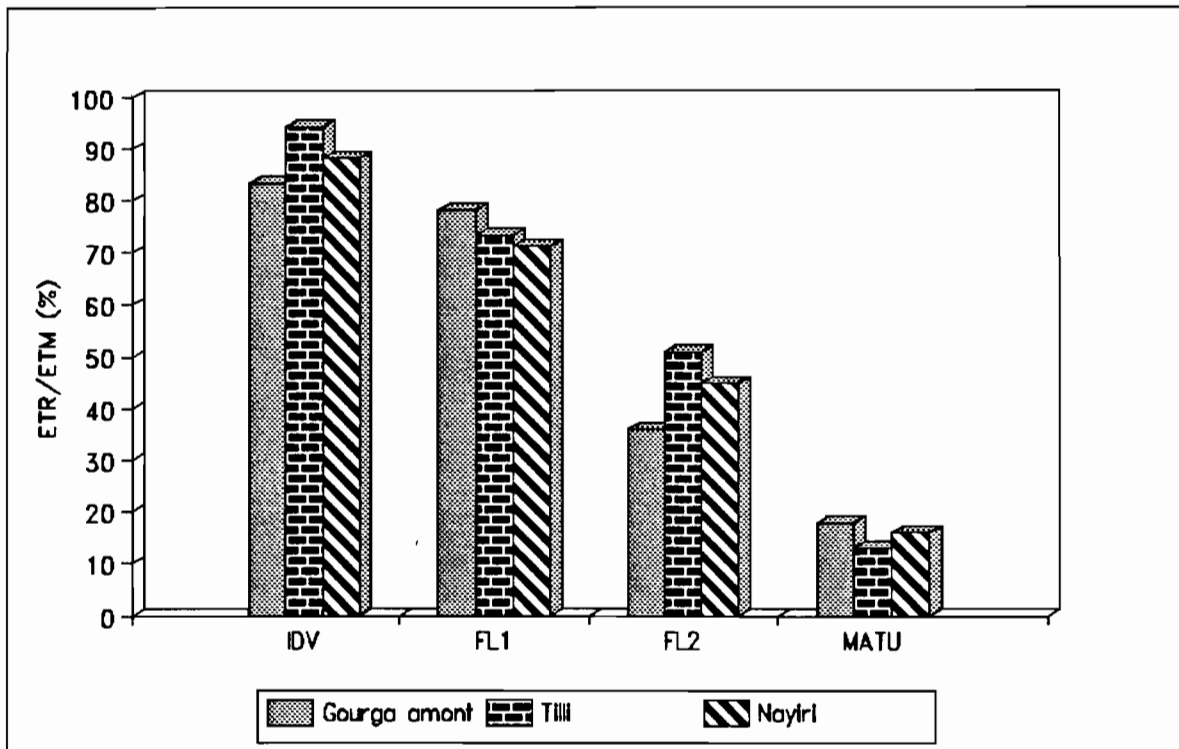


Figure 28 - Indices de satisfaction des besoins en eau du sorgho à différentes phases phénologiques dans le bas-fond de Bidi en 1990.

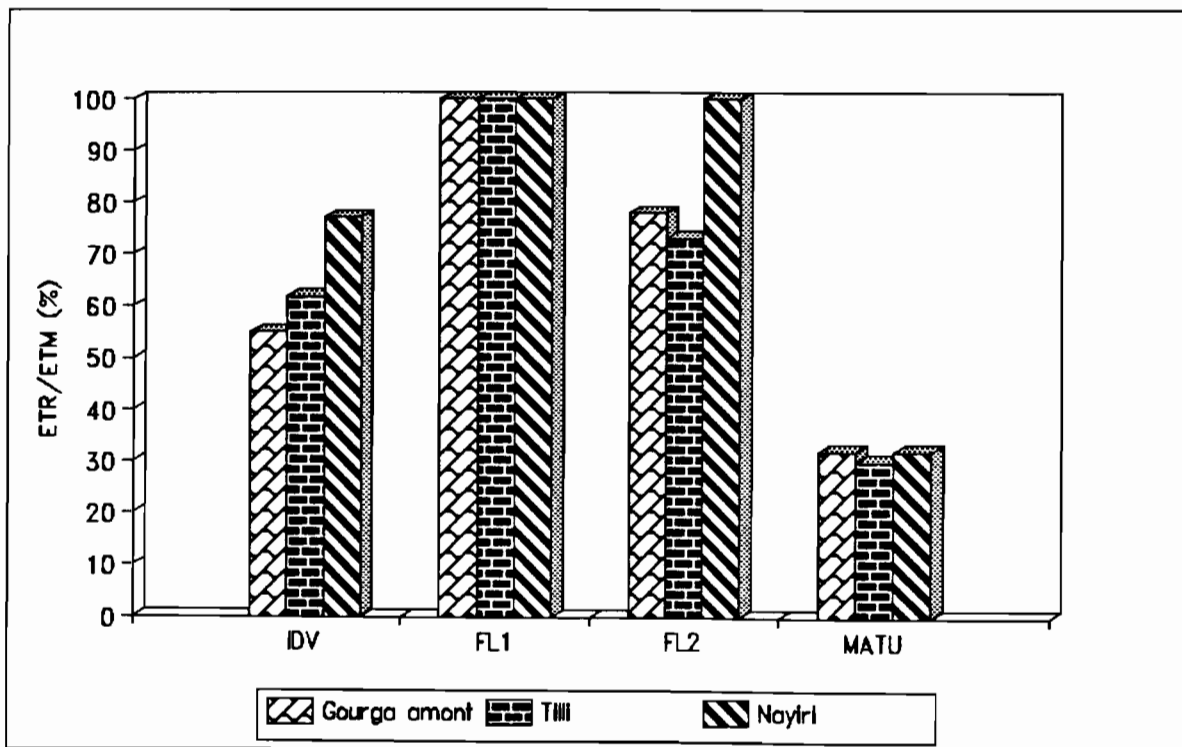


Figure 29 - Indices de satisfaction des besoins en eau du sorgho à différentes phases phénologiques dans le bas-fond de Bidi en 1991.

L'effet positif que l'on peut attendre d'une RU élevée sur l'ISBE est donc conditionné par le contexte pluviométrique.

Les différences d'ISBE du sorgho entre les différents sites au cours des phases FL1, FL2 et MATU reflètent la microvariabilité spatio-temporelle de la pluviométrie.

L'alimentation hydrique satisfaisant du sorgho au cours de la phase IDV est due à l'occurrence de pluies abondantes et régulières (cf. fig. 26) qui a caractérisé le début de l'hivernage 1990 ainsi qu'aux fortes crues, qui ont permis l'infiltration de lames d'eau non négligeables dans les zones hautes des différents sites.

En condition d'année humide, la situation de l'alimentation hydrique du sorgho dans le bas-fond est très différente (fig. 29). Globalement, les besoins de la culture sont satisfaits (ETR/ETM phase critique varie de 87 à 100 % selon les sites). On constate au cours des phases IDV et FL2 que les plus forts ISBE sont enregistrés dans le site de Nayiri où le sol possède une RU de 100 mm. C'est là que le rôle de la RU dans la satisfaction des besoins hydriques du sorgho est le plus manifeste. La phase FL1 coïncidant avec une période très humide (cf. fig. 18, chap. II, parag. 4.4), on peut remarquer que les besoins en eau du sorgho sont pleinement satisfaits quel que soit le niveau de la RU du sol. Au cours de la phase MATU, la raréfaction des précipitations vers la fin de la saison des pluies (cf. fig. 18, chap. II, parag. 4.4) a créé une situation similaire à celle observée en 1990, c'est-à-dire l'incapacité des RU élevées à assurer une alimentation hydrique satisfaisante du sorgho en conditions sèches.

Ces niveaux variables de satisfaction des besoins en eau du sorgho en année sèche et en année humide vont se traduire par des rendements et/ou des indices de rendements espérés (IRESP) fort différents.

#### **4.2 - Indice du rendement espéré du sorgho**

Les IRESP du sorgho en 1990 (fig. 30) sont très éloquentes. Ils rendent parfaitement compte de la part, relativement importante, prise par la satisfaction des besoins hydriques dans les rendements des cultures pluviales dans la zone sahélienne.

La comparaison des ISBE de 1990 et 1991 (fig. 28 et 29) permet de conclure que le faible niveau de rendement espéré du sorgho en année sèche est principalement imputable à la non satisfaction des besoins en eau de la culture aux phases critiques FL1 et FL2 ; ce qui a été démontré (PASTERNAK et WILSON, 1969 ; SORIANO et GINZO, 1975 ; SIONIT

et KRAMER, 1977 ; SANDHU et HORTON, 1977 ; GIPSON *et al.*, 1979, cités par SOME, *op. cit.*). De même que pour les ISBE, les différences inter-sites de la RU n'expliquent pas les niveaux variables des IRESP du sorgho dans les trois sites.

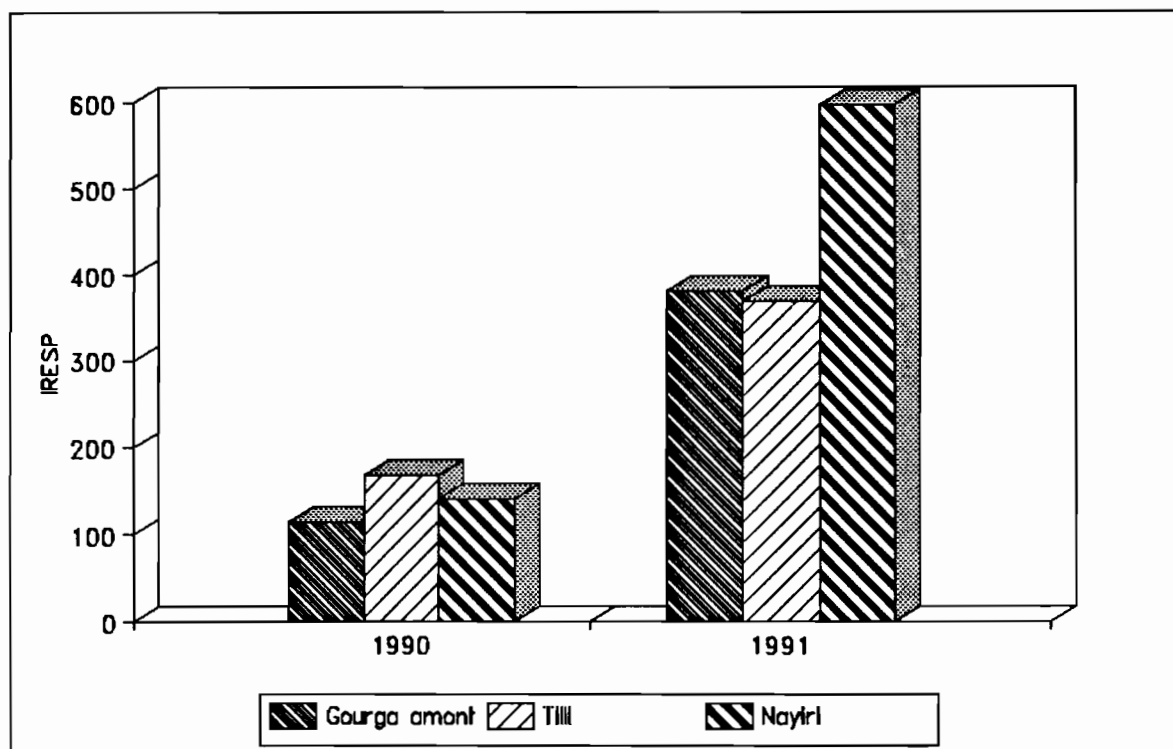


Figure 30 - Indices des rendements espérés d'une variété locale de sorgho dans le bas-fond de Bidi.

En 1991, le niveau élevé de l'IRESP dans le site de Nayiri montre l'importance de la RU à cet effet.

L'existence de données de rendements du sorgho mesurés *in situ* (tabl. XI) permet d'effectuer une comparaison entre celles-ci et les IRESP calculés : il apparaît que la supériorité de l'IRESP du sorgho du site de Nayiri sur celui des autres sites n'est pas en accord avec la réalité sur le terrain. L'hypothèse qui peut être avancée pour expliquer ce fait est que la satisfaction des besoins hydriques de la culture conditionne son rendement jusqu'à un certain seuil. Au-delà, d'autres facteurs doivent être pris en compte. La supériorité du rendement du sorgho dans le site de Gourga amont, situé à l'amont d'une digue filtrante, indique que le potentiel de fertilité du sol est le principal facteur qui influence les rendements lorsque les conditions hydriques sont favorables. Cela a été montré par POSS *et al.* (1988) sur une culture de maïs au Togo.

**Tableau XI - Comparaison des ISBE, des IRESP et/ou des rendements mesurés d'une variété locale de sorgho dans le bas-fond de Bidi.**

Sites	ETR/ETM <sub>pc</sub>	ETR/ETM <sub>c</sub>	ETR	IRESP	Rdts mesurés (kg/ha)
<b>1990</b>					
Gourga amont	0.57	0.57	318	114	-
Tilli	0.62	0.59	331	169	-
Nayiri	0.58	0.56	316	142	-
<b>1991</b>					
Gourga amont	0.89	0.62	488	380	1335
Tilli	0.87	0.64	504	368	942
Nayiri	1.00	0.76	597	597	1230

N.B : - RU = 85 mm à Gourga amont ;

- RU = 80 mm à Tilli ;

- RU = 100 mm à Nayiri.

Nous ne disposons pas de données précises sur les propriétés chimiques des sols de ce site pour prouver leur supériorité, sur le plan de la fertilité, par rapport aux sols des autres sites. Mais il est notoirement démontré que les sols situés à l'amont d'une digue filtrante bénéficient d'apports de sédiments riches en matière organique et en éléments minéraux et sont plus fertiles que ceux situés en aval (VLAAR et WESSELINK, 1990 ; VAN DRIEL et VLAAR, 1991). L'infériorité du rendement du sorgho mesuré à Nayiri par rapport à celui mesuré à Gourga amont s'expliquerait donc par le faible niveau de fertilité chimique des sols de ce site (cf. annexe V).

De ces résultats il peut être déduit que dans des conditions d'année humide, la réponse des ISBE, et partant celle des IRESP, du sorgho à une RU élevée (100 mm) est nettement positive. Cependant cela ne se traduit dans la réalité en termes de rendements que sous la condition d'un niveau suffisant de la fertilité chimique du sol.

## **5 - CONCLUSION**

Dans la partie haute du bas-fond, les conditions hydriques sont déterminées par le couple de facteurs caractéristiques pluviométriques - caractéristiques pédohydriques. Il

apparaît qu'en année sèche, ces conditions sont généralement stressantes pour les cultures du fait du déficit hydrique qui ne permet pas d'atteindre un taux suffisant de satisfaction des besoins en eau des plantes.

Le rôle du facteur pédohydrique dans le maintien de conditions hydriques favorables à l'alimentation en eau des plantes est infime, voire même nulle, ou au contraire très considérable selon que l'on est en année sèche ou en année humide respectivement. Dans ce dernier cas, le rôle de la RU dans la satisfaction des besoins hydriques du sorgho est d'autant plus manifeste que le niveau de RU est élevé (100 mm/70 cm). Le rendement que l'on peut alors attendre est conséquemment élevé sous réserve toutefois d'un niveau de fertilité chimique suffisant des sols.

# Chapitre V



## **CHAPITRE V**

### **STRATEGIES ET TECHNIQUES**

#### **POUR UNE VALORISATION OPTIMALE**

#### **DU BAS-FOND**

##### **1 - OBJET**

Il ne s'agit pas ici de dresser une liste de recettes à appliquer mécaniquement et dont les effets escomptés se produiraient automatiquement. Seront plutôt développées quelques réflexions sur les stratégies à mettre en oeuvre dans le bas-fond pour en tirer le meilleur parti sur le plan agricole. Le cas du site de Gourga aval nous donnera l'occasion de proposer une technique, relativement simple, de survalorisation de la micro-retention d'eau par de la riziculture de crue.

Il nous a paru opportun à cet effet de réduire le bas-fond à deux pôles représentés d'une part par les sites avec un aménagement du type digue filtrante (cas de Gourga amont) et les sites non aménagés (cas de Tilli et Nayiri) et d'autre part par les sites avec un aménagement du type microbarrage à digue déversante (cas de Gourga aval). Les similitudes de régime hydrique et d'effets sur les cultures observées au niveau des sites d'un même pôle justifient ce regroupement.

##### **2 - SITE DE GOURGA AMONT ET SITES NON AMENAGES**

L'analyse précédente a montré que les conditions hydriques qui ont régné dans la zone basse du bas-fond en 1991 ont induit sur le sorgho un effet dépressif qui s'est traduit en définitive par une réduction significative des rendements (82 % de moins qu'en A). Les conditions hydriques incriminées sont l'inondation et l'engorgement des sols. L'exploitation de la zone basse du bas-fond en culture de sorgho comporte donc des risques de pertes sévères de rendements en année humide.

Face à cette situation, quelles stratégies adoptées dans l'optique d'une utilisation optimale de cette partie du bas-fond ?

En paraphrasant LAMACHERE (1989), nous répondons que les stratégies qui peuvent être développées face à une situation de ce genre relèvent d'attitudes différentes de l'homme face à un risque : la fuite, l'inconscience, l'acceptation prudente et raisonnée.

Se butter à vouloir obtenir une production de sorgho d'une zone qui présente des contraintes manifestes de nature à réduire sévèrement sinon à annihiler la production escomptée semble *a priori* relever de l'attitude d'inconscience. C'est la stratégie la plus répandue à Bidi en l'espèce.

L'attitude contraire, c'est-à-dire l'abandon de la culture du sorgho dans la zone basse du bas-fond, qui témoignerait d'une stratégie de fuite, y est plutôt rare.

L'acceptation prudente et raisonnée du risque voudrait que les stratégies développées prennent en considération les résultats d'une analyse fréquentielle des paramètres variables déterminant le régime hydrique dans le bas-fond, notamment la pluviométrie. Cette analyse permettrait de donner une réponse en termes de probabilité à la question : " La pluviométrie de la saison des pluies attendue sera-t-elle excédentaire ou déficitaire ?" et corrélativement à la question : " Les conditions hydriques dans le bas-fond seront-elles ou non rédhibitoires pour la culture du sorgho ?" en présumant que des études préalables ont déjà permis d'établir des corrélations entre les trois classes de pluviométries (excédentaires, moyennes et déficitaires) et des conditions hydriques spécifiques dans le bas-fond.

Des stratégies à mettre en oeuvre pour chacune des trois classes pluviométriques sont aussi préalablement définies. Le choix de telles stratégies revêt alors la forme d'un pari où l'on met de son côté les plus fortes chances de gagner.

Ainsi par exemple une probabilité d'occurrence de 8/10 attachée à l'évènement "pluviométrie déficitaire" inciterait à l'adoption de la stratégie assimilée précédemment à une attitude d'inconscience sachant qu'une pluviométrie déficitaire induit dans la zone basse du bas-fond des conditions hydriques n'affectant pas de façon significative la production du sorgho (cf. chap. IV, parag. 2).

A l'inverse cette même probabilité, établie pour l'évènement "pluviométrie excédentaire", aurait conduit au choix de la stratégie de fuite c'est-à-dire à l'abandon de la culture du sorgho sachant qu'une pluviométrie excédentaire occasionne dans la zone basse du bas-fond des conditions hydriques réduisant significativement les rendements du sorgho (cf. chap. III, parag. 3.2).

La réflexion sur l'acceptation prudente et raisonnée du risque exposée ci-dessus s'inspire de l'analyse de ELDIN (1989) sur la considération du risque climatique dans la production végétale.

A défaut de posséder tous les outils nécessaires à une telle approche des stratégies à développer pour valoriser au mieux les zones basses du bas-fond en sorgho, soyons pragmatiques à l'instar des paysans et optons de persister dans l'exploitation de cette zone en sorgho en posant l'hypothèse que dans le contexte actuel de péjoration climatique, l'occurrence d'années à pluviométries déficitaires est la plus probable.

En nous en tenant uniquement au cas de l'année 1991, les conclusions se tirent aisément. En effet, il est apparu que les mêmes conditions hydriques (celles qui ont prévalu dans la zone basse du site de Gourga amont, simultanément emblavée en sorgho et en riz) ont eu des effets aux antipodes les uns des autres sur le sorgho et le riz à en juger par les rendements produits (2,3 tonnes/ha de paddy pour le riz contre 0,2 tonne/ha de grain pour le sorgho). Nous en inférons que, des deux espèces, le riz est celle dont la culture doit avoir la priorité dans la zone basse du bas-fond *ceteris paribus* ; elle est la seule à valoriser de façon optimale les conditions hydriques de ce milieu. Mais comment savoir à l'avance les caractéristiques de la pluviométrie de la saison pluvieuse attendue ? Nous retombons dans le cercle probabiliste de tantôt.

### **3 - SITE DE GOURGA AVAL**

Du fait de sa situation à l'amont d'un ouvrage hydraulique (microbarrage à digue déversante), le site de Gourga aval connaît un régime hydrique régi prioritairement par le facteur hydrologique "crue" (cf. chap. II, parag. 4.4). Les paysans ont perçu très tôt l'intérêt de valoriser les conditions hydriques particulières de ce site par la riziculture de crue.

Malheureusement, une mauvaise gestion du pertuis à batardeaux de la digue, qui permet de régler le niveau du plan d'eau, a souvent créé des conditions néfastes ou même réhébitoraires pour la riziculture. Ce fut le cas par exemple en 1991.

Un mode de gestion du pertuis avait été proposé par G. SERPANTIE en 1988 (LAMACHERE *et al.*, 1991). Nous nous proposons de l'affiner sur la base des contraintes imposées par la dynamique de croissance en hauteur du riz AMENE observée dans le bas-fond en 1991.

Selon DOBELMANN (1976), pendant la période de tallage du riz (irrigué) et jusqu'à la fin de la floraison, l'eau peut atteindre un niveau maximum correspondant au tiers de la hauteur du plant. L'hétérogénéité topographique du site rizicole de Gourga aval (cf. fig. 14, chap. II, parag. 4.2.) entraîne une variabilité spatiale de ce niveau maximum pour des plants de riz de même hauteur. Les plants occupant la position la plus basse devront donc être pris comme repère.

Pour ne pas trop empiéter sur la vocation première du microbarrage de Gourga (LAMACHERE *et al.*, 1991), nous allons imposer des conditions hydriques plus drastiques au riz en position basse en retenant comme niveau maximum du plan d'eau à cet endroit une hauteur correspondant aux deux tiers de celle du riz. Il suffit en effet que quelques centimètres de feuilles (5 à 10) émergent pour que la plante soit à l'abri de l'asphyxie et végète à peu près normalement (DOBELMANN, 1976). Dans le but toujours de favoriser le rôle de stockage des eaux de ruissellement et de recharge de la nappe aquifère, nous déclassons la valeur de la zone C pour la variété AMENE dans la catégorie inapte, c'est-à-dire que les dispositions visant à éviter la submersion totale du riz ne valent pas pour d'éventuels plants situés dans cette zone. Cela permet de gagner sur la hauteur maximale du plan d'eau une lame d'eau de 45 cm.

Nous préconisons la culture d'une variété de riz flottant dans la zone C en remplacement de la variété AMENE.

Pour obtenir la cote maximale du plan d'eau (par rapport au repère du barrage) il faut ajouter à la cote minimale de la zone B (635 cm) la valeur x correspondant aux deux tiers de la hauteur du riz AMENE plus une dénivellée de 20 cm pour tenir compte de la pente longitudinale dans cette partie du bas-fond ( $2 \text{ m.km}^{-1}$ ) (fig. 31).

La gestion pratique des batardeaux est résumée dans le tableau XII.

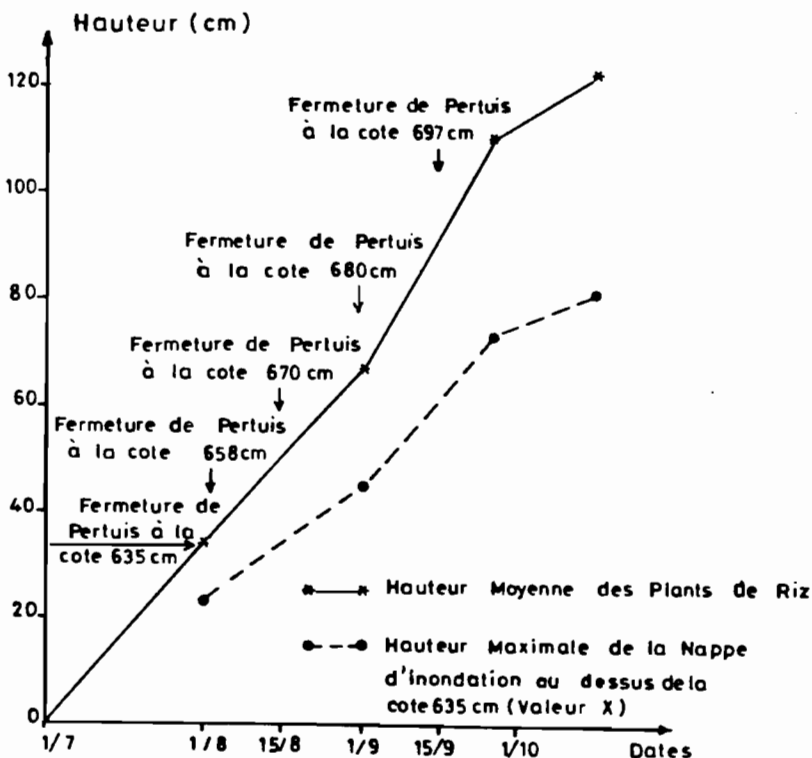


Figure 31 - Gestion hydraulique théorique du microbarrage de Gourga pour une date de semis au plus tard du riz AMENE fixée au 1er juillet.

Tableau XII - Gestion hydraulique pratique du microbarrage de Gourga.

Dates	Cotes maximales théoriques du plan d'eau (cm)	Manipulation pratique des batardeaux (cotes en cm)
Jusqu'en fin juill.	635	2 madriers (630 cm)
1 <sup>er</sup> août	658	4 " (660 cm)
15 août	670	5 " (675 cm)
1 <sup>er</sup> sept.	680	6 " (690 cm)
15 sept.	697	Fermeture totale (700 cm)

N.B. La hauteur d'un madrier est de 15 cm.

L'application de ces recommandations sur la gestion hydraulique du microbarrage demeure subordonnée à la résolution préalable d'une question. En effet en amont du microbarrage se pose le lancinant problème de prééminence entre la riziculture et la vocation, très chère au paysan, de stockage des eaux de ruissellement et de recharge de la nappe aquifère reconnue à l'ouvrage. Il s'agit de réussir à persuader les paysans riverains de l'aménagement que la manipulation des batardeaux proposée constitue le meilleur compromis pour une survalorisation de l'ouvrage. Alors seulement on peut espérer mettre à exécution le programme de gestion hydraulique du microbarrage préconisé.

Le but de la manipulation des batardeaux proposée est d'éviter aux plants de riz installés à l'amont de l'ouvrage de subir de façon dommageable les excès d'eau. La situation inverse, c'est-à-dire celle de déficit hydrique, mérite également considération. En effet, dans le contexte climatique actuel, le constat a été fait (LAMACHERE *et al.*, 1991) que les cultures de bas-fond subissent la sécheresse autant que les cultures de versant et les rendements sont aléatoires (une année sur deux).

L'existence du microbarrage sur le site constitue, par les possibilités d'irrigation d'irrigation d'appoint qu'elle offre, une opportunité pour compenser le déficit hydrique des cultures au cours des poches de sécheresse. Mais les modalités (techniques et socio-économiques) de la mise en oeuvre de cette technique anti-aléatoire restent à définir. Elles doivent faire l'objet d'une étude approfondie.

#### 4 - CONCLUSION

Si l'on pouvait se permettre un jugement de valeur sur les conditions hydriques du bas-fond, on dirait que celles-ci sont comparables à la langue d'Esopé, capables du meilleur comme du pire ; tout dépend des aptitudes physiologiques intrinsèques de la plante qui y est soumise et aussi des caractéristiques du facteur générateur du régime hydrique, les précipitations. Le caractère très variable de ce dernier se répercute dans le bas-fond en termes, plus ou moins nuancés, d'excès d'eau et de déficit hydrique d'occurrence aléatoire.

Cette caractéristique crée une situation de risques pour la production agricole, qui explique en majeure partie le scepticisme et même la réticence d'un grand nombre de paysans à adopter les techniques, souvent coûteuses en temps et en argent, proposées par la Recherche aux fins d'une intensification de l'agriculture. L'application de certaines d'entre elles, en particulier les techniques de travail du sol et une fertilisation minérale minimale permettrait de renforcer les stratégies proposées ci-dessus : en conditions sèches les cultures bénéficieraient d'un supplément d'eau grâce à une amélioration des propriétés physiques du profil cultural par le travail du sol (meilleure colonisation du sol par les racines d'où une RU plus élevée) ; en conditions humides, la fertilisation minérale permettrait d'accroître l'efficacité de l'eau.

Il apparaît donc que la recherche de l'optimisation de la production vivrière dans le bas-fond de Bidi et d'une façon générale dans les petits bas-fonds sahéliens va de paire avec une certaine prise de risque par les exploitants de ces milieux. La question maintenant est de savoir jusqu'à quel degré consent-on à risquer.

# **Conclusion**

## **générale**

## CONCLUSION GENERALE

Le régime hydrique d'un petit bas-fond sahélien (celui de Bidi au Nord Yatenga) et son influence sur le sorgho et le riz ont fait l'objet de cette étude.

Un examen préalable des conditions du milieu naturel a révélé une dégradation du climat marquée principalement par une réduction de la pluviosité et par un accroissement de la variabilité spatio-temporelle des pluies. Sur le plan agroclimatique, cela se traduit en outre par :

- une réduction de la durée du cycle cultural ;
- une forte variabilité de la fin de la saison des pluies ;
- une augmentation des risques d'apparition d'épisodes secs et des durées de ceux-ci.

Cette péjoration climatique s'accompagne d'une évolution régressive généralisée des autres facteurs du milieu écologique (sols et végétation notamment).

Cette situation de crise aggrave la précarité de l'agriculture pluviale dans la région et explique les mutations survenues dans le mode de gestion des bas-fonds. La fonction de ceux-ci s'est orientée en priorité vers la sécurisation de la production vivrière. C'est ce qui justifie la généralisation de la culture du sorgho dans ces milieux au dépens des autres spéculations.

Mais ce nouveau mode de gestion n'est pas exempt de risques pour les cultures, liés au régime hydrique du bas-fond et pouvant compromettre les récoltes. L'analyse des paramètres conditionnant ce régime (pluviosité, crues, nappe phréatique, propriétés pédohydriques, modelé) montre que :

- dans la zone basse, le facteur hydrologique (régime d'inondation et/ou de nappe phréatique) joue le rôle prépondérant. En année humide comme 1991, sa prééminence se traduit par des conditions d'excès d'eau généralisé et prolongé dans la zone basse ;

- au fur et à mesure que l'on monte vers la zone haute, l'importance de ce facteur est mitigé et tend même à disparaître en année sèche comme 1990.

En définitive, il apparaît que ce sont les précipitations qui, en fonction de leurs caractéristiques (quantité et répartition), imposent en réalité les conditions hydriques dans le bas-fond. Celles-ci sont empruntées d'une grande variabilité temporelle à l'instar de la pluviométrie et sont modulées selon la position topographique d'une part et selon les caractéristiques hydriques des sols d'autre part.



Cette fluctuation aléatoire du régime hydrique détermine des effets différentiels, voire même paradoxaux, sur les cultures selon les aptitudes intrinsèques de celles-ci. Ainsi, l'expérimentation menée dans le bas-fond en vue d'évaluer l'impact du régime hydrique sur le sorgho et le riz a révélé que, dans le contexte pluviométrique de 1991, la zone basse subit des excès d'eau, dont les conséquences sur le sorgho sont des pertes sévères de rendements (82 % de moins que dans la zone haute). Sur le riz, les effets sont au contraire positifs dans le site de Gourga amont (2.3 tonnes/ha de paddy). Le cas du site de Gourga aval, situé à l'amont d'un microbarrage, a montré que les conditions hydriques néfastes au riz sont liées à la submersion totale des plants lors des crues. Dans la zone haute, les rendements élevés produits par le sorgho (1.2 tonne/ha) indiquent que les conditions hydriques dans cette partie du bas-fond ne sont pas limitantes pour la culture.

La simulation du bilan hydrique du sorgho a permis d'apprécier le rôle du facteur pédohydrique (capacité de rétention hydrique du sol) dans la détermination du régime hydrique dans la zone haute et son incidence sur le taux de satisfaction des besoins en eau de la culture.

Les résultats montrent qu'en année sèche comme 1990, les conditions hydriques sont déterminées de façon quasi exclusive par les précipitations. La faiblesse des volumes de pluie tombée ne permet pas aux sols à RU élevée (100 mm) d'exprimer leurs potentialités en matière de limitation des effets de la variabilité pluviométrique sur la satisfaction des besoins hydriques du sorgho, d'où des IRESP faibles.

En année humide, le rôle du sol dans le maintien de conditions hydriques propices à l'alimentation hydrique du sorgho est effectif et cela d'autant plus que le niveau de la RU est élevé. Le niveau de rendement atteint est alors conditionné par le niveau de fertilité du sol.

Face à cette hétérogénéité spatio-temporelle des aptitudes et contraintes observées dans le bas-fond au regard de la valorisation agricole, la définition précise de stratégies qui minimiseraient les effets négatifs du régime hydrique sur les cultures revêt la forme d'un défi lancé au Hasard. Une approche probabiliste des paramètres variables (pluviométrie notamment) conditionnant le régime hydrique permettrait d'accroître les chances d'efficacité d'une stratégie donnée.

Le cas particulier du site de Gourga aval destine celui-ci prioritairement, voire même exclusivement, à la riziculture de crue. La gestion hydraulique du microbarrage préconisée devrait contribuer à réguler les conditions hydriques dans les limites d'excès d'eau que peut tolérer le riz sans dommages significatifs pour sa production. Les modalités d'application

d'une irrigation contre-aléatoire devraient être étudiées. Ainsi on disposerait de deux outils de base pour sécuriser la production du riz à l'amont du microbarrage, l'un contre les risques d'excès d'eau et l'autre contre les risques de déficits hydriques.

# Références bibliographiques

## REFERECENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGNAME P., 1991. - Diagnostic des désordres survenus aux barrages de Gourga et Amené : proposition de travaux de restauration. Mémoire de fin d'études E.I.E.R., 42 p. + annexes.
- ALBERGEL J., 1987. - Genèse et prédétermination des crues au Burkina Faso. Du m<sup>2</sup> au km<sup>2</sup>, étude des paramètres hydrologiques et de leur évolution. Thèse de Doctorat es Sciences de l'Université de Paris VI, ORSTOM, Coll. Etudes et thèses, 341 p.
- ALBERGEL J., LAMACHERE J.M., LIDON B., VAN DRIEL W.F., 1992. - Programme CEE de mise en valeur des bas-fonds en Afrique de l'Ouest. Etude CIEH-ORSTOM-CIRAD, Ouagadougou.
- BAIZE D., 1988. - Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, Paris, 186 p.
- BERTON S., 1988. - La maîtrise des crues dans les bas-fonds. Petits et microbarrages en Afrique de l'Ouest. Dossier n° 12, GRET, Paris, 474 p.
- BERTRAND R., 1973. - Contribution à l'étude hydrologique, pédologique et agronomique des sols gris sableux hydromorphes de Casamance (Sénégal). L'Agron. Trop., 28 (12) : 1145 - 1192.
- BOSC P.-M., CALKINS P., YUNG J.-M., 1990. - Développement et recherche agricole dans les pays sahéliens et soudaniens d'Afrique. Essai d'évaluation des acquis de la recherche agronomique au regard du développement. DSA-CIRAD, Montpellier, 310 p.
- BOULAIN J., 1978. - Cours d'hydropédologie, INA-ENGREF, 173 p.
- BOULET R., 1968. - Etude pédologique de la Haute-Volta. Région Centre Nord. ORSTOM Dakar, 347 p. + annexes + carte.
- BROUWERS M., 1970. - Reconnaissance pédologique pour la recherche des classes d'orientations culturelles dans les ORD de Ouagadougou et Koudougou (République de Haute-Volta). IRAT Agronomie/Pédologie, Ouagadougou.

- BUNASOLS, 1987. - Méthodes d'analyse physique et chimique des sols, eaux, plantes. Documentations techniques n° 3, Ouagadougou, 159 p.
- CALLOT G., CHAMAYOU H., MAERSTENS C., SALSACL., 1982. - Mieux comprendre les interactions sol-racine. Incidence sur la nutrition minérale. INRA, Paris, 325 p.
- CHAROY J., FOREST F., LEGOUPIL J.-C., 1983. - L'eau, le sol, la plante. CIEH, Ouagadougou, 187 p.
- CHEVALIER P., CLAUDE J., POUYAUD B., BERNARD A., 1985. - Pluies et crues au Sahel : Hydrologie de la Mare d'Oursi (Burkina Faso, 1976 - 1981). Tr. et Doc. ORSTOM n° 190, Paris, 251 p.
- CIEH/IRAT, 1984. - Valorisation agronomique des ressources pluviométriques. Synthèse de l'atelier IRAT/CIEH tenu à Ouagadougou du 27 novembre au 4 décembre 1982, 145 p + annexes.
- CHOPART J.L., 1980. - Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Sénégal (arachide, mil, sorgho, riz pluvial). Thèse de doctorat d'université. Institut National polytechnique de Toulouse, 160 p. + annexes.
- COCHEME J., FRANQUIN P., 1967. - Etude agroclimatologique dans une zone semi-aride en Afrique au Sud du Sahara. Note Technique n° 86, Organisation Météorologique Mondiale, Genève.
- C.P.C.S., 1967. - Classification des sols. E.N.S.A. Grignon, 87 p. multigr.
- DANCETTE C., 1983a. - Besoins en eau du mil au Sénégal. Adaptation en zone semi-aride tropicale. L'Agron. Trop. 38 (4) : 267 - 280.
- DANCETTE C., 1983b. - Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone soudano-sahélienne. L'Agron. Trop., 38 (4) : 281 - 294.
- DEMBELE Y., SOME L., 1991. - Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso. In : Soil Water Balance in the sudano-sahelian Zone, M.V.K. SIVAKUMAR, J.S. WALLACE, C. RENARD and C. GIROUX Ed. (Proc. Int. Workshop, Niamey, Niger, February 1991). IAHS Publ n° 199 Wallingford, UK, p. 217 - 227.

DOBELMANN J.P., 1976. - Riziculture pratique : tome I Riz irrigué, tome II Riz pluvial. Collection " techniques vivantes" publiée par l'Agence de Coopération Culturelle et Technique, PUF, Paris.

DUGUE P., 1989. - Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de culture vivrière en zone soudano-sahélienne. Le cas du Yatenga (Burkina Faso). DSA-CIRAD, Montpellier, Coll. "Documents Systèmes Agraires" n° 9, 267 p. + annexes.

ELDIN M., 1989. - Analyse et prise en compte des risques climatiques pour la production végétale. *In* : Le risque en agriculture, M. ELDIN et P. MILLEVILLE Ed., A travers champs, ORTOM Paris, p. 47 - 63.

FAO, 1977. - Directives pour la description des sols, Seconde édition, Rome.

FRANQUIN P., FOREST F., 1977. - Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique. *L'Agron. Trop.*, 32 (1) : 7 - 11.

FRANQUIN P., 1984. - Adaptation des mils et sorghos à la photopériode, au parasitisme et à la capacité hydrique du sol. *In* : Agrometeorology of Sorghum and Millet in the Semi-Arid Tropics (Proceedings of the International Symposium, 15 - 20 Nov. 1982, ICRISAT Center, India). Patancheru, India, ICRISAT, p. 191 - 203.

GANSORE, LANGEVIN, 1989. - Carte géologique du degré carré de Ouahigouya 1/200 000.

G.E.R.E.S, 1965. - Périmètre de restauration des sols de Ouahigouya. Rapport général de synthèse GERES/VOLTA, Ouagadougou, 200 p.

GUINKO S. 1984. - Végétation de la Haute-Volta. Tome I. Thèse de Doctorat es Sciences, Université de Bordeaux III, 394 p.

HILLEL D., 1974. - L'eau et le sol : principes et processus physiques. Vander Ed., Louvain, 288 p.

KILIAN J., TEISSIER J., 1973. - Méthodes d'investigation pour l'analyse et le classement des bas-fonds dans quelques régions de l'Afrique de l'Ouest. *L'Agron. Trop.*, 28 (2) : 156 - 172.

- LAMACHERE J.M., 1989. - Les risques d'inondations dans la plaine agricole de Nienadionkélé. *In* : Le risque en agriculture, M. ELDIN et MILLEVILLE Ed., A travers champs, ORSTOM Paris, p. 83 - 99.
- LAMACHERE J.M., 1991a. - Observations piézométriques, années 1981 - 1990. Programme de recherche en vue de la mise en valeur des bas-fonds au Sahel, Projet Yatenga, Burkina Faso, Centre ORSTOM de Ouagadougou, 94 p.
- LAMACHERE J.M., 1991b. - Phase 2 de l'action de recherche en vue de la mise en valeur des bas-fonds au Sahel. Rapport d'avancement n° 3 du projet Yatenga. R3S, Centre ORSTOM de Ouagadougou, 41 p.
- LAMACHERE J.M., MAIZI P., SERPANTIE G., ZOMBRE P., 1991. - Un petit bas-fond en zone tropicale sèche. Fonctionnement et aménagement (Burkina Faso - Yatenga - Région de Bidi). Communication au Séminaire internationale Bas-fond et Riziculture, décembre 1991, Tananarive. ORSTOM Ouagadougou, 24 p.
- LAMACHERE J.M., OUEDRAOGO M., 1991 - Observations piézométriques. Années 1987 - 1990. Programme de recherche en vue de la mise en valeur des bas-fonds au sahel, Projet Yatenga. ORSTOM Ouagadougou, 94 p.
- LAMACHERE J.M., SERPANTIE G., 1988.- Aridification du climat subsahélien : conséquences de trois méthodes d'amélioration des bilans hydriques aux champs pour une culture pluviale. (Mil : *Pennisetum typhoides*, Yatenga, Burkina Faso). Proposition de publication dans l'ouvrage "Zone Aride", édité par le Réseau Zones Arides, Juin 1988, ORSTOM Ouagadougou, 38 p.
- MARCHAL J.-Y., 1983. - Yatenga. Nord Haute-Volta. La dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. Tr. et Doc. ORSTOM n° 167, Paris, 849 p.
- MAZLIAK P., 1974. - Physiologie végétale, nutrition et métabolisme. éd. Hermann Collection, Paris.
- MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL, 1984. - Etude sur les problèmes de mise en valeur des bas-fonds dans le cadre du programme F.D.R. Fonds de Développement Rural, Ouagadougou.

- MOITY P. 1991. - Etude sociologique d'un aménagement hydro-agricole à Gurga, Bidi, nord Yatenga. Programme de recherche en vue de la mise en valeur des bas-fonds au Sahel, Projet Yatenga, Centre ORSTOM de Ouagadougou, 48 p.
- N'DJAFI O.H., 1990. - Essai d'application de la télédétection à l'étude et à la cartographie des formations superficielles à Oursi et Bidi (Burkina Faso).  
Mémoire de maîtrise, IN.S.HU.S., Université de Ouagadougou, 131 p.
- OOSTERBAAN R.J., GUNNEWEG H.A., HUIZING A., 1987. - Water control for rice cultivation in small valleys of West Africa. Annual report 1986 ILRI. STARIN 31/102 (1986).
- POSS R., SARAGONI H., IMBERNON J., 1988. - Bilan hydrique simulé du maïs au Togo méridional. L'Agron. Trop., 43 (1) : 18 - 29.
- RAUNET M., 1984. - Les potentialités agricoles des bas-fonds en régions intertropicales : l'exemple de la culture du blé de contre - saison à Madagascar. L'Agron. Trop., 39 (2) : 121 - 135.
- RAUNET M., 1985. - Bas-fonds et riziculture en Afrique. Approche structurale comparative. L'Agron. Trop., 40 (3) : 181 - 201.
- ROOSE E., 1984. - Causes et facteurs de l'érosion hydrique sous climat tropical, conséquences sur les méthodes antiérosives. Mach. Agric. Trop., 87 : 4 - 18.
- ROOSE E., 1989. - Méthodes traditionnelles de gestion de l'eau et des sols en Afrique Occidentale soudano-sahélienne : définitions, fonctionnements, limites et améliorations possibles. Communication à la 6<sup>e</sup> Réunion du Réseau Erosion, Montpellier, Septembre 1989, 10 p.
- RIOU C., 1975. - La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique centrale. Mém. ORSTOM n° 80, Paris.
- RIOU C., 1980. - Aspects climatiques de la sécheresse de part et d'autre du Sahara (de l'Afrique centrale sèche à la Tunisie). Cah. ORSTOM, sér. biol., 42 : 43 - 51.



- SERPANTIE G., 1988. - Aménagements des petits bas-fonds soudano-sahéliens. Communication au Séminaire sur les techniques d'aménagement des bas-fonds, Ouagadougou, 25 - 27 avril 1988. ORSTOM Ouagadougou, 12 p. + figures et tableaux.
- SERPANTIE G., MERSADIER G., TEZENAS DU MONTCEL L., 1986. - La dynamique des rapports agriculture-élevage en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso : diminution des ressources, organisation collective et stratégies d'éleveurs paysans au Nord du Yatenga. Communication au séminaire "Relations agriculture-élevage" CIRAD-DSA, Montpellier, 10 - 13 sept. 1985.
- SERPANTIE G., MERSADIER G., TEZENAS DU MONTCEL L., MERSADIER Y., 1987. - Transformations d'un système agropastoral soudano-sahélien (Bidi, Nord Yatenga, Burkina Faso). Communication au Colloque "Dynamique des systèmes agraires" M.R.E.S., Paris, 16 - 18 Novembre 1987. ORSTOM Ouagadougou, 19 p.
- SERPANTIE G., TEZENAS DU MONTCEL L., VALENTIN C., 1988. - La dynamique des états de surface d'un territoire agropastoral subsahélien sous aridification: conséquences pour les systèmes de production. Proposition de publication dans l'ouvrage "Zones Arides" édité par le Réseau Zones Arides, juin 1988, ORSTOM Ouagadougou, 28 p.
- SICOT M., 1989. - Contraintes et risques hydriques encourus par l'activité agro-pastorale au Sahel. Exemple de la Mare d'Oursi au Burkina Faso. *In* : Le risque en Agriculture, M. ELDIN et P.MILLEVILLE Ed., A travers champs, ORSTOM Paris, p. 131 - 141.
- SOME L., 1989. - Diagnostic agropédoclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de maïs. Thèse de Doctorat Spécialité : physiologie, biologie des organismes et des populations, Université de Montpellier II, Sciences et Techniques de Languedoc, 312 p.
- TEZENAS DU MONTCEL L., 1987. - Utilisation pastorale d'un terroir villageois (Exemple de Bidi, Nord du Yatenga). Communication au Séminaire National sur les essences forestières locales, Ouagadougou, 6 - 10 juillet 1987. ORSTOM Ouagadougou.

- VAN DRIEL W.F., VLAAR J.C.J., 1991. - Impact des digues filtrantes sur le bilan hydrique et sur les rendements agricoles dans la région de Rissiam, Burkina Faso. *In* : Soil Water Balance in the Sudano-Sahelian Zone, M.V.K. SIVAKUMAR, J.S. WALLACE, C. RENARD and C. GIROUX Ed. (Proc. Int. Workshop, Niamey, Niger, February 1991). IAHS Publ. n° 199, Wallingford, UK, p. 299 - 309.
- VLAAR J.C.J., WESSELINK A.J., 1990. - Aménagement de conservation des eaux et des sols par digues filtrantes. Expérimentations dans la région de Rissiam, Burkina Faso, 1986 - 1989, tome 1 Aspects techniques et agronomiques. Comité Interafricain d'Etudes hydrauliques, Ouagadougou, 93 p. + annexes.
- ZEPPENFELDT T., VLAAR J.C.J., 1990. - Mise en valeur des bas-fonds en Afrique de l'Ouest. Synthèse préliminaire de l'état des connaissances. Ouagadougou, Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H.) / Université Agronomique de Wageningen, 137 p. + annexe.
- ZERBO L., 1991. - Contribution à la caractérisation morphopédologique et structurale de trois bas-fonds de la province du Yatenga - Contraintes et aptitudes rizicoles. Mémoire de fin d'études, Université de Ouagadougou, ISN/IDR, 128 p. + annexes.
- ZOMBRE P.N., 1991a. - Caractérisation morphopédologique des bas-fonds dans la province du Yatenga. Rapport n° 1 : Généralités, géomorphologie et morphopédologie régionale. Programme de recherche en vue de la mise en valeur des bas-fonds au Sahel, Projet Yatenga, ORSTOM Ouagadougou, 25 p. + 2 cartes.
- ZOMBRE P.N., 1991b. - Caractérisation morphopédologique des bas-fonds dans la province du Yatenga. Rapport n° 2 : Monographie des sols des bas-fonds. Programme de recherche en vue de la mise en valeur des bas-fonds au Sahel, Projet Yatenga, ORSTOM Ouagadougou, 176 p. + 10 graphiques.

# Annexes

## LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Caractéristiques physico-chimiques des principaux types de sol du bas-fond de Bidi.

(D'après ZOMBRE, 1991b)

Annexe II : Bassin versant du microbarrage de Gourga.

(Source : LAMACHERE *et al.*, 1991)

Annexe III : Descriptions morphologiques des profils pédologiques des sites d'étude :

a -	Description morphologique du profil n°	G <sub>am.1</sub>
b -	"	" " " " G <sub>am.2</sub>
c -	"	" " " " T1
d -	"	" " " " T2
e -	"	" " " " T3
f -	"	" " " " N1
g -	"	" " " " N2
h -	"	" " " " G <sub>av.1</sub>
i -	"	" " " " G <sub>av.2</sub>

Annexe IV : Données analytiques physiques de profils de sols du bas-fond de Bidi.

Annexe V : Caractéristiques physico-chimiques des sols du site de Nayiri (horizon 0 - 15 cm).

(Source : BACYE, 1992, comm. pers.)

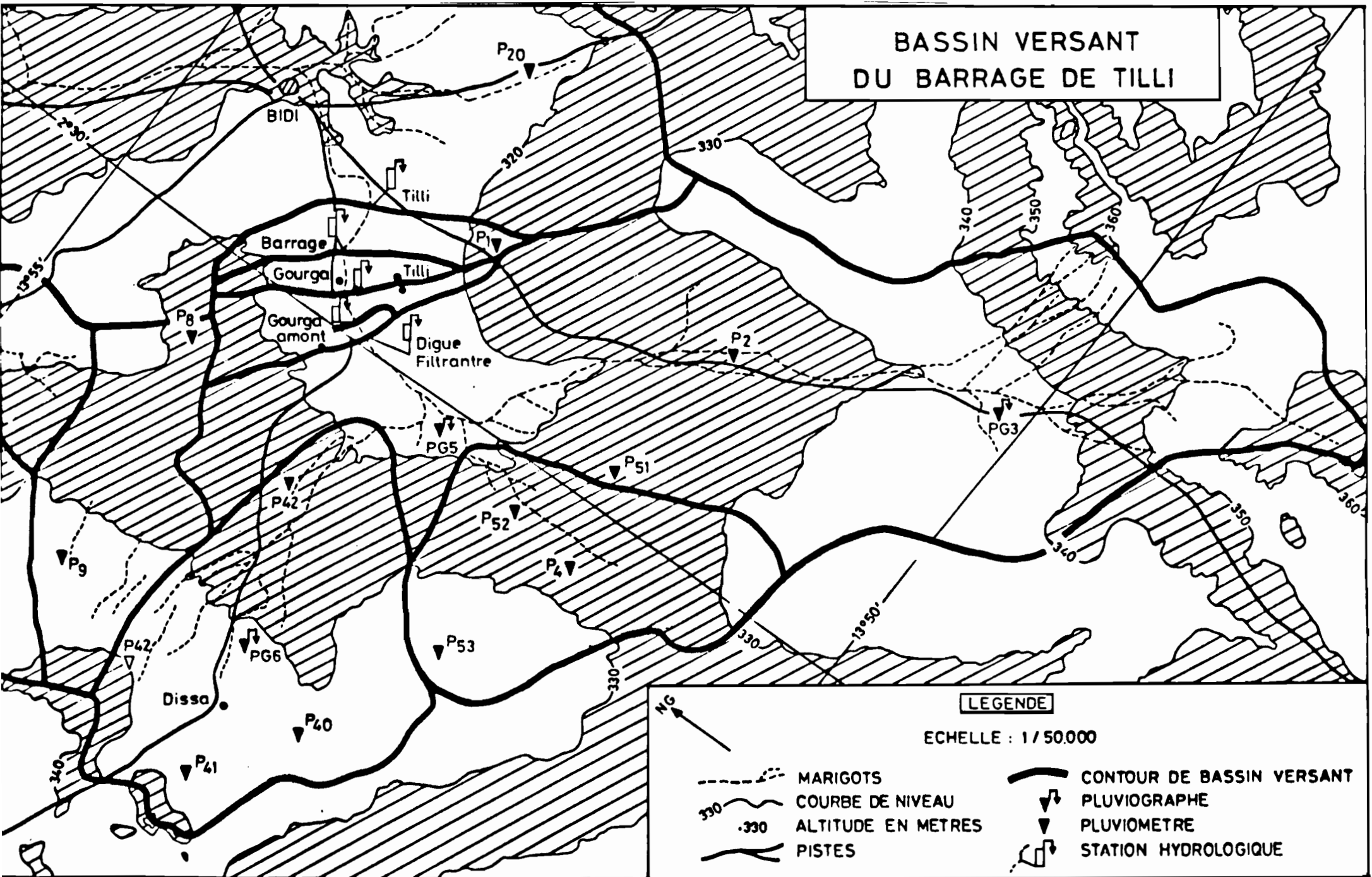
# ANNEXE I - Caractéristiques physico-chimiques des principaux types de sol du bas-fond de Bidi.

(D'après ZOMBRE, 1991b)

Caractéristiques analytiques	Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions				Sols peu évolués d'apport colluvial modal				Sols peu évolués d'apport alluvial hydromorphe			Sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble		
	Profondeur (cm)				Profondeur (cm)				Profondeur (cm)			Profondeur (cm)		
	0-8	8-34	34-83	83-120	0-27	27-56	56-90	90-120	0-27	27-54	54-120	0-19	19-58	58-120
<b>Caractéristiques chimiques</b>														
<b>Matière organique (%.)</b>														
Carbone total	4.00	2.30	1.60	1.60	2.90	3.30	-	-	3.70	4.70	-	0.10	4.20	-
Azote total	0.45	0.56	0.36	0.36	0.09	0.13	-	-	0.17	0.35	-	1.60	0.79	-
Rapport C/N	9	4	5	5	32	25	-	-	22	13	-	0.06	5	-
Mat. org. tot.	6.90	4.00	2.8	2.8	5.00	5.70	-	-	6.40	8.10	-	0.17	7.20	-
<b>Complexe absorbant (méq/100g)</b>														
Calcium	6.23	3.10	3.35	4.26	0.90	1.25	1.38	2.11	2.84	2.98	3.33	3.74	3.79	3.89
Magnésium	1.24	1.28	1.51	1.49	0.30	0.32	0.31	0.83	0.50	0.51	0.82	1.11	1.65	1.80
Potassium	0.06	0.05	0.05	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.19	0.13	0.09
Sodium	0.06	0.13	0.12	0.10	0.02	0.01	0.08	0.07	0.07	0.03	0.13	0.11	0.10	0.08
Som. de bases S	7.59	4.56	5.03	5.90	1.25	1.60	1.80	3.03	3.43	3.55	4.31	5.15	5.67	5.84
Cap. d'éch. T	9.82	8.17	8.99	7.79	4.41	5.51	4.46	6.33	4.98	4.87	6.40	8.52	10.79	10.47
Tx de satur. V=S/T (%)	77	56	56	76	28	29	40	48	69	73	67	60	53	56
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. (ppm)	23.96	6.76	-	-	1.30	1.22	-	-	2.87	1.98	-	5.05	4.16	-
K disponible (ppm)	23.96	6.72	-	-	36.20	51.10	-	-	21.80	45.00	-	169.40	142.90	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre (%)	1.59	1.97	1.84	1.78	0.55	0.60	0.53	0.83	0.68	1.05	1.13	1.77	2.25	1.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> total (%)	3.93	4.93	3.74	3.62	1.38	1.50	1.36	1.60	1.61	2.34	2.11	4.72	5.38	3.29
Conductivité (mmhos/cm x 10 <sup>-3</sup> )	0.350	0.020	0.010	0.010	0.020	0.010	0.010	0.010	0.002	0.020	-	0.070	0.020	0.020
<b>Réaction du sol</b>														
pH eau	7.5	5.4	5.8	6.8	6.6	6.2	6.2	6.2	5.4	6.1	6.8	4.9	5.8	6.8
pH KCl	6.6	3.6	3.6	4.4	4.4	4.1	4.3	4.2	3.7	4.1	4.9	3.5	4.0	4.6
<b>Caractéristiques physiques</b>														
<b>Granulométrie</b>														
Argile	36.25	48.00	43.25	33.75	8.25	10.25	15.00	20.00	8.75	15.25	20.25	53.00	51.00	41.75
Limon fin	10.75	8.25	8.75	9.75	4.25	4.75	5.00	5.00	6.25	12.25	12.75	23.25	20.50	20.75
Limon grossier	16.62	15.09	17.68	12.47	11.59	13.69	14.93	13.95	12.30	14.58	15.53	18.29	18.63	16.11
Sable fin	25.82	20.54	22.01	30.39	59.63	46.81	45.91	41.57	53.16	42.21	36.38	5.30	8.50	17.17
Sable grossier	10.52	8.12	8.31	13.64	16.28	24.50	19.16	19.48	19.54	15.71	15.09	0.16	1.37	4.22
<b>Classe texturale</b>														
Humidité pondérale (%)	LA	A	A	LA	LS	LS	LS	LS	LS	LS	LAS	AL	AL	A
pF 2.5	22.90	20.85	20.00	21.60	12.98	12.86	14.56	16.65	9.53	15.64	18.07	37.42	25.16	20.64
pF 3.0	12.40	13.40	12.34	11.78	3.21	4.12	5.65	7.63	4.38	7.58	8.79	31.50	22.12	18.66
pF 4.2	11.10	12.48	10.35	10.48	2.56	3.41	4.81	6.90	3.41	6.53	7.32	25.28	18.22	15.02
Réserve utile cumulée (%)	11.80	20.17	29.82	40.94	10.42	19.87	29.62	39.37	6.12	15.23	25.98	12.14	19.08	24.70

# ANNEXE II - Bassin versant du microbarrage de Gourga.

(Source : LAMACHERE *et al.*, 1991)



### ANNEXE IIIa - Description morphologique du profil n° G<sub>am</sub>.1

Date : 22.12.1991

Localité : Bas-fond de Bidi, portion de Gourga amont

Classification CPCPS, 1967 : Sol ferrugineux tropical induré à faciès gravillonnaire

Végétation/utilisation : champ de sorgho

Physiographie : zone centrale

Microtopographie : buttes

Pente : très faible (0 - 1 %)

Erosion : en nappe

Drainage : bon

Etat de surface : croûte de décantation (DEC)

Nappe phréatique : non observée

Etat hydrique : sec

Roche mère : granite

0 - 23 cm : Brun clair (7,5YR6/4) à l'état sec, brun foncé (7,5YR4/6) à l'état humide ; texture limono-sableuse ; environ 10 % de graviers ferrugineux ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance peu dure, nombreux pores moyens, larges et fins ; nombreuses racines fines, moyennes et grosses ; MO constituée de débris racinaires en décomposition ; activité biologique assez bien développée ; transition graduelle.

23 - 65 cm : Brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (7,5YR4/4) à l'état humide ; texture limono-argilo-sableuse ; environ 20 % de graviers ferrugineux et quartzeux ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance peu dure ; nombreux pores fins, moyens et larges ; nombreuses racines fines, moyennes et grosses ; MO non directement décelable ; activité biologique assez bien développée ; transition directe, régulière.

65 - 120 cm : Jaune rougeâtre (7,5YR6/6) à l'état sec, brun foncé (7,5YR4/6) à l'état humide ; texture argilo-sableuse ; environ 80 % de concrétions ferromanganifères ; structure polyédrique subangulaire faiblement développée en éléments fins et moyens ; consistance peu dure ; nombreux pores fins, moyens et larges ; quelques racines fines ; MO non directement décelable ; activité biologique faible.

Note additionnelle : apparition d'une cuirasse ferrugineuse à 120 cm.

### ANNEXE IIIb - Description morphologique du profil n° G<sub>am</sub>.2

Date : 22.12.1991

Localité : Bas-fond de Bidi, portion de Gourga amont

Classification CPCS, 1967 : Sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe généralisé, accentué en profondeur

Végétation/utilisation : riziculture

Physiographie : zone centrale

Microtopographie : buttes

Pente : très faible (0 - 1 %)

Erosion : en ravine

Drainage : modéré à pauvre

Etat de surface : fentes de dessiccation et fine lame de limon

Nappe phréatique : observée en profondeur

Etat hydrique : sec dans l'horizon superficiel, frais en profondeur

Roche mère : granite

- 0 - 16 cm : Brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR4/4) à l'état humide ; nombreuses taches gris clair ; texture limono-argileuse ; quelques graviers quartzeux ; structure polyédrique subangulaire faiblement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; nombreux pores très fins, moyens et larges ; nombreuses racines fines et moyennes ; MO constituées de débris racinaires en décomposition ; activité biologique assez bien développée ; transition graduelle.
- 16 - 50 cm : Brun pâle (10YR6/3) à l'état frais, brun jaunâtre sombre (10YR3/4) à l'état humide ; quelques taches gris clair ; texture limoneuse ; quelques graviers de quartz ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; racines peu nombreuses, fines et moyennes ; MO non directement décelable ; activité biologique faible ; transition directe, irrégulière.
- 50 - 120 cm : Brun foncé (7,5YR5/6) à l'état frais, brun à brun sombre (7,5YR4/4) à l'état humide ; quelques taches gris clair ; texture argilo-limoneuse ; quelques graviers ferrugineux et quartzeux ; consistance dure ; nombreux pores très fins, moyens et larges ; quelques racines fines ; MO non directement décelable ; activité biologique faible.



**ANNEXE IIIc - Description morphologique du profil n° T1**

Date : 20.12.1991

Localité : Bas-fond de Bidi, portion de Tilli

Classification CPCS, 1967 : Sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe généralisé.

Végétation/utilisation : champ de sorgho

Physiographie : zone centrale

Microtopographie : buttes

Pente : très faible (0 - 1 %)

Erosion : en nappe

Drainage : modéré

Etat de surface : fine couche limoneuse

Nappe phréatique : observée

Etat hydrique : sec

Roche mère : granite

0 - 15 cm : Brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR4/3) à l'état humide ; environ 50 % de taches gris clair ; texture limono-argilo-sableuse ; quelques graviers ferrugineux et quartzeux ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins, consistance dure ; nombreux pores fins, moyens et larges ; racines peu nombreuses et fines ; MO constituée de débris racinaires en décomposition ; activité biologique très bien développée ; transition directe, irrégulière.

15 - 50 cm : Brun pâle (10YR6/3) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR4/3) à l'état humide ; texture limono-argilo-sableuse ; quelques graviers ferrugineux et quartzeux ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments moyens, fins et grossiers ; consistance dure ; nombreux pores moyens larges et fins ; racines peu nombreuses et fines ; MO non directement décelable ; activité biologique très bien développée ; transition graduelle.

50 - 120 cm : Brun (7,5YR5/4) à l'état sec, brun sombre (7,5YR4/4) à l'état humide ; quelques taches gris clair ; texture argilo-sableuse ; quelques graviers ferromanganifères ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire fortement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; pores peu nombreux, fins, moyens et larges ; quelques racines moyennes ; MO non directement décelable ; activité biologique assez bien développée.

**ANNEXE III d - Description morphologique du profil n° T2**

Date : 20.12.1991

Localité : Bas-fond de Bidi, portion de Tilli

Classification CPCS, 1967 : Sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe généralisé

Végétation/utilisation : champ de sorgho

Physiographie : zone centrale

Microtopographie : buttes

Pente : nulle

Erosion : en nappe

Drainage : modéré

Etat de surface : croûtes de décantation (Dec)

Nappe phréatique : observée en profondeur

Etat hydrique : sec en surface, frais en profondeur

Roche mère : granite

0 - 20 cm : Brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR4/4) à l'état humide ; texture sablo-limoneuse ; nombreux graviers de quartz ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens, fins ; consistance dure ; nombreux pores fins, moyens et larges ; MO décelable dans l'horizon superficiel ; racines peu nombreuses, fines et moyennes ; activité biologique assez bien développée ; transition distincte et irrégulière.

20 - 48 cm : Jaune rougeâtre (7,5YR6/6) à l'état sec, brun foncé (7,5YR5/6) à l'état humide ; texture sablo-limoneuse ; nombreux graviers de quartz ; structure polyédrique subangulaire fortement développée en éléments grossiers et moyens ; consistance dure ; nombreux pores fins, moyens et larges ; quelques racines fines et moyennes ; MO non directement décelable ; activité biologique assez bien développée ; transition diffuse.

48 - 120 cm : Brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état frais, brun jaunâtre sombre (10YR4/6) à l'état humide ; texture argilo-sableuse ; nombreuses concrétions ferro-manganifères ; structure polyédrique angulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; peu nombreux pores fins ; rares racines grosses et moyennes ; MO non directement décelable ; activité biologique faiblement développée.

**ANNEXE IIIe - Description morphologique du profil n° T3**

Date : 20.12.1991

Localité : Bas-fond de Bidi, portion de Tilli

Classification CPCS, 1987 : Sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe en profondeur

Végétation/utilisation : champ de sorgho

Physiographie : zone centrale

Microtopographie : buttes

Pente : nulle

Erosion : en rigole

Drainage : pauvre

Etat de surface : croûtes de décantation

Nappe phréatique : observée en profondeur

Etat hydrique : sec en surface, frais en profondeur

Roche mère : granite

- 0 - 20 cm : Brun pâle (10YR6/3) à l'état sec, brun à brun sombre (10YR4/3) à l'état humide ; nombreuses taches gris clair et brun jaunâtre (environ 60 %) ; texture limono-argileuse ; quelques graviers de quartz, quelques débris de charbon ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; nombreux pores fins, moyens et larges ; racines peu nombreuses fines, moyennes et grosses ; MO constituée de débris racinaires en décomposition ; activité biologique assez bien développée ; transition directe et irrégulière.
- 20 - 50 cm : Brun jaunâtre claire (10YR6/4) à l'état frais, brun jaunâtre sombre (10YR4/4) à l'état humide ; taches peu nombreuses ; texture argilo-limoneuse ; quelques graviers quartzeux et ferrugineux ; structure massive à sous-structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments moyens, fins et grossiers ; consistance dure ; nombreux pores très fins, fins et moyens ; activité biologique assez bien développée ; MO non directement décelable ; transition graduelle.
- 50 - 80 cm : Jaune rougeâtre (7,5YR6/6) à l'état frais, brun foncé (7,5YR5/6) à l'état humide ; texture argilo-sableuse ; quelques graviers ferrugineux et quartzeux ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments moyens, fins et grossiers ; consistance dure ; nombreux pores très fins, fins et moyens ; racines peu nombreuses et fines ; MO non directement décelable ; faible activité biologique ; transition graduelle.
- 80 - 120 cm : Brun foncé (7,5YR5/6) à l'état frais et à l'état humide ; environ 20 % de taches gris clair et brun jaunâtre ; texture argilo-sableuse ; quelques graviers de quartz ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en élément moyens, fins et grossiers ; consistance peu dure ; peu nombreuses racines fines et moyennes ; faible activité biologique ; MO non directement décelable.

**ANNEXE IIIf - Description morphologique du profil n° N1**

Date : 22.12.1991

Localité : Bas-fond de Bidi, portion de Nayiri

Classification CPCS, 1967 : Sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe en profondeur

Végétation/utilisation : champ de sorgho

Physiographie : zone centrale

Microtopographie : buttes

Pente : nulle

Erosion : en nappe

Drainage : modéré

Etat de surface : croûte de décantation (DEC)

Nappe phréatique : non observée

Etat hydrique : sec

Roche mère : granite

- 0 - 20 cm : Jaune rougeâtre (7,5YR6/6) à l'état sec, brun foncé (7,5YR4/6) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; nombreux pores fins, moyens et larges ; activité biologique bien développée ; quelques racines fines et moyennes ; MO constituée de débris racinaires en décomposition ; transition distincte, irrégulière.
- 20 - 56 cm : Brun foncé à l'état sec (7,5YR5/6) et à l'état humide (7,5YR4/6) ; texture limono-argileuse ; quelques graviers de quartz ; structure polyédrique subangulaire fortement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; nombreux pores fins, moyens et larges ; quelques racines moyennes, grosses et fines ; MO non directement décelable ; activité biologique moyennement développée ; transition graduelle.
- 56 - 90 cm : Brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR4/4) à l'état humide ; quelques taches gris clair (environ 10 %) ; texture argilo-sableuse ; quelques graviers quartzeux et ferrugineux ; structure massive ; consistance dure ; nombreux pores fins et moyens ; quelques racines fines et moyennes ; MO non directement décelable ; activité biologique faiblement développée ; transition graduelle.
- 90 - 120 cm : Jaune rougeâtre (7,5YR6/6) à l'état sec, brun foncé (7,5YR4/6) à l'état humide ; texture argilo-sableuse ; quelques concrétions ferrugineuses ; structure massive ; consistance dure ; pores peu nombreux, fins moyens et larges ; racines rares ; MO non directement décelable ; activité biologique très faible.

**ANNEXE IIIg - Description morphologique du profil n° N2**

Date : 22.12.1991

Localité : Bas-fond de Bidi, portion de Nayiri

Classification CPCS, 1967 : Sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe généralisé

Végétation/utilisation : champ de sorgho

Physiographie : zone centrale

Microtopographie : buttes

Pente : nulle

Erosion : en ravine

Drainage : modéré à faible

Etat de surface : croûte de décantation (DEC)

Nappe phréatique : observée

Etat hydrique : sec

Roche mère : granite

0 - 30 cm : Brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR4/6) à l'état humide ; nombreuses taches brun jaunâtre ; texture limono-argileuse ; quelques débris de charbon ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; nombreux pores fins, moyens et larges ; nombreuses racines fines ; MO constituée de nombreux débris racinaires en décomposition ; activité biologique bien développée ; transition directe, irrégulière.

30 - 72 cm : Brun jaunâtre (10YR5/4) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR4/4) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; quelques débris de charbon ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossier, moyens et fins ; consistance dure ; pores peu nombreux et fins, moyens ; nombreuses racines fines et moyennes ; MO constituée de quelques débris racinaires en décomposition ; activité biologique moyenne ; transition distincte.

72 - 120 cm : Jaune brunâtre (10YR6/6) à l'état sec, brun jaunâtre sombre (10YR4/6) à l'état humide ; quelques taches rougeâtres (débris de poterie) ; texture argilo-sableuse ; quelques débris de charbon et de poterie ; nombreuses concrétions ferrugineuses ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire fortement développée en éléments moyens et fins ; consistance dure ; pores peu nombreux et fins ; racines rares et fines ; MO non directement décelable ; activité biologique moyennement développée.

Note additionnelle : présence de fentes de dessiccation en surface.

**ANNEXE IIIh - Description morphologique du profil G<sub>av.1</sub>**

Date : 26.11.1990

Localité : Bas-fond de Bidi, portion de Gourga aval

Classification CPCS 1967 : Sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions

Végétation /utilisation : Savane arbustive claire à *Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, *Cassia sieberiana*, strate herbacée à *Eragrostis tremula*

Physiographie : zone centrale

Pente : très faible (1 %)

Drainage : modéré

Etat de surface : croûte de ruissellement (RUI)

Nappe phréatique : non observée

Etat hydrique : sec sur tout le profil

Roche mère : granite

0 - 13 cm : Jaune (10YR7/6) à l'état sec, brun jaunâtre (10YR5/6) à l'état humide ; texture sablo-limoneuse ; nombreux gravillons ferrugineux et quartzeux ; structure polyédrique subangulaire fortement développée en éléments fins et moyens ; consistance tendre ; nombreux pores fins, moyens et larges ; activité biologique bien développée ; racines nombreuses fines et moyennes ; MO décelable, composée de racines en décomposition ; transition abrupte.

13 - 61 cm : Jaune rougeâtre (7,5YR7/8) à l'état sec, brun fort (7,5YR4/6) à l'état humide ; texture sablo-limoneuse ; nombreux gravillons ferrugineux et quartzeux ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance dure ; nombreux pores fins et moyens ; activité biologique bien développée ; racines nombreuses fines et moyennes ; MO décelable, composée de racines en décomposition ; transition distincte et régulière.

61 - 98 cm : Jaune rougeâtre (7,5YR6/6) à l'état sec, brun fort (7,5YR5/8) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; peu nombreuses taches brun jaunâtre ; nombreux gravillons et concrétions ferrugineux ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers et moyens ; consistance dure ; assez nombreux pores fins, moyens et larges ; activité biologique assez bien développée ; racines nombreuses fines et moyennes ; MO décelable, composée de racines en décomposition, apport anthropique de charbon ; transition distincte régulière.

98 - 136 cm : Jaune rougeâtre (7,5YR6/6) à l'état sec, brun fort (7,5YR5/8) à l'état humide ; texture argileuse ; 70 % de taches brun jaunâtre ; très nombreux concrétions et gravillons ferrugineux ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers et moyens ; consistance dure ; peu nombreux pores fins, moyens et larges ; activité biologique peu développée ; racines peu nombreuses et grosses ; MO non décelable.

### ANNEXE IIIi - Description morphologique du profil G<sub>v</sub>.2

Date : 26.11.1990

Localité : Bas-fond de Bidi, portion de Gourga aval

Classification CPCS 1967 : Sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe d'ensemble

Végétation/utilisation : savane arborée claire à *Guiera senegalensis*, *Cassia sieberiana*,  
*Adansonia digitata*, *Piliostigma reticulatum* ; rizière.

Physiographie : zone centrale

Pente : nulle

Erosion : en nappe

Drainage : pauvre

Etat de surface : croûte de décantation (DEC)

Nappe phréatique : non observée

Etat hydrique : sec sur tout le profil

Roche mère : granite

0 - 9 cm : Jaune rougeâtre à l'état sec (7,5YR7/8) et à l'état humide (7,5YR6/8) ; texture sablo-limoneuse ; 40 % de taches brun jaunâtre ; très nombreux gravillons ferrugineux et quartzeux ; structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments moyens, fins et grossiers ; consistance friable ; nombreux pores fins, moyens et larges ; activité biologique bien développée ; racines nombreuses, fines, moyennes et grosses ; MO décelable, composée de racines en décomposition ; transition abrupte.

9 - 38 cm : Gris clair jaunâtre (10YR6/2) à l'état sec, brun grisâtre (10YR5/2) à l'état humide ; texture limono-argileuse ; 60 % de taches brun jaunâtre et gris clair ; quelques gravillons ferrugineux et quartzeux ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance friable ; peu nombreux pores fins, racines nombreuses, fines, moyennes et grosses ; MO décelable, composée de racines en décomposition ; transition graduelle.

38 - 87 cm : Brun pâle (10YR6/3) à l'état sec, brun clair jaunâtre (10YR6/4) à l'état humide ; texture argileuse ; 40 % de taches bruns jaunâtre et gris clair ; nombreuses concrétions ferrugineuses ; structure massive à sous structure polyédrique subangulaire moyennement développée en éléments grossiers, moyens et fins ; consistance friable ; peu nombreux pores fins, moyens et larges ; activité biologique assez bien développée ; racines assez nombreuses et fines ; MO décelable, composée de rares racines en décomposition ; transition abrupte.

Note additionnelle : apparition d'une cuirasse ferrugineuse à 87 cm.

## ANNEXE IV - Données analytiques physiques de profils de sols du bas-fond de Bidi.

Site (zone)	Profondeur (cm)	Granulométrie (%)					Classe texturale (triangle USDA)	Humidité pondérale(%)			Da	RU (mm)
		A	Lf	Lg	Sf	Sg		pF2.5	pF3.0	pF4.5		
Gourga amont (A)	0-23	22.25	7.50	20.29	39.98	9.98	L	15.39	3.54	7.23	1.43	26.8
	23-65	22.25	8.75	9.12	37.59	22.29	LAS	15.62	9.03	7.48	1.53	79.1
	65-120	46.00	7.00	9.41	17.86	19.13	A	31.52	16.49	15.42	1.32	123.2
Gourga amont (C)	0-16	36.75	17.00	17.63	25.49	3.13	LA	19.20	17.61	13.16	1.45	14.0
	16-50	35.50	16.25	13.73	28.54	5.98	LA	21.96	15.82	12.67	1.45	59.8
	50-120	43.00	20.25	14.38	17.85	4.52	A	26.45	18.57	15.15	1.46	176.9
Tilij (A)	0-20	25.25	10.50	8.62	42.46	13.17	LAS	15.56	10.24	7.68	1.49	23.5
	20-48	31.25	8.25	13.06	34.50	12.87	LAS	17.99	12.33	10.70	1.50	54.1
	48-120	45.00	7.75	12.16	26.74	8.35	A	21.76	16.04	14.08	1.40	131.5
Tilij (B)	0-15	25.75	12.75	22.49	35.11	3.90	L	12.82	10.31	7.50	1.45	11.6
	15-50	22.00	9.75	15.07	40.54	12.64	LAS	16.09	9.31	6.58	1.47	60.5
	50-120	26.50	10.00	11.94	39.70	11.86	LAS	15.79	11.60	7.46	1.50	148.0
Tilij (C)	0-34	29.75	16.00	15.67	33.15	5.43	LA	21.29	14.72	10.97	1.49	52.3
	34-82	27.75	5.50	8.56	49.87	8.32	LAS	16.74	10.32	7.67	1.51	118.0
	82-120	25.25	5.00	9.72	52.17	7.86	LAS	14.44	10.16	6.92	1.53	161.7
Nayiri (A)	0-20	32.00	14.25	26.07	26.51	1.17	LA	21.52	13.08	10.51	1.40	30.8
	20-56	35.25	9.00	10.96	33.55	11.24	LAS	18.11	10.33	9.12	1.55	81.0
	50-120	31.25	6.50	11.80	40.03	10.42	LAS	16.57	10.67	8.49	1.51	160.6
Nayiri (C)	0-30	36.75	19.75	20.07	22.82	0.61	LA	24.28	16.54	12.20	1.42	51.5
	30-72	33.25	18.00	22.67	22.93	3.15	LA	25.09	15.82	12.64	1.40	124.7
	71-120	34.00	13.25	16.57	28.17	8.01	LA	26.01	14.67	10.69	1.40	227.6
Gourga aval* (A)	0-20	20.30	7.01	9.59	32.83	27.30	LAS	16.64	9.27	6.3	1.40	29.0
	20-40	48.60	7.57	6.94	20.80	15.13	A	22.54	17.07	12.9	1.60	59.8
	40-60	39.65	8.20	7.15	17.07	27.20	LA	20.41	14.82	12.2	1.54	85.1
	60-80	33.20	9.10	3.00	15.25	33.03	LAS	18.66	13.32	12.6	1.48	103.2
	80-100	32.93	11.65	6.08	13.33	34.33	LAS	18.97	13.94	12.0	1.42	121.1
Gourga aval* (B)	0-20	22.10	8.60	10.23	42.80	15.53	LAS	17.10	10.19	6.3	1.41	30.5
	20-40	23.50	9.85	4.55	49.87	10.57	LAS	17.45	10.90	6.3	1.40	61.7
	40-60	22.93	13.85	10.99	38.60	11.70	LAS	17.92	11.83	6.8	1.49	94.8
	60-80	26.59	14.26	8.37	35.73	13.33	LAS	18.47	12.93	7.2	1.45	127.5
	80-100	31.03	13.91	8.56	31.50	13.10	LAS	19.02	14.03	8.5	1.50	159.1

A = argile ; Lf et Lg = limon fin et limon grossier ; Sf et Sg = sable fin et sable grossier

Da = masse volumique apparente sèche (densité apparente)

RU = réserve en eau utile cumulée

(A) = zone haute

(B) = zone médiane

(C) = zone basse

\* Les données sur les sols de ce site proviennent d'analyses antérieures dont les résultats nous ont été communiqués par J.M. LAMACHERE.



**ANNEXE V - Caractéristiques physico-chimiques des sols du site de Nayiri**  
**(horizon 0 - 15 cm).**  
 (Source : BACYE, 1992, comm. pers.)

Caractéristiques analytiques	Répétitions					
	1	2	3	4	5	6
<b>Granulométrie (%)</b>						
Argile	39.00	36.50	38.00	-	-	-
Limon fin	23.00	25.50	20.25	-	-	-
Limon grossier	14.45	14.99	17.68	-	-	-
Sable fin	23.13	22.65	23.68	-	-	-
Sable grossier	0.42	0.36	0.39	-	-	-
<b>Bases éch. (mécq./100 g)</b>						
Ca <sup>++</sup>	1.86	1.45	1.52	1.77	1.22	1.91
Mg <sup>++</sup>	0.58	0.98	0.95	1.07	0.88	1.14
K <sup>+</sup>	0.19	0.18	0.20	0.20	0.18	0.21
Na <sup>+</sup>	0.01	0.01	0.05	0.00	0.10	0.00
S. des bases (mécq./100 g)	2.64	2.62	2.72	3.04	2.28	3.26
CEC (mécq./100 g)	4.26	4.46	4.21	4.61	4.32	4.72
Taux de saturation (%)	68	59	64	66	55	69
<b>Matière organique</b>						
Carbone total (%)	0.76	-	-	-	-	-
Azote total (%)	0.90	-	-	-	-	-
Rapport C/N	8.4	-	-	-	-	-
<b>Réaction du sol</b>						
pH eau	5.5	5.5	5.5	5.4	5.5	5.5
pH KCl	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ppm)</b>						
Total	225.9	200.1	207.1	207.1	188.3	225.9
Assimilable	2.80	2.98	2.51	2.69	3.15	3.15
Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	1.51	1.52	1.58	1.40	1.59	1.61
<b>Oligo-éléments (ppm)</b>						
Fe	2.95	2.97	5.13	3.00	3.00	3.13
Cu	13.9	15.0	26.0	14.0	14.3	13.7
Mn	356	372	539	357	373	377
Zn	77	76	94	76	84	83

# Table des matières

# TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS.....	i
RESUME.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ABREVIATIONS ET SIGLES.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
SOMMAIRE.....	viii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>CHAPITRE I - <u>CADRE GENERAL DE L'ETUDE</u></b>	
1 - LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION.....	4
2 - LES HOMMES ET LEURS ACTIVITES.....	4
2.1 - <u>Origines et caractéristiques du peuplement</u> .....	4
2.2 - <u>Les activités</u> .....	5
3 - LE MILIEU PHYSIQUE.....	6
3.1 - <u>Les traits généraux du climat</u> .....	6
3.1.1 - Mécanismes atmosphériques et saisonnalité des pluies.....	6
3.1.2 - Les facteurs du climat.....	6
Températures.....	7
Humidités relatives.....	7
Vents.....	7
Durée d'insolation et rayonnement global.....	9
Demande évaporative.....	10
Précipitations.....	10
3.1.3 - L'évolution climatique récente et ses répercussions sur l'agriculture.....	13

3.2 - <u>Généralités sur le substrat édaphique</u> .....	15
3.3.1 - Géologie.....	15
3.3.2 - Géomorphologie.....	15
3.3.3 - Pédologie.....	17
3.3 - <u>La végétation</u> .....	20
3.4 - <u>Conclusion sur le milieu physique</u> .....	20
4 - LES BAS-FONDS DANS LA REGION DE BIDI.....	21
4.1 - Caractères généraux, environnements géologique, morphologique et pédologique.....	21
4.2 - Végétation et évolution de l'utilisation des terres.....	23
<b>CHAPITRE II - <u>CARACTERISATION DES PARAMÈTRES DETERMINANT LES CONDITIONS HYDRIQUES</u></b>	
1 - OBJET.....	25
2 - DEFINITIONS.....	25
3 - METHODOLOGIE.....	26
3.1 - <u>Dispositifs et protocoles expérimentaux des mesures     pluviométriques et hydrologiques</u> .....	26
3.1.1 - Les mesures pluviométriques.....	26
3.1.2 - Les mesures hydrologiques.....	26
3.2 - <u>Méthodes de caractérisation morphopédologique des sites     d'expérimentation</u> .....	28
3.2.1 - Morphologie des sites.....	28
3.2.2 - Caractéristiques morphologiques des sols.....	28
3.2.3 - Caractéristiques analytiques physiques des sols.....	29
4 - RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	29
4.1 - <u>La pluviosité au cours de la campagne</u> .....	29
4.2 - <u>Les caractéristiques morphopédologiques des sites</u> .....	31

4.3 - <u>Les caractéristiques analytiques physiques et hydriques des sols des sites</u> .....	35
4.4 - <u>Le régime hydrologique du bas-fond</u> .....	41
4.4.1 - Le régime d'inondation.....	41
4.4.2 - Le régime de nappe phréatique.....	44
5 - CONSEQUENCES SUR L'AGRICULTURE.....	45
<b>CHAPITRE III - <u>INFLUENCE DU REGIME HYDRIQUE SUR LES CONDITIONS D'ELABORATION DES RENDEMENTS DES CULTURES</u></b>	
1 - OBJET.....	47
2 - METHODOLOGIE.....	48
2.1 - <u>Dispositif expérimental</u> .....	48
2.2 - Méthodes d'évaluation de l'impact des conditions hydriques sur la croissance et le développement des cultures.....	49
2.2.1 - Les mesures des hauteurs des plants.....	49
2.2.2 - Les mesures d'enracinement.....	49
2.2.3 - Les mesures du rendement et de ses composantes.....	49
2.3 - <u>Matériels végétaux et itinéraires techniques</u> .....	50
3 - RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	50
3.1 - Influence des conditions hydriques sur la croissance et le développement des cultures.....	50
3.1.1 - La croissance végétative.....	50
3.1.2 - La dynamique de l'enracinement.....	53
3.1.3 - Les dates de début d'épiaison.....	54
3.2 - <u>Influence des conditions hydriques sur le rendement et ses composantes</u> .....	54
3.2.1 - Les rendements en grain et en paille.....	54
3.2.2 - Les composantes du rendement.....	58
4 - CONCLUSION.....	60

**CHAPITRE IV - CONDITIONS HYDRIQUES ET RISQUE DE DEFICIT HYDRIQUE  
POUR LES CULTURES DANS LE BAS-FOND**

1 - OBJET.....	62
2 - REGIME HYDROLOGIQUE DU BAS-FOND EN 1990.....	63
3 - METHODOLOGIE.....	65
3.1 - <u>Méthode d'évaluation du bilan hydrique</u> .....	65
3.2 - <u>Détermination de l'indice du rendement espéré</u> .....	68
4 - RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	68
4.1 - <u>Satisfaction des besoins hydriques du sorgho</u> .....	68
4.2 - <u>Indice du rendement espéré du sorgho</u> .....	70
5 - CONCLUSION.....	72

**CHAPITRE V - STRATEGIES ET TECHNIQUES POUR UNE VALORISATION  
OPTIMALE DU BAS-FOND**

1 - OBJET.....	74
2 - SITE DE GOURGA AMONT ET SITES NON AMENAGES.....	74
3 - SITE DE GOURGA AVAL.....	76
4 - CONCLUSION.....	79
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>80</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>83</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>90</b>
<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>104</b>

# CONDITIONS HYDRIQUES DANS UN BAS-FOND SAHELIEU INCIDENCES SUR LES CULTURES VIVRIERES

( Bidi, Nord Yatenga, Burkina Faso )

## RESUME :

Dans le contexte actuel de péjoration climatique, le rôle des petits bas-fonds sahéliens au Burkina Faso se focalise de plus en plus sur la sécurisation de la production vivrière, vocation rendue possible grâce au régime hydrique spécifique de ces milieux. Une meilleure connaissance des conditions hydriques de l'un d'eux, celui de Bidi au Nord Yatenga, et de leurs implications dans le système de culture du bas-fond a motivé cette étude. D'abord un examen des composantes du milieu naturel de la région a mis en exergue une dégradation de l'environnement écologique sur un fond de risque climatique pour la production végétale. Ce risque est double dans le bas-fond, sous-tendu par des excès d'eau et des déficits hydriques au gré des aléas pluviométriques. Ensuite une analyse des paramètres conditionnant le régime hydrique du bas-fond a conclu à la prééminence du facteur hydrologique (crues et nappe phréatique) au cours des épisodes pluvieux et à celle du facteur pédohydrique (capacité de stockage hydrique du réservoir sol) pendant les trous pluviométriques. Cette dynamique des facteurs «modulateurs» du régime hydrique confère au bas-fond de Bidi des propriétés agricoles paradoxales dans le temps et dans l'espace. Enfin les modalités d'influence du régime hydrique sur le développement et la production du sorgho, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, et du riz, *Oriza sativa* L., ont été appréciées *in situ* d'une part et par simulation du bilan hydrique du sorgho dans deux situations pluviométriques contrastées (1990 et 1991) d'autre part. Toutes choses qui ont permis de discuter des stratégies à développer et de proposer des techniques à appliquer en vue d'une valorisation optimale du bas-fond de Bidi.

## MOTS - CLES :

Bas-fond sahélien, régime hydrique, sorgho, riz, bilan hydrique, risque climatique, stratégies agricoles, Bidi, Yatenga, Burkina Faso.