

Erosion, dégradation de l'environnement et systèmes de production dans la région de Bidi (Burkina Faso, nord Yatenga)

Jean-Marie. LAMACHERE et Georges SERPANTIE
ORSTOM, Laboratoire d'Hydrologie, BP 5045, 34032 Montpellier
Antenne ORSTOM, 01 BP 171, Bobo Dioulasso 01, Burkina Faso

Historique des recherches sur les systèmes de production, l'érosion et la dégradation de l'environnement dans la région de Bidi

De 1983 à 1989, l'ORSTOM a mené dans la région de Bidi, au nord-ouest du Burkina Faso et de la province du Yatenga, près de la frontière malienne, un programme de recherche sur la dynamique des systèmes agro-pastoraux (département MAA, UR 3G) animé par Georges SERPANTIE. Les contraintes hydriques, imposées à l'agriculture et à l'élevage, depuis 1970, par une longue période sèche, particulièrement sévère au cours des années 1982, 1983 et 1984, ont justifié l'adjonction d'un programme hydrologique à ce programme agropastoral. Le programme hydrologique (département DEC, UR 24), conçu et réalisé en collaboration avec Georges SERPANTIE, a été animé par J.M. LAMACHERE.

De 1989 à 1992, s'est développé dans la province du Yatenga, et plus particulièrement dans la région de Bidi, le projet Yatenga pour la mise en valeur agricole des bas-fonds. Le projet Yatenga, coordonné par J.M. LAMACHERE, a été avec les projets Comoé, Mali-sud, Siné Saloum et Casamance, l'une des cinq composantes du grand programme CORAF/R3S sur la mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel (projet CE-DGXII, STD2-3).

De 1992 à 1995, le programme VERITAS (département DEC, UR 24), animé par Olivier PLANCHON, a pris le relais des recherches sur le ruissellement et l'érosion sur versants cultivés de la région de Bidi.

Le programme de recherche sur la dynamique des systèmes agropastoraux

Deux principaux axes de recherche ont été suivis par le programme sur la dynamique des systèmes agropastoraux :

- **La gestion des ressources** a été analysée à plusieurs niveaux d'organisation sociale, dans ses contraintes, ses finalités et ses stratégies. Dans un premier temps, les enquêtes ont privilégié le suivi des pratiques paysannes, des unités de production, la dynamique du milieu et l'élaboration de la production. Dans un second temps, les expériences ont visé à définir les relations de causalité permettant d'expliquer la dynamique de production.

- **Les relations entre la société et l'espace rural** ont été analysées par le repérage des espaces d'activité, par l'approche historique de la société, de ses règles, de ses stratégies et de son rapport avec le milieu. Ce type d'approche fait jouer les échelles d'espace et de temps avec les niveaux d'organisation sociale.

Ce programme a associé 8 chercheurs : 1 agronome (G. SERPANTIE), 2 ethnologues (B. MARTINELLI et P. MOITY-MZAIZI), 1 géographe (G. MERSADIER), 1 socio-économiste (Y. MERSADIER), 1 pastoraliste (L. TEZENAS DU MONTCEL), 1 hydrologue (J.M. LAMACHERE) et 1 pédologue (B. BACYE).

Il a obtenu la collaboration, sous la forme de missions d'appui, de 3 pédologues (C. VALENTIN et R. MOREAU de l'ORSTOM, F. GUILLET du CIRAD), d'un pastoraliste (G. BOUDET de l'IEMVT), d'un physicien de l'atmosphère (F. LAVENU, ENS-LERTS).

De nombreux étudiants de l'Université de Ouagadougou (IDR et ISHS), de l'EIER (Ouagadougou), quelques étudiants de l'Université Wageningen, de l'Université Paris XI et de l'Ecole Supérieure d'Agriculture d'Angers ont réalisé leurs stages de fin d'études en collaborant à ce programme.

Le programme hydrologique associé au programme sur la dynamique des systèmes agropastoraux

Dans une première phase (1985-1989), le programme hydrologique a visé la **connaissance des ressources en eaux superficielles et des transports solides** de plusieurs bassins versants emboîtés ainsi que l'analyse des conditions optimales d'utilisation des ressources en eaux superficielles sur champs de brousse en conditions paysannes afin d'améliorer la production agricole tout en préservant les sols de l'érosion hydrique.

Dans une seconde phase (1989-1992), le programme s'est orienté vers **l'étude pédologique, hydrologique, agronomique, sociologique et économique du bas-fond de Bidi** et de deux autres bas-fonds de la province du Yatenga. L'étude du fonctionnement hydrologique du bas-fond de Bidi a porté plus particulièrement sur le rôle d'une digue filtrante et d'un petit barrage à batardeaux dans la réalimentation des nappes aquifères et leur effet sur la production agricole de bas-fond.

Parallèlement cette étude, s'est développé un programme de **cartographie des états de surface** et de caractérisation de leur comportement hydrodynamique afin de mieux appréhender la répartition spatiale des phénomènes de ruissellement et d'érosion à l'échelle des bassins versants.

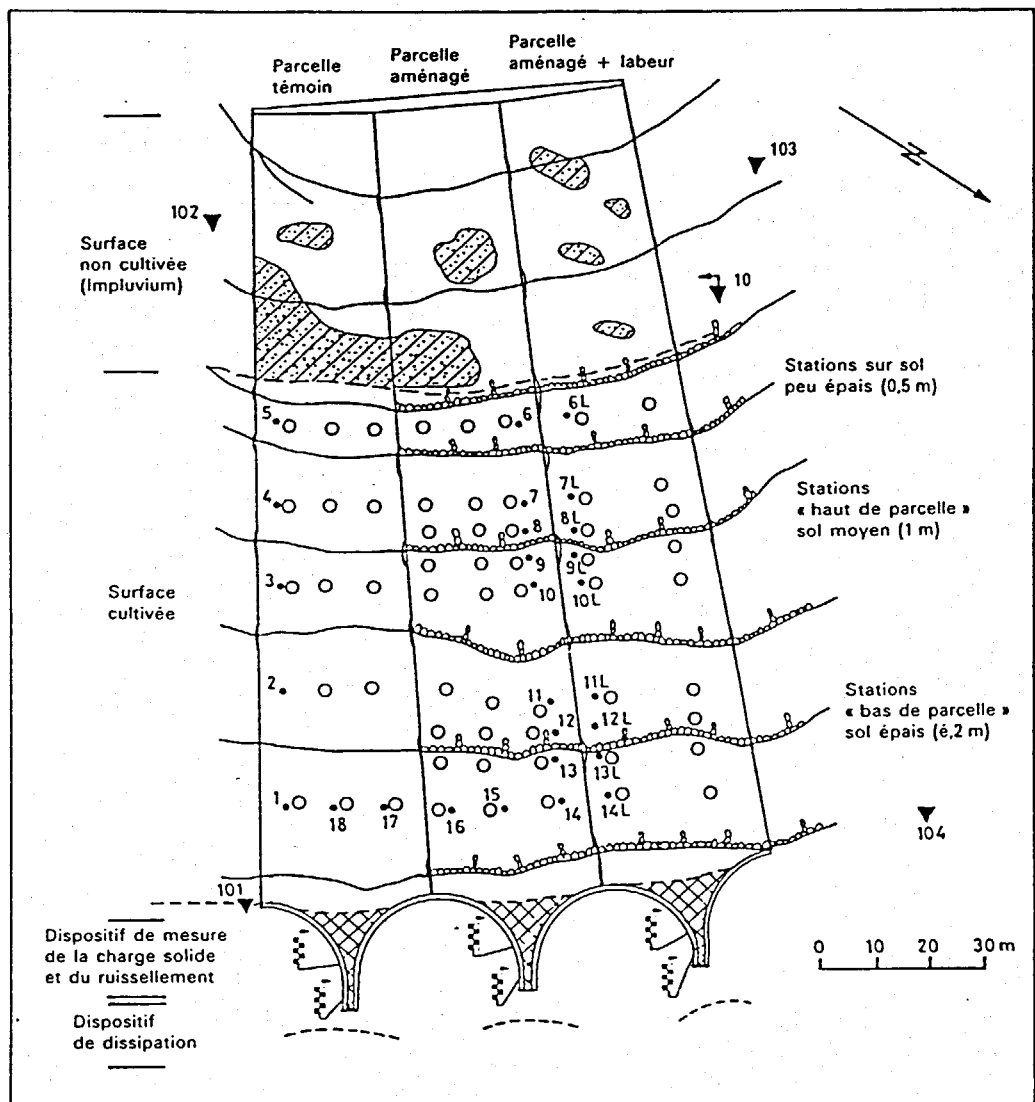
Au programme hydrologique et au programme de mise en valeur des bas-fonds ont été associés : 3 pédologues (F. GUILLET du CIRAD, P. ZOMBRE de l'IDR et E. BARRO du BUNASOLS), 1 agronome (G. SERPANTIE), 1 ethnologue (P. MAIZI), 1 sociologue (M. OUEDRAOGO) et 1 hydrogéologue (Y. KOUSSOUBE).

Il a obtenu, sous la forme de missions d'appui, la collaboration de 2 pédologues (C. VALENTIN et E. FRITSCH), de 2 hydrogéologues (B. DIENG de l'EIER et A. SAVADOGO de la FaST à Ouagadougou), d'un géophysicien (J.C. LACHAUD) et d'un géologue (G. GRANDIN). Plusieurs étudiants de l'EIER, de l'Université de Ouagadougou (Géographie, IDR et FaST) ont réalisé leurs mémoires de fin d'études dans le cadre de ce programme ainsi que deux étudiants de l'ENSHMG (Grenoble).

Les résultats relatifs à l'érosion et à la gestion des sols cultivés

Expériences

Trois parcelles agronomiques contiguës sur sols ferrugineux tropicaux, sableux fins d'origine éolienne, ont été équipées pour la mesure des ruissellements, des transports solides et de l'infiltration afin de tester l'efficacité des cordons pierreux et des labours sur l'infiltration et afin d'améliorer l'alimentation hydrique des cultures par l'utilisation d'impluviums en amont des parcelles. La superficie de chaque parcelle était d'environ 4000 m² dont le quart de la superficie était occupée par l'impluvium.



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

Figure . Plan d'Ensemble de l'essai sur parcelles agronomiques (Samniweogo 1985-1987).

Les observations hydrologiques, associées aux observations agronomiques, se sont déroulées sur une période de six années : **3 années avec l'impluvium (1985-87) et 3 années sans impluvium (1988-90)**. Une étude sur l'évolution du statut organique et minéral des sols a été menée au cours des cycles culturaux des années 1989 et 1990.

Deux séries d'expériences de simulation de pluie ont été entreprises. La première série d'expériences a été réalisée en 1988 pour évaluer le rôle des chutes de pluie dans l'évolution de l'aptitude des sols au ruissellement et à l'infiltration après sarclage. La seconde série d'expériences a été réalisée en 1990 pour tester différentes techniques culturales de lutte contre l'encroûtement des sols (paillage et fumure) et pour observer avec précision les transformations de la surface du sol sarclé sous l'effet des chutes de pluie.

Publications

Les résultats des observations sur parcelles agronomiques ont fait l'objet de nombreuses communications et articles par LAMACHERE J.M. et SERPANTIE G. en 1988, 1989, 1990, 1991 et 1992. Les exposés les plus complets correspondent aux articles parus dans l'ouvrage "Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride" édité par l'AUPELF-UREF en 1991 et dans l'ouvrage "Usage agricole de l'eau" édité par l'ORSTOM en 1992.

La thèse de B. BACYE (Université d'Aix-Marseille III, 1993), dirigée par R. MOREAU du laboratoire ORSTOM des sols cultivés (Montpellier), présente les résultats du suivi de l'évolution du statut organique et minéral des sols cultivés à mi-pente, en bas de pente et dans un bas-fond.

Les conclusions relatives à la première série d'expériences au simulateur de pluies ont été publiées dans les actes du colloque de Niamey (février 1991) : "Soil Water Balance in the Sudano-sahelian Zone" (IAHS, publ. n°199). Les résultats de la seconde série d'expériences au simulateur de pluies constituent une bonne partie de la thèse d'E. BARRO (BUNASOLS, Ouagadougou) en cours de rédaction.

Résultats agronomiques

Les effets des cordons pierreux et des labours sur la production végétale sont très variables d'une année à l'autre en fonction de la pluviosité, principalement de la répartition des chutes de pluie, et des attaques (borers et sautériaux) subies par les cultures.

En année pluviométriquement médiocre (1987), un accroissement du rendement en grain sec a été observé sur la parcelle aménagée par rapport au témoin : il est de l'ordre de 20 % en haut de parcelle et de 40 % en bas de parcelle. A cet accroissement de la production en grain correspond un accroissement à peu près identique de la production en matière sèche. Ces accroissements sont attribués à une forte amélioration de l'alimentation hydrique sur les aires d'inondation en amont des cordons pierreux cloisonnés. En 1987, sur la parcelle labourée, les gains sont encore plus significatifs. Ils conduisent à un doublement de la production en grain et à une augmentation de 60 % de la production de biomasse.

Pour une année à pluviométrie bien répartie (1986), les labours ont permis de doubler la production en matière sèche et de tripler la production en grain.

L'analyse de l'élaboration des rendements met en évidence l'impact généralement bénéfique des cordons pierreux et des labours appliqués à un système de culture dit "des champs de brousse" (sol ferrugineux sableux fin, faible fertilisation minérale, deux sarclages en buttes). Les labours améliorent considérablement les conditions de l'installation du peuplement : enherbement, disponibilités minérales, profondeur d'humectation, aération.

Cette efficacité doit être mise en balance avec un certain nombre de risques : érosion en cas de fortes pluies après labours, appauvrissement rapide du sol, dégradation de la structure du sol par des labours répétés, échaudage en fin de cycle en haut de la parcelle aménagée lorsque les pluies sont insuffisantes (1985).

En cas d'excès pluviométrique lors de période de tallage-montaison (1988), les cordons pierreux ont eu également un effet négatif sur les rendements (-20 %). En outre, compte tenu de la faible capacité de rétention spécifique des sols sur les parcelles agronomiques de Samniwéogo, l'excès d'infiltration provoque rapidement un drainage profond dont l'effet se révèle néfaste s'il se produit pendant le pic de minéralisation comme ce fut le cas en 1987 sur la parcelle labourée.

Résultats hydrologiques

Le travail du sol, labour ou sarclage, d'un sol sableux fin permet une infiltration optimale des pluies et des ruissellements entrant dans les parcelles cultivées sur une tranche pluviométrique d'environ 100 millimètres après le labour ou le sarclage. Au delà, la transformation de l'état de surface par aplanissement du microrelief et formation de croûtes dans les micro-dépressions, favorise le ruissellement dont l'importance croît avec l'intensité de la pluie et l'état d'humectation du sol. Au delà de 200 mm de pluies après labour ou sarclage, le comportement hydrodynamique du sol se stabilise et l'intensité de pluie limite de ruissellement, d'environ 25 à 30 mm/h après sarclage, n'est plus que de 6 mm/h.

L'introduction de la fumure organique ou le paillage du sol semblent avoir un effet retard sur le ruissellement et l'infiltration. Dans un premier temps, sous simulation de pluies, pendant une dizaine de jours, les parcelles paillées ou fumées se comportent sensiblement de la même façon que la parcelle sans amendement organique. Au delà d'environ dix jours, l'accroissement de l'infiltration apparaît très nettement sur les parcelles fumées et paillées. Le rôle de la matière organique en faibles doses ne serait donc pas mécanique mais consécutif à une activité biologique alimentée par l'introduction de matière organique.

Un aménagement en cordons pierreux isohypses cloisonnés (1 cordon tous les 20 mètres) modifie, à l'occasion de fortes pluies, les paramètres d'une crue par écrêtage (30 à 40 % en moins sur le débit maximum) et déphasage (5 à 10 mn de retard sur la pointe de crue). Il réduit ainsi la puissance érosive des crues et accroît la lame infiltrée. Cependant, la diminution du volume total ruisselé sur les parcelles aménagées reste faible pour les fortes crues (10 à 15 %). Elle est beaucoup plus importante à l'échelle annuelle (30 à 50 %).

Le tonnage moyen annuel (suspensions et transports de fond) exporté hors de la parcelle témoin non aménagée a été de 2,2 tonnes par hectare avec ou sans impluvium. Il est d'environ 1 tonne par hectare sur les 2 parcelles aménagées.

Les variations des tonnages en matériaux solides exportés sont extrêmement fortes d'une année à l'autre (1,4 à 3,9 t/ha pour la parcelle témoin, 0,35 à 2,7 t/ha pour les parcelles aménagées), en relation directe avec les volumes ruisselés. Pour la parcelle labourée, l'occurrence des fortes pluies après les labours joue un rôle fondamental dans l'accroissement du tonnage exporté.

Les concentrations en suspensions dans les eaux de crue sont systématiquement plus fortes sur la parcelle témoin non aménagée pendant la pointe de crue (accroissement de 50 à 100 %). Elles sont également plus fortes sur la parcelle aménagée labourée que sur la parcelle aménagée non labourée (accroissement de 35 %), lorsque les deux parcelles ruissellent de manière identique.

Conclusion

L'amélioration de l'alimentation hydrique des cultures pose à plus ou moins long terme le problème du renouvellement de la fertilité des sols, l'accroissement de la production végétale non restituée allant de pair avec un appauvrissement plus rapide des sols. Elle ne constitue donc qu'un des maillons de la chaîne d'adaptation d'un système de culture à une situation nouvelle de déficit pluviométrique et de saturation de l'espace cultivable.

Les expériences réalisées dans la région de Bidi confirment bien la nécessaire gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols, préconisée par Eric ROOSE dans le bulletin pédologique n° 70 édité en 1994 par la FAO.

Les résultats relatifs aux aménagements hydrauliques du bas-fond de Bidi

Au Yatenga, région soudano-sahélienne, les bas-fonds constituent une facette très particulière du paysage. Ce sont des milieux humides variés et évolutifs, et leur situation au sein d'une région aux prises avec la sécheresse et la dégradation du milieu en fait actuellement des lieux de sécurité vivrière et pastorale, chargés d'enjeux sociaux importants. La concentration des ressources (eau et sols argileux) qu'ils présentent pourrait en faire actuellement un lieu d'intensification de cultures céréalières.

Expériences

Différentes modifications du système de culture de bas-fond ont été proposées sur les cultures traditionnelles de sorgho et la riziculture a été introduite en amont des aménagements hydroagricoles. Afin de limiter les contraintes hydriques liées à la forte fluctuation des ressources hydriques et à la violence des crues, deux types d'aménagements ont été construits : une digue filtrante, d'une hauteur maximale de 0,5 mètre, et un micro-barrage muni d'une passe à batardeaux, d'une hauteur maximale de 1,5 mètre.

Afin de tester l'aptitude respective de chaque aménagement à recharger les nappes aquifères de bas-fond, cinq lignes, comprenant chacune 5 à 7 piézomètres répartis en travers du bas-fond, ont été installées sur une distance de 1,5 kilomètre. La fréquence des relevés piézométriques a été fixée à un relevé tous les 15 jours en saison sèche, un relevé tous les 5 jours en période pluvieuse. Trois stations hydrométriques ont été implantées sur cette même distance et suivies pendant six années consécutives. Le réseau pluviométrique était composé de 5 pluviomètres et 3 pluviographes pour un bassin versant de 47,5 km². Des mesures de transport solide ont été réalisées.

Publications

Les résultats des travaux de recherche sur le bas-fond de Bidi ont fait l'objet de deux articles fondamentaux rédigés à l'occasion du séminaire international "Bas-fonds et riziculture" d'Antananarivo (9-14 décembre 1991) organisé par le CIRAD. Le premier article a été rédigé par J.M. LAMACHERE en 1991 à partir des documents fournis par les autres chercheurs associés à ce programme. Il a été diffusé en décembre 1991 à l'occasion du séminaire et il correspond principalement à une valorisation hydrologique des résultats. Le second article a été rédigé par G. SERPANTIE et publié en 1993 dans les actes du séminaire. Il reprend les principaux résultats hydrologiques et agronomiques en les situant dans une perspective historique d'évolution des systèmes de production et dans le cadre des stratégies paysannes de gestion de l'eau et des terroirs.

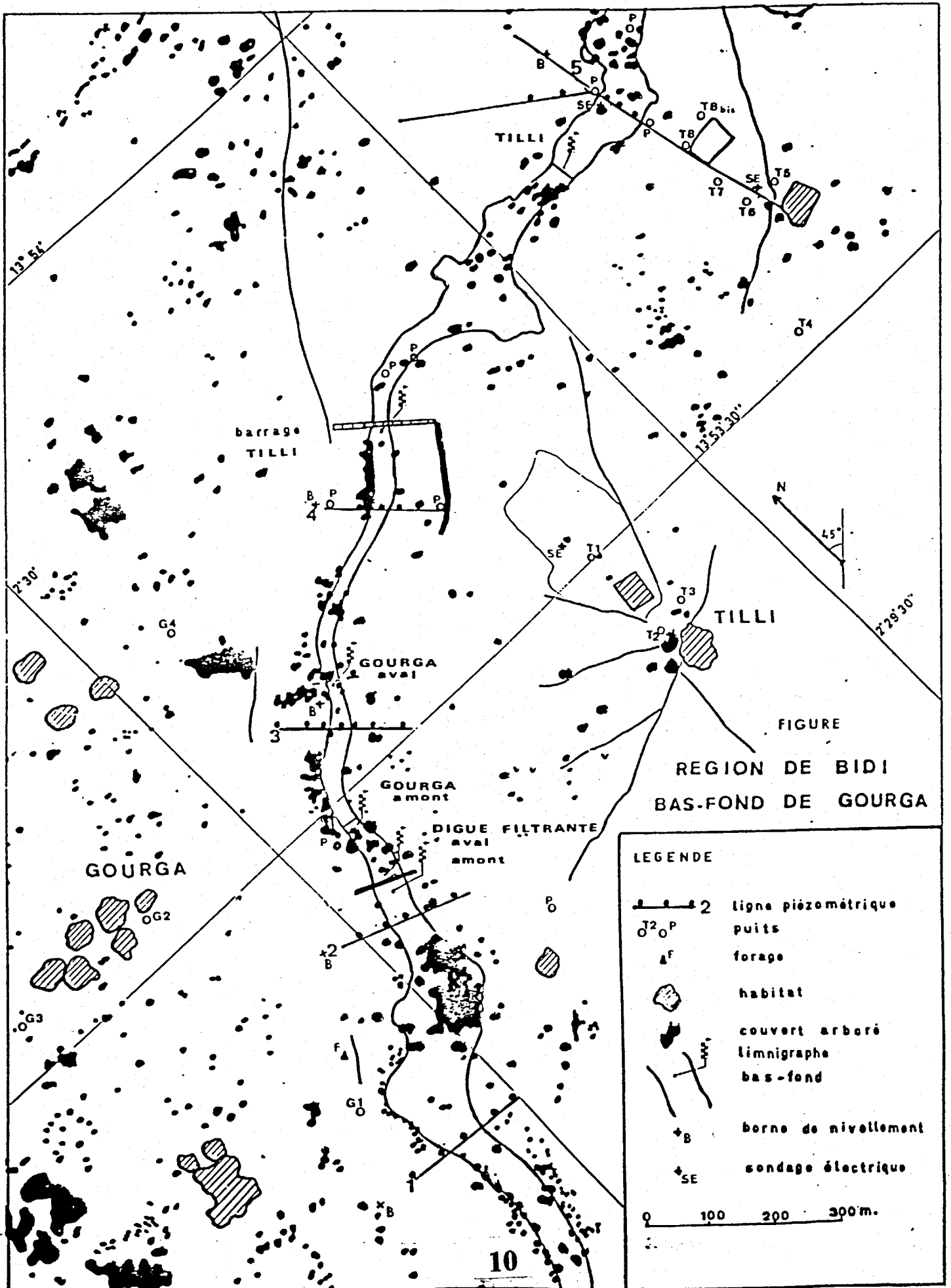


FIGURE
 REGION DE BIDI
 BAS-FOND DE GOURGA

LEGENDE

- 2 ligne piézométrique
- puits
- forage
- habitat
- couvert arboré
- limnigraphe
- bas-fond
- borne de nivellement
- sondage électrique

0 100 200 300 m.

L'ouvrage "Mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel. Typologie, fonctionnement hydrologique et potentialités agricoles." (1993) intègre les résultats obtenus dans la région de Bidi à ceux des autres projets pilotes localisés dans la Comoé, le Mali-sud, le Siné Saloum et la Casamance.

Résultats agronomiques

Les tentatives de modification du système de culture du sorgho ont échoué par inadaptation des propositions au fonctionnement des systèmes locaux de production. Elles ont cependant révélé les contraintes actuelles des bas-fonds soudano-sahéliens : forte fluctuation des ressources hydriques, crues violentes et enherbement important des parcelles cultivées. L'aménagement du bas-fond par des ouvrages de régulation des crues réduit ces contraintes mais, dans la région de Bidi, la demande sociale porte plutôt sur la recharge des nappes aquifères et la réalisation de cet objectif impose la constitution de retenues temporaires et la fermeture précoce de la passe à batardeaux.

Les propriétaires fonciers ont accepté de céder leurs droits d'usage à condition de cultiver du riz, production secondaire ayant traditionnellement un rôle festif et monétaire. Le test de systèmes de cultures sur de petites superficies de 2 à 4 ares (variétés de 90 jours, labour attelé, fertilisation, plusieurs désherbages) a montré qu'un potentiel de 2,5 t ha⁻¹ de paddy existe les bonnes années pluviométriques en amont de la digue filtrante et en amont du petit barrage dans les zones temporairement inondées. En amont de la digue filtrante, dans la partie centrale du bas-fond, les rendements ont été de proches de 1,5 t ha⁻¹ de paddy en 1986, 87 et 1991. Ils furent inférieurs à 0,1 t ha⁻¹ de paddy de 1988 à 1990.

Résultats hydrologiques

L'étude hydrologique a permis d'estimer à 40 m³/s le débit maximal de la crue de fréquence décennale pour un bassin versant de 45 km², fixant ainsi les normes techniques de protection des ouvrages hydrauliques implantés dans le bas-fond de Bidi et remettant en cause la surélévation du déversoir du barrage d'Améné situé plus en aval sur le même marigot.

Les relations pluies-débits ont mis en évidence l'absence de crues significatives lorsque les pluies journalières sont inférieures à 20 mm avec des conditions moyennes d'humectation des sols et d'intensité des pluies. Elles permettent également l'évaluation des risques d'inondation et de sécheresse pour les cultures de bas-fond.

L'observation des niveaux piézométriques a montré que la recharge des nappes aquifères de ce bas-fond soudano-sahélien sur socle granitique, s'effectue exclusivement à partir des zones inondées par les crues. La digue filtrante, en surélevant les niveaux d'eau, permet de doubler les superficies inondées lors des crues moyennes, sans accroître notablement la durée de submersion. Le petit barrage, en pérennisant le plan d'eau, multiplie par 10 à 20 la durée de submersion en amont de l'ouvrage et permet à la nappe aquifère de s'étendre largement de part et d'autre du bas-fond. Il est ainsi possible d'envisager, en amont du micro-barrage, une irrigation de complément du riz au cours de la saison des pluies et un maraîchage de contre saison par des prélèvements dans la nappe à faible profondeur.

Les mesures d'épaisseur des sédiments déposés en amont des aménagements donnent une valeur maximale de 1 cm à 1,2 cm en amont du petit barrage de Bidi-Gourga, pour une durée de vie de 5 ans, et une valeur maximale de 3 à 3,5 cm en amont du barrage d'Améné pour une durée de vie de 15 ans. Dans les deux cas, la sédimentation est d'environ 2 mm par an. Les sédiments sont presque exclusivement argilo-limoneux. Dans les bas-fonds, on observe localement un colluvionnement sableux important en provenance des versants voisins très dégradés.

Cependant, la faible pente longitudinale du bas-fond (2 m. km⁻¹ dans la partie médiane, 0,7 m. km⁻¹ dans la partie aval) ne permet pas le transport des sables qui restent donc localisés là où ils se déposent au pied des versants.

Conclusion

En zone soudano-sahélienne, avec une pluviométrie moyenne annuelle d'environ 540 mm, les bas-fonds sur substratum granitique, tel le bas-fond de Bidi, ne peuvent jouer pleinement un rôle de sécurité vivrière que si une irrigation de complément permet de satisfaire les besoins hydriques des cultures pendant les phases sèches du cycle cultural, principalement en septembre pendant la phase d'épiaison et de maturation des grains. Sans irrigation de complément, les cultures de bas-fond souffrent autant de la sécheresse que les cultures de mil sur les versants et les récoltes restent aléatoires (1 année sur 2 sur la période 1986-1991).

Dans des bas-fonds à faible pente (1 à 2 m. km⁻¹), la sédimentation, par transport dans le lit du marigot, reste faible en amont des retenues artificielles (au maximum 2 mm par an dans le bas-fond de Bidi). Par contre, les apports solides locaux par dégradation des versants et colluvionnement peuvent être localement importants et conduire à l'ensablement du bas-fond.

Perspectives de valorisation

Deux thèses sont en phase finale de rédaction : la thèse d'E. BARRO sur l'évolution des états de surface des sols ferrugineux cultivés et la thèse de Y. KOUSSOUBE sur l'hydrogéologie de la région de Bidi.

Deux synthèses sont en préparation (1996 et 1997) : une synthèse sur la dynamique des systèmes agro-pastoraux avec G. SERPANTIE comme éditeur scientifique et une synthèse hydrologique sous la responsabilité de J.M. LAMACHERE.

Une thèse est en cours d'élaboration (J.M. LAMACHERE) sur le fonctionnement des hydrosystèmes cultureux de la région de Bidi.

Principales publications

Erosion et gestion des sols cultivés

BACYE B., 1993 - Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina Faso). *Thèse de docteur de l'Université d'Aix-Marseille*. Centre ORSTOM de Montpellier, 243 p.

GUILLET F., 1991 - Etude et modélisation hydro-pédologique d'un bassin versant de la zone sahélo-soudanienne au Burkina Faso (utilisation du modèle "source"). *Thèse de doctorat de l'université Paris VI* en sciences de la terre. 267 p.

LAMACHERE J.M., 1991 - Aptitude au ruissellement et à l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. *Soil Water Balance in the Sudano-sahelian Zone*. Proceedings of Niamey Workshop, february 1991, IAHS Publ. n°199, p. 109-119.

LAMACHERE J.M., SERPANTIE G., 1991 - Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion sur champs cultivés en mil en zone soudano-sahélienne. In "*Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride*", actes des journées scientifiques du réseau "Génie Para-Sécheresse" de l'UREF, E.I.E.R., Ouagadougou, 12-15 mars 1990. Ed. John Libbey Eurotext, Paris, p. 165-178.

LAMACHERE J.M., SERPANTIE G., 1992 - Valorisation agricole des eaux de ruissellement et lutte contre l'érosion sur champs cultivés en mil en zone soudano-sahélienne. Burkina Faso, province du Yatenga, région de Bidi. In "*Usage agricole de l'eau*", sixièmes journées hydrologiques de l'ORSTOM, Montpellier, 12-13 septembre 1990. Ed. par Paul CARRE, éd. de l'ORSTOM, coll. colloques et séminaires, p. 259-276.

SERPANTIE G., LAMACHERE J.M., MARTINELLI B., MERSADIER G., MERSADIER Y., MOITY-MAIZI P., TEZENAS DU MONTCEL L., VALENTIN C. 1988 - Programme de recherche : dynamique des systèmes agro-pastoraux en zone soudano-sahélienne. Bidi, yatenga, Burkina Faso. *Résultats d'étape*. ORSTOM, Ouagadougou, 255 p.

SERPANTIE G., TEZENAS DU MONTCEL L., VALENTIN C., 1992 - La dynamique des états de surface d'un territoire agro-pastoral soudano-sahélien. Conséquences et propositions. *L'aridité une contrainte au développement*. Coll. Didactiques, ORSTOM éditions, p. 420-447.

Les résultats relatifs aux aménagements hydrauliques et à l'étude du bas-fond de Bidi

ALBERGEL J., LAMACHERE J.M., LIDON B., MOKADEM A., VAN DRIEL W., 1993 - Mise en valeur agricole des bas-fonds au Sahel. Typologie, fonctionnement hydrologique, potentialités agricoles. *Rapport final d'un projet CEE / CORAF-R3S*. CIEH, Ouagadougou, Burkina Faso, 335 p.

ETRILLARD A.-P., 1994 - Etude de la recharge des nappes aquifères de Bidi au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études et D.E.A. de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy, 115 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 international bas-fonds et riziculture, Tananarive*, décembre 1991. Centre ORSTOM de Montpellier, 23 p.

LAMACHERE J.M., MAIZI P., SERPANTIE G., ZOMBRE P., 1993 - Fonctionnement et aménagement d'un petit bas-fond soudano-sahélien (Bidi, Yatenga, Burkina Faso). *Actes du séminaire d'Antananarivo, Madagascar*, 9-14 décembre 1991. CIRAD - Montpellier p. 469-486.

ZIDA M., 1992 - Conditions hydriques dans un bas-fond sahélien, incidences sur les cultures vivrières. Bidi, Yatenga. Mémoire de fin d'études d'ingénieur ISN-IDR, Université de Ouagadougou. Centre ORSTOM de Ouagadougou, 107 p.

ZOMBRE P., 1992 - Caractérisation morphopédologique des bas-fonds de la province du Yatenga. Programme de recherche en vue de la mise en valeur des bas-fonds au sahel. Projet Yatenga au Burkina Faso financé par la CCE - DG XII.

Rapport n°1 : Généralités, géomorphologie et morphopédologie régionale. Université de Ouagadougou, I.D.R. Centre ORSTOM de Ouagadougou, 42 p. et 2 cartes.

Rapport n° 2 : Monographie des sols des bas-fonds étudiés. Université de Ouagadougou, I.D.R. Centre ORSTOM de Ouagadougou, 176 p. et 7 cartes.