

MISE EN VALEUR AGRICOLE DES BAS FONDS AU SAHEL

J. ALBERGEL⁽¹⁾, J.M. LAMACHERE⁽¹⁾, F. GADELLE⁽²⁾, B. LIDON⁽³⁾,
A.M. RAN⁽⁴⁾, V. VANDRIEL⁽⁴⁾, et al⁽⁵⁾

RESUME

La sécheresse, la dégradation de certains sols et la pression démographique ont amené les paysans du Sahel à chercher de nouvelles terres à mettre en culture. Les bas-fonds, zones temporairement inondées, font ainsi l'objet d'une exploitation croissante. La qualité chimique des sols y est bonne et l'eau disponible. Ils représentent une alternative économique intéressante pour les paysans sahéliens qui peuvent y développer une production de sécurité ou de rente en saison des pluies (sorgho, maïs, riz). En saison sèche, c'est une zone de pâturage, qui offre aussi d'intéressantes possibilités de maraîchage, d'arboriculture et de cultures de contre-saison.

La mise en valeur agricole de ces zones constitue l'une des réponses possibles à la crise actuelle des systèmes traditionnels de production. L'utilisation efficace des bas-fonds implique néanmoins d'installer des ouvrages hydrauliques pour mettre les terres à l'abri des crues, stocker et distribuer l'eau d'irrigation. Les aménagements doivent être techniquement fiables et gérables par les populations concernées. En effet, les bas-fonds constituent des écosystèmes fragiles, facilement dégradables.

Le CIEH a coordonné un programme de recherche localisé sur cinq sites représentatifs au Sahel afin de mieux connaître le fonctionnement naturel d'un bas-fonds, les difficultés actuellement rencontrées pour leur mise en valeur, et d'expérimenter des aménagements et des techniques appropriées. Les sites choisis se situent dans le Yatenga et la Comoé au Burkina Faso, dans la région de Sikasso au Mali, dans le Siné-Saloum et la Casamance au Sénégal.

La recherche a associé plusieurs partenaires du Nord et du Sud qui ont élaboré ensemble des méthodes et des outils de recherche. Une analyse du bilan hydrologique et des crues ainsi qu'un suivi des nappes ont été réalisés sur plusieurs bassins versants de chaque site pilote. Ont été aussi étudiés la qualité chimique des eaux, les transports solides, les potentialités agronomiques des sols, les structures foncières, les systèmes de production et les itinéraires techniques des paysans. Parallèlement, des expérimentations agronomiques en station et en milieu paysan ont permis de connaître les possibilités d'intensifier et de diversifier les productions agricoles des bas-fonds.

Cette recherche a été l'occasion de concevoir, mettre au point et tester de nouveaux appareils de mesure, des outils de diagnostic et des méthodes de gestion de l'eau. Une typologie des bas-fonds, débouchant sur une analyse des différentes possibilités d'aménagement hydroagricole, a été réalisée.

Les résultats de cette recherche concernant la conservation des eaux et des sols, l'amélioration de la fertilité et le contrôle de l'alimentation en eau des plantes cultivées permettent d'envisager, dans les régions étudiées, le passage d'une phase pilote à un projet de développement sur des surfaces plus importantes. Les dynamiques sociales et économiques seront alors des éléments déterminants du succès de ces initiatives.

Mots clés : bas-fonds, recherche et développement, ressources naturelles, gestion, aménagements hydroagricoles, production agricole, climat, sol, hydrologie, télédétection, Burkina Faso, Mali, Sénégal, Sahel, Afrique Occidentale.

- 1) ORSTOM
- 2) CIEH
- 3) CIRAD
- 4) Université Agronomique de Wageningen
- 5) Faculté des Sciences Agronomique de Gembloux, ORSTOM

N.B. Cet article est le résumé d'une étude des mêmes auteurs «Mise en valeur des bas-fonds au Sahel, Typologie, Fonctionnement hydrologique, Potentialités agricoles».

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 39 471 ek-1
Date : 13

29 AVRIL 1994

ABSTRACT

Drought, land degradation and population growth have led Sahelian farmers to cultivate new lands. Thus, lowlands, which are temporarily flooded areas, are increasingly exploited. Their soil chemical quality is good and water available. They constitute an attractive economic alternative for Sahelian farmers who can develop cash crop production during the rainy season (sorghum, maize, rice). During the dry season, lowlands are used for grazing but also offer attractive potentialities for growing vegetables, orchards and off-season crops.

Developing lowlands is a possible answer to the current crisis of traditional farming systems. Yet an effective use of lowlands requires to install some hydraulic works to protect lands against floods, store and supply irrigation water. Schemes have to be technically reliable and readily manageable by farmers. Lowlands are indeed fragile ecosystems, easily degradable.

CIEH has coordinated a research program based on five Sahelian reference sites for a better knowledge of lowlands hydrological behavior and difficulties in their actual exploitation. In addition, the program aimed to experiment adapted irrigation systems and agricultural techniques. The selected sites were located in the Yatenga and Comoe areas (Burkina Faso), in the Sikasso region (Mali), and in the Casamance and Sine Saloun areas (Senegal).

Several European and African research centers came together to elaborate methods and research tools. Water balances and floods analysis, along with shallow aquifers monitoring were performed on several watersheds for each reference site. Water chemical quality, solid transport, soil agronomical potentialities, land tenure, farming systems, and farmers crop management were also studied. Agricultural experiments in both research stations and farm fields revealed the extent to which lowlands crops could be diversified and intensified.

This research was an opportunity to design, develop and test new probe instruments, diagnosis tools and water management methods. A typology of lowlands has been proposed to analyse the various possible irrigation systems that could be implemented.

Research results, dealing with soil and water conservation, soil fertility enhancement, and water management at the crop level, helps to anticipate, in the areas studied, the move from a pilot phase to a development project covering more vast acreages. Social and economic dynamics will then be decisive factors of the success of these initiatives.

Key words : lowlands, irrigation, land use, Burkina Faso, Mali, Senegal, Sahel.

LE PROGRAMME DE RECHERCHE

Dans les pays sahéliens, depuis deux décennies, la péjoration climatique associée à la croissance démographique et à la dégradation des terres ont profondément altéré les conditions des mises en valeurs agricoles traditionnelles. Pour pallier la baisse de fertilité des sols et nourrir une population en croissance rapide, les paysans africains raccourcissent la durée des jachères jusqu'à leur suppression et commencent à généraliser la fumure organique. Pour pallier les déficits hydriques, ils introduisent de nouvelles variétés de plantes cultivées et modifient l'utilisation de leur terroir en plaçant leurs cultures à l'aval des zones génératrices de ruissellement et dans les axes de drainage.

Les bas-fonds, axes de convergence préférentielle des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques (RAUNET, 1985), aux sols chimiquement fertiles, présentent désormais aux yeux des paysans sahéliens un intérêt agro-économique grandissant. Dans les régions où les bas-fonds sont

traditionnellement mis en culture, la pression sur la terre a augmenté, rendant inadaptée une agriculture trop extensive. Dans les régions où les bas-fonds n'étaient généralement pas exploités, les tentatives spontanées de mise en valeur, individuelles ou collectives, se multiplient. Etant donné le caractère aléatoire des précipitations, les aménagements hydro-agricoles, en améliorant les conditions d'approvisionnement hydrique des cultures et en régularisant les débits des crues, peuvent contribuer de manière non négligeable à sécuriser la production alimentaire et favoriser le développement des cultures de rente.

De nombreux aménagements de bas-fonds ont été réalisés au Sahel sans pour autant avoir fait l'objet d'études et d'analyses comparées pour en tirer des enseignements extrapolables à une échelle régionale. A la suite de l'Atelier du Réseau de Recherche sur la Résistance à la Sécheresse (R3S) tenu en 1987 à Ouagadougou (Burkina Faso), des chercheurs de diverses institutions africaines et européennes, conscients de cette lacune, ont exprimé le souhait de mener une recherche fédérative

sur le thème des bas-fonds au Sahel.

Les bas-fonds, objets de cette recherche, ont été définis comme des fonds plats ou concaves des vallons et des axes d'écoulement déprimés, ne possédant pas de cours d'eau important bien marqué, submergés pendant une période de l'année par une nappe d'eau qui s'écoule. Les sols sont d'origine colluviale. Le bassin versant a une superficie variant de 1 à 200 km². Les parcelles appartiennent au même village ou à quelques villages voisins. Les aménagements de régulation de l'eau relèvent d'investissements financiers faibles ou moyens. Ils peuvent être réalisés avec une forte participation paysanne. Leur gestion est compatible avec l'organisation sociale existante.

La recherche a été exécutées par plusieurs organismes européens (CIRAD, FSAGX, ORSTOM, UAW) et africains (CIEH, IER, INERA, ISRA) avec l'aide de la Commission des Communautés Européennes.

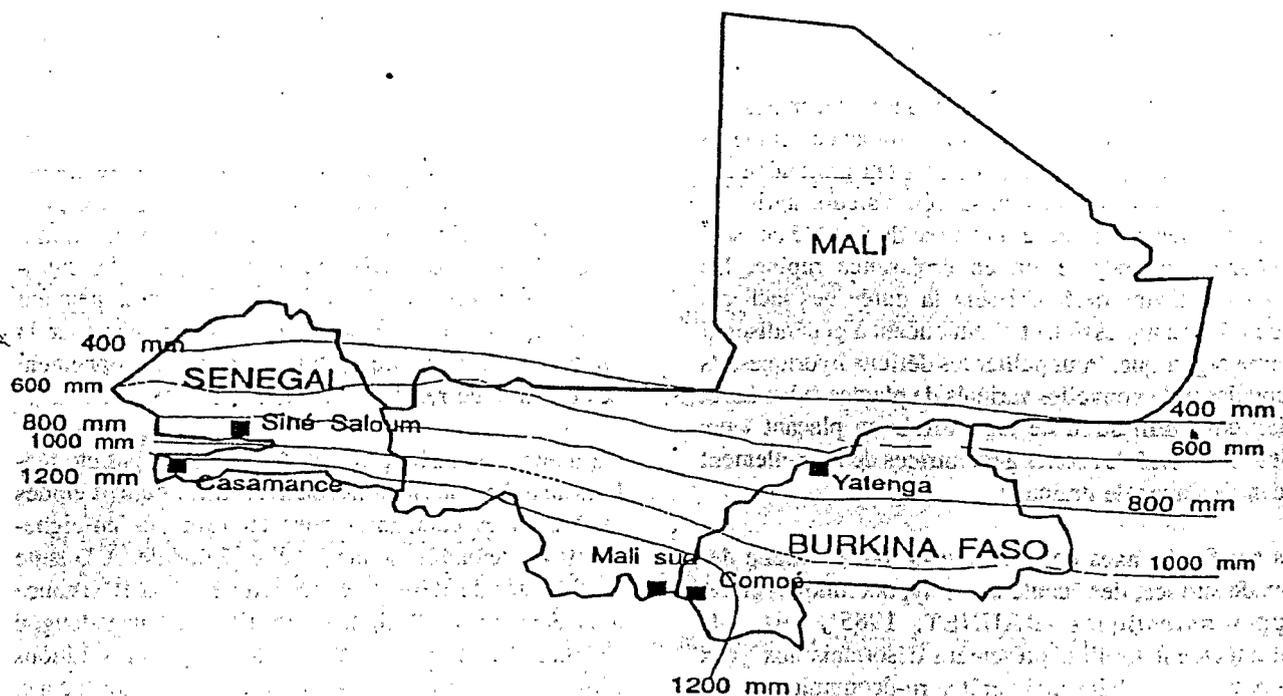
Ce programme de recherche pour la mise en valeur des bas-fonds en Afrique de l'Ouest a limité son champ d'étude à la zone climatique à une seule saison des pluies entre les isohyètes 600 mm et 1600 mm. Cinq sites pilotes, couvrant cette zone climatique, ont été choisis sur deux grands ensembles géologiques : les formations cristallines (granites, gneiss et migmatites) du vieux bouclier pénéplané ouest-africain, dont l'altitude dépasse rarement 500 mètres, et les formations sédimentaires marines du bassin sénégal-mauritanien dont l'altitude est inférieure à 100 mètres.

LA PLACE DES BAS-FONDS DANS LE PAYSAGE OUEST-AFRICAIN

Les bas-fonds occupent une place limitée au sein des paysages africains : 5 à 10% des surfaces étudiées par télédétection. La zonation climatique, définie dans le chapitre consacré à la typologie des bas-fonds, fixe bien leurs principales caractéristiques et celles de leur environnement.

Au nord de l'isohyète 600 mm, les sols des versants et des plateaux sont de type ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés, très pauvres en matière organique, en azote et en bases échangeables. Leur couvert végétal est constitué d'une steppe à épineux au recouvrement discontinu laissant apparaître des surfaces nues de plus en plus étendues au fur et à mesure que l'on remonte vers le nord sous des pluviométries de plus en plus faibles. La culture vivrière est essentiellement celle du mil. Elle est pratiquée sur les sols sableux éoliens qui recouvrent une partie des versants et les plateaux. L'élevage prend une place importante dans le système de production traditionnel. Il est l'apanage d'ethnies mobiles ou semi-sédentaires, migrant avec leurs troupeaux en période de transhumance. Dans ce milieu semi-aride, les bas-fonds sont des lieux privilégiés où se concentrent les eaux de ruissellement en saison des pluies, où la recharge des nappes aquifères est importante et atteint plus de 3 fois celle des versants les mieux alimentés, mais ne suffit pas toujours à satisfaire les besoins en eau potable des

Figure 1 : Situation climatique des projets pilotes, isohyètes 1920-1970 (ALBERGEL, 1992).



populations pendant toute la saison sèche qui s'étend sur plus de 8 mois (d'octobre à juin). L'actuelle période de sécheresse, qui dure depuis plus de 20 ans en Afrique de l'Ouest, aggrave la situation des régions les moins favorisées. Autrefois réservés à l'élevage, les bas-fonds de cette zone climatique sont de plus en plus mis en culture en saison des pluies. Le sorgho y est la culture la plus répandue là où les sols ne sont pas trop engorgés et là où il peut bénéficier d'une assistance de la nappe aquifère en fin de cycle. En saison sèche, le maraîchage est pratiqué dans des petits jardins enclos de fascines et irrigués à partir de puisards creusés dans les bas-fonds.

Entre les isohyètes 600 mm et 1000 mm, les sols des versants sont de type ferrugineux tropicaux peu lessivés à lessivés. Ils supportent une végétation de savane herbacée, qui devient de plus en plus couvrante et abondante au fur et à mesure que la pluviométrie annuelle s'accroît et sur laquelle les paysans pratiquent les feux de brousse depuis des temps immémoriaux. Les principales cultures vivrières sont le mil et le sorgho pratiqués sur des sols plutôt sableux. L'élevage prend une place limitée à la transhumance de saison sèche dans le système agricole traditionnel. Les bas-fonds de cette région présentent à peu près les mêmes caractéristiques morpho-pédologiques que ceux des zones plus sèches. Leurs sols sont sablo-argileux sur matériaux colluvio-alluviaux dans les parties amont des bas-fonds. Ils deviennent très argileux, hydromorphes à pseudo-gley dans les parties aval. Les parties centrales des bas-fonds sont fréquemment utilisées pour la culture du riz bien que celle-ci soit très aléatoire pour une pluviométrie inférieure à 1000 mm. L'écoulement des marigots est essentiellement alimenté par les ruissellements qui provoquent des écoulements brefs et intermittents d'autant plus violents que la proportion des surfaces de bassins versants mises en culture sans protection particulière des sols est importante. Le maïs complète, en marge du bas-fond, la riziculture en saison des pluies. En saison sèche, le maraîchage est pratiqué à proximité des villes et des villages lorsque les réserves en eau sont suffisantes en surface ou en profondeur.

Entre les isohyètes 1000 mm et 1200 mm les sols des versants sont de type ferrugineux tropicaux lessivés et sont associés à des sols ferrallitiques moyennement désaturés. D'une manière générale, ces sols sont très pauvres en matière organique et en éléments nutritifs. La couverture végétale, de type savane arbustive et arborée, est continue et abondante. Des forêts galeries se développent le long des principales rivières. Elles offrent, il n'y a pas si longtemps, des niches privilégiées pour les simules responsables de la transmission de l'onchocercose, maladie appelée aussi «cécité des rivières». Les sols des bas-fonds de cette zone climatique sont limono-argilo-sableux dans les parties amont, argilo-sableux à sableux dans les parties aval. Leur hétérogénéité texturale est une de leurs principales caractéristiques.

Leur fertilité chimique et organique y est meilleure que sur les versants. Ils sont moyennement riches en calcium et magnésium mais restent pauvres en matière organique et en azote, très pauvres en sodium et potassium. En cultures vivrières, le mil et le sorgho sont pratiqués sur les versants, le riz est cultivé dans la majeure partie des bas-fonds où il est associé au maraîchage, à l'arboriculture et au maïs. Les marigots sont alimentés dès le mois d'août, quand les bassins versants sont assez grands (de superficie supérieure à 5 km²), par les écoulements souterrains le long des versants qui provoquent des suintements en marge des bas-fonds par l'affleurement des nappes aquifères. Cette alimentation latérale des bas-fonds en eaux souterraines provoque également une lixiviation des sols dans les bas-versants où ils deviennent très sableux, hydromorphes de couleur grise. La part de l'écoulement souterrain dans l'alimentation en eau de ces marigots dépasse 40 % des apports annuels.

Au dessus de l'isohyète 1200 mm, le milieu naturel ressemble beaucoup à celui de la zone climatique décrite précédemment. Nous nous sommes intéressés plus particulièrement dans cette climatologie aux régions proches de l'océan Atlantique et aux bas-fonds estuariens soumis à l'influence des marées. La région étudiée, la Casamance, était, avant la période de sécheresse actuelle, le grenier à riz du Sénégal. Dans cette région, les plateaux et les versants sont occupés par une forêt sèche que les paysans ont tendance à couper pour pratiquer la culture du sorgho, de l'arachide et du manioc. Les bas-fonds peu salés sont cultivés en riz. Les bas-fonds soumis à l'influence de la marée sont caractérisés par des sols spécifiques appelés sols de mangrove qui se sont dégradés sous l'effet de l'exondation due à une baisse générale du niveau des nappes aquifères consécutive à la sécheresse des vingt dernières années. Cette catastrophe régionale a stérilisé une bonne partie des terres de bas-fonds anciennement cultivées en riz selon une technique traditionnelle très élaborée.

Les sols des bas-fonds de Casamance sont riches en matière organique et en azote dans l'horizon superficiel. Leur fertilité chimique est moyenne. L'eau des bas-fonds de Casamance provient en grande partie de l'écoulement souterrain le long des versants qui alimente des sources et des suintements sur les bas-versants, en marge des bas-fonds. Le ruissellement superficiel est très faible sur les versants et il n'apparaît que sur les zones engorgées des bas-fonds. En l'absence d'aménagement, le mouvement des marées commande l'enneigement et le déenneigement d'une partie des terres de bas-fonds en eaux douces et en eaux salées.

LES AVANTAGES DES BAS-FONDS OUEST AFRICAINS

Le principal avantage des bas-fonds est de concentrer les écoulements superficiels et souterrains favorisant ainsi leur mise en culture soit avec des variétés plus exigeantes en eau comme le sorgho et le riz dans les zones sahéliennes où la pluviométrie est inférieure à 600 mm, soit avec des variétés à cycle plus long et à plus fort rendement dans les régions les mieux arrosées. L'existence de nappes souterraines à faible profondeur dans les bas-fonds permet également le développement de l'arboriculture et de la culture maraîchère de contre-saison alimentée en eau à partir de puits peu profonds. Ils constituent donc, malgré leurs superficies très limitées, des terroirs marginaux privilégiés, lieux propices aux innovations et aux expérimentations paysannes. Ils présentent en outre l'avantage de sols relativement plus riches que les versants.

Une distinction très nette doit être faite ici entre la zone à pluviométrie annuelle inférieure à 1000 mm et la zone climatique à pluviométrie annuelle supérieure à 1000 mm. Dans la seconde, la culture du riz est pratiquée sans grands risques alors qu'elle reste aléatoire dans la première. Une intensification de la riziculture peut donc être raisonnablement envisagée sous une pluviométrie supérieure à 1000 mm. Elle ne peut être envisagée sans maîtrise totale de l'eau sous une pluviométrie inférieure à 1000 mm/an.

LES CONTRAINTES NATURELLES A LA MISE EN VALEUR AGRICOLE DES BAS-FONDS

Les contraintes naturelles à la mise en valeur agricole des bas-fonds d'Afrique de l'Ouest sont bien identifiées.

En zone sahélienne à pluviométrie inférieure à 1000 mm/an, les fortes crues couplées avec une pente assez forte du bas-fond, de l'ordre de 2 à 5 mètres par kilomètre, conduisent à des vitesses supérieures à 0,6 m/s, qui provoquent en début de saison des pluies l'arrachage des jeunes plants de riz ou de sorgho et, en fin de saison, leur verse.

En zones soudanienne et guinéenne, pour des pluviométries annuelles supérieures à 1000 mm, des averses successives sur plusieurs jours peuvent submerger les cultures implantées dans les zones basses et les asphyxier. Le riz et le sorgho sont des plantes résistantes à la submersion quand elle est inférieure à 3 jours. Au delà les dégâts peuvent être irréversibles. L'excès d'eau peut donc être fatal aux plantes cultivées mais l'insuffisance des pluies peut être tout aussi préjudiciable aux récoltes. En début de cycle végétatif, la jeune plantule a des besoins en eau extrêmement limités et les chutes de pluie satisfont généralement ceux-ci.

Lorsque la plante est en phase de tallage, elle devient très sensible au stress hydrique, mais là encore, les besoins en eau étant limités et la probabilité d'occurrence des pluies assez forte, les risques de stress sont assez faibles. Par contre, en fin de cycle, pendant les phases de floraison et de maturation, les besoins en eau des plantes deviennent élevés, supérieurs puis légèrement inférieurs à l'ETP et les risques de stress hydrique sont importants, d'autant plus importants que la pluviométrie annuelle moyenne est faible et que la plante cultivée dans le bas-fond provient d'une zone climatique plus humide.

En zone semi-aride, l'absence de pluies se traduit par l'absence de crues qui complètent ordinairement l'alimentation hydrique des cultures de bas-fonds. En zone soudanienne, la faiblesse des pluies se traduit par un tarissement précoce des écoulements dans le bas-fond et une baisse rapide des niveaux des nappes aquifères d'autant plus préjudiciable aux cultures que le sol est plus sableux.

Une mention spéciale doit être faite pour la Casamance où la contrainte principale à la mise en valeur agricole est due à la sursature des sols de bas-fonds et à leur toxicité par acidification très rapide et très poussée, consécutive à la longue sécheresse relative qui sévit depuis une vingtaine d'années en Afrique de l'Ouest. Cette sécheresse a provoqué une baisse généralisée des nappes aquifères en basse Casamance, l'exondation des sols de mangrove et leur hyper-acidification ; elle a facilité la pénétration des eaux salées dans les nappes aquifères des bas-fonds sous l'influence des marées et stérilisé les sols les plus exposés.

A ces contraintes hydro-pédologiques, on peut ajouter une contrainte qui apparaît générale dans toute l'Afrique de l'Ouest et qui concerne la croissance rapide des mauvaises herbes sur les terres cultivées dans les bas-fonds. Cette contrainte est un facteur limitant extrêmement important pour la mise en valeur agricole des bas-fonds car elle entraîne un surcroît de travail pour les agriculteurs et parfois l'abandon des parcelles les plus enherbées. La durée du désherbage d'une parcelle de 0,25 ha est de l'ordre de 6 jours, mais peut varier entre 3 et 13 jours pour une personne. Elle se traduit par un coût de production plus élevé en main d'œuvre pour les cultures de bas-fonds que pour les cultures de terres hautes.

LES CONTRAINTES HUMAINES A LA MISE EN VALEUR AGRICOLE DES BAS-FONDS

Les contraintes humaines à la mise en valeur agricole des bas-fonds de l'Afrique de l'Ouest sont tout aussi nombreuses et importantes que les contraintes liées au milieu naturel. Pour des raisons diverses, la culture des bas-fonds tient une place marginale dans les systèmes de culture ouest-africains, mais croissante quand on se

déplace du nord au sud, des régions à faible pluviosité vers les régions plus arrosées. Cette marginalité se traduit par une forte proportion de main d'oeuvre féminine pour l'exploitation des terres de bas-fonds et une faible proportion des terres cultivées situées dans cette partie du terroir. Cette situation s'explique par la stratégie paysanne ouest-africain qui vise à minimiser les risques et optimiser l'investissement humain, que l'on peut comptabiliser en journées de travail. L'exploitation d'une parcelle de riz de superficie égale à 0,25 ha requiert environ 72 jours de travail dans le Yatenga, 50 dans la Comoé et le Sud du Mali, 92 en Casamance. A titre de comparaison, une parcelle de sorgho de même superficie ne requiert que 30 jours de travail au Yatenga, et plus généralement une culture pluviale nécessite moins de 40 jours de travail pour une superficie de 0,25 ha. Si, de surcroît, les paysans ont la possibilité de pratiquer sur les terres hautes des cultures de rente comme l'arachide au Sénégal et le coton au Burkina Faso et au Mali, on comprend assez facilement le peu d'intérêt offert par les cultures d'hivernage dans les bas-fonds. Cette partie du terroir retrouve un certain intérêt lorsque les paysans peuvent y pratiquer des cultures maraîchères et fruitières. Le cas le plus frappant est représenté par les bas-fonds situés au sud du Mali où les paysans vont jusqu'à couper le riz en herbe, lorsqu'il est trop tardif, pour le remplacer par la culture des pommes de terre, dont la commercialisation leur rapporte de substantiels profits. Ils ont d'ailleurs mis au point une technique de plantation des tubercules de pommes de terre tout à fait originale en utilisant les yeux des tubercules de manière à profiter au maximum du petit nombre de tubercules de semence.

Une autre contrainte importante à la mise en valeur des bas-fonds est relative au régime foncier. Les paysans africains sont rarement propriétaires du sol au sens occidental du terme. Ils en ont le plus souvent l'usufruit avec des contraintes d'autant plus fortes qu'ils se trouvent au bout de la chaîne des prêts successifs que les paysans africains ont l'habitude de s'octroyer. Moussa OUEDRAOGO (1991) a mis en évidence, au Yatenga, trois modes d'appropriation des sols :

- * L'appropriation par antériorité,
- * L'appropriation par conquête,
- * L'appropriation par occupation prolongée.

Le dernier exploitant doit se référer aux maîtres de la terre pour modifier la gestion de sa parcelle, celle-ci lui ayant été octroyée pour un usage bien précis sans qu'il soit possible de le modifier.

LES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRIcoles, SOLUTIONS A LA LEVEE DES CONTRAINTES NATURELLES

Afin de lever les contraintes naturelles liées à la mise

en valeur des bas-fonds, un grand nombre de solutions techniques sont proposées. Toutes ces solutions visent à la maîtrise plus ou moins complète de l'eau. Les ouvrages les plus simples, digues filtrantes en zone sahélienne, digues en terre pour la zone soudanienne et guinéenne, ne fournissent qu'un premier niveau de sécurisation, l'alimentation hydrique des cultures restant dépendante des conditions climatiques et pédologiques locales.

La digue filtrante permet toutefois de minimiser les risques d'arrachage et de verse. La diguette en terre permet de maintenir assez longtemps un niveau d'eau suffisant à l'alimentation hydrique du riz lorsque les sols ne sont pas trop filtrants et les pluies assez abondantes.

Les ouvrages un peu plus élaborés : barrage demi-souterrain avec digue déversante, micro-barrage avec batardeaux, aménagements avec collecteur central, ouvrages de répartition et barrage anti-sel, sont des aménagements un peu plus coûteux mais ils assurent une plus grande sécurisation dans l'alimentation hydrique des cultures et une meilleure protection contre les crues. Ces ouvrages nécessitent des études préalables assez approfondies et une bonne technicité hydraulique pour le contrôle des niveaux d'eau.

Les ouvrages les plus élaborés font intervenir des ouvrages de stockage plus importants avec système de répartition de l'eau par des canaux d'irrigation et des ouvrages de protection contre les crues. Ces ouvrages sont beaucoup plus coûteux à l'hectare, nécessitent des études très approfondies, une bonne technicité hydraulique des agriculteurs et une bonne organisation sociale pour le contrôle des niveaux d'eau sur l'ensemble du périmètre irrigué, l'entretien des ouvrages hydrauliques et le suivi de leur exploitation.

Les ouvrages étudiés dans le cadre de ce programme, financé par la CCE, sont des ouvrages appartenant au premier et second groupe. Les ouvrages les plus petits ne sont pas forcément les moins coûteux, si on les rapporte à la surface sécurisée par l'aménagement. Le coût total de la digue filtrante de Bidi, au Yatenga, a été évalué à 650.000 CFA par hectare, celui du barrage demi-souterrain de Kambo à 800.000 CFA par hectare. Ils offrent cependant le gros avantage d'être réalisables dans des délais raisonnables avec la main d'oeuvre locale qui contribue pour 50% au financement total de l'ouvrage par le biais d'un investissement en temps de travail. Pour les ouvrages plus importants tels que Moadougou ou le micro-barrage de Gourga, les études préliminaires doivent être très approfondies et devraient permettre, avec les techniques actuelles de modélisation des écoulements (superficiels et souterrains) et du bilan hydrique des sols, d'évaluer le degré de sécurisation des cultures, de fixer les normes d'une gestion rationnelle de ces ouvrages en évaluant les gains réels dus aux aménagements.

LES TECHNIQUES CULTURALES, L'AIDE AU DEVELOPPEMENT ET LA VALORISATION DES TRAVAUX AGRICOLES, SOLUTIONS A LA LEVEE DES CONTRAINTES HUMAINES

S'il existe un certain nombre de recettes techniques et d'outils bien affûtés pour lever les contraintes imposées par le milieu naturel, il en existe bien pour lever les contraintes créées par l'homme lui-même. En la circonstance, le hasard, la conjoncture ou l'arbitraire se mêlent avec aisance.

En ce qui concerne les techniques culturales, celles-ci sont bien connues et ont fait leurs preuves ailleurs qu'en Afrique. Elles font appel au labour, à la fumure organique et minérale, à l'utilisation des herbicides pour la lutte contre l'enherbement. En Afrique, l'introduction de ces techniques se heurte à un problème économique. Elles sont utilisées avec succès dans les cultures commercia-

les : arachide ou coton et sur les cultures maraîchères : pommes de terre, patates douces, oignons ou pour d'autres cultures suffisamment rémunératrices. Sur les cultures vivrières, les revenus tirés de la vente de la production ne permettent pas actuellement l'utilisation d'intrants et d'herbicides. Les cours mondiaux du riz, artificiellement bas, n'autorisent pas non plus l'utilisation d'intrants et d'herbicides qui sont indispensables à l'intensification et pourraient permettre de rentabiliser le surcoût en main d'oeuvre et d'amortir les investissements financiers mobilisés pour la réalisation des aménagements. D'autre part, l'utilisation d'intrants nécessite une meilleure sécurisation de la production que seuls les aménagements hydro-agricoles sont susceptibles de fournir dans les bas-fonds.

L'aide au développement permet la réalisation d'aménagements qui peuvent être productifs et rentabilisés à long terme sous certaines conditions, dont la première passe par une étude préalable sérieuse et honnête prenant en compte non seulement les contraintes naturelles

mais aussi les contraintes humaines : contraintes financières et contraintes d'exploitation. Bien peu d'aménagements tiennent compte de la nécessité pour les paysans de limiter leurs pertes en répartissant leurs parcelles en fonction des risques encourus ; bien peu d'aménagements sont conçus pour satisfaire les besoins des usagers. Ils sont plus souvent conçus pour réduire les coûts de construction et tiennent peu compte des contraintes d'exploitation.

LES ACQUIS SCIENTIFIQUES DU PROGRAMME

Les acquis scientifiques du programme de recherche pour la mise en valeur des bas-fonds en Afrique de l'Ouest, en plus des connaissances relatives à ces milieux et à leur fonctionnement, sont :

- la mise au point de nouveaux appareils de mesure,
- la mise au point d'outils de diagnostic pour l'aménagement des bas-fonds,
- la mise au point d'outils de gestion de l'eau dans les bas-fonds,
- la réalisation d'une typologie hydro-agricole des bas-fonds.

Les nouveaux appareils conçus dans le cadre de ce programme sont au nombre de trois : un simulateur de pluie, un enregistreur hydrologique multicapteurs et une centrale d'acquisition des paramètres chimiques du sol.

Les outils de diagnostic sont au nombre de quatre : une chaîne de traitement des données satellitaires (mise au point à Gembloux), une méthode expert pour l'estimation des apports et des crues dans les petits bas-fonds de la basse Casamance, une méthode de simulation des bilans hydriques des sols des bas-fonds couplant la modélisation hydrologique et celle des bilans hydriques des plantes cultivées et une typologie générale des bas-fonds d'Afrique de l'Ouest orientée vers la valorisation agricole.