

Aménagement paysan des terres et réduction du ruissellement dans les savanes africaines

Jacques Gigou^{1,5}
Kalifa Traoré²
François Giraudy³
Harouna Coulibaly²
Bougouna Sogoba⁴
Mamadou Doumbia²

¹ Centre de coopération internationale
en recherche agronomique
pour le développement (Cirad),
UMR G-Eau « Gestion de l'eau, acteurs,
usages »,
TA 60/02
34398 Montpellier cedex 5

² Institut d'économie rurale (IER),
Laboratoire Sol-Eau-Plante,
Sotuba,
BP 438,
Bamako
Mali
<tkalifa@hotmail.com>
<hscoulibaly@yahoo.fr>
<Madu.Doumbia@ier.ml>

³ Dagriss (Développement des agro-industries
du Sud),
13, rue Monceau,
75008 Paris
<Fgiraudy@club-internet.fr>

⁴ Association malienne d'éveil
au développement durable (AMEDD),
BP 212,
Koutiala
<bsogoba@hotmail.com>

⁵ Centre de recherches agronomiques
de Bordo (CRAB),
IRAG,
BP 352,
Kankan
Guinée
<jacques.gigou@cirad.fr>

Résumé

Cet article décrit un type d'aménagement des terres en courbes de niveau réalisé à l'échelle du champ individuel, et dont l'objectif principal est de diminuer les pertes par ruissellement de l'eau des pluies, pour obtenir des augmentations des rendements immédiates. Ces résultats s'appliquent à la région cotonnière du Mali, du Burkina Faso et du Nord de la Côte d'Ivoire, où l'on pratique la culture attelée bovine, sur de longs glacis en pente douce. Le climat comporte une saison des pluies assez irrégulière, avec des épisodes de sécheresse et des épisodes d'excès d'eau. L'aménagement consiste à réaliser des ados de terre suivant les courbes de niveau, avec la charrue tractée par les bœufs, et à les conserver sous un enherbement permanent. Les cultures sont réalisées sur des billons qui suivent ces courbes de niveau : l'eau des pluies est retenue entre les billons, où elle s'infiltré, et l'excès d'eau s'écoule lentement aux extrémités du champ. L'infiltration supplémentaire est d'environ 10 % du total des pluies. L'augmentation des rendements est d'environ 30 %, et plus les années sèches. Les variations interannuelles des rendements sont réduites. La réalisation de l'aménagement, avec les moyens de l'exploitation, est peu coûteuse, si bien que l'aménagement est très rentable pour le paysan. Cependant, un appui technique extérieur est nécessaire pour le piquetage des courbes du niveau. Une organisation non gouvernementale (ONG) de Koutiala propose localement ce service pour un prix modeste, mais elle ne peut satisfaire la demande. La promotion de cette méthode d'aménagement, par des associations professionnelles ou des ONG, permettrait de réduire les risques et d'augmenter la capacité de production des agriculteurs.

Mots clés : coton ; Mali ; Burkina Faso ; Côte d'Ivoire ; savane ; ruissellement ; rendement ; capacité de production ; organisation non gouvernementale ; culture en courbe de niveau ; sécheresse ; intensification.

Thèmes : productions végétales ; eau.

Abstract

Farmer-led contour ridging can reduce water runoff in African savannahs

This article describes an alternative approach to land management using contours which was put into practice on an individual field scale. The main aim of the trial was to conserve rainwater in order to produce an immediate increase in yield. The results apply to the cotton-growing regions of Mali, Burkina Faso, and Northern Côte d'Ivoire where oxen are used for animal traction on gently sloping banks. The climate has a variable rainy season with periods of drought and periods of excess water. The practice involves creating earthen ridges along the contours using an ox-drawn plough. These are maintained with a permanent grass cover. Crops are grown on ridges that follow the contours. The rainwater is kept on the field between the ridges, where it filters into the soil. The excess water drains away slowly to the ends of the field. The additional water infiltration is equivalent to about 10% of the total rainfall. The yield increase is around 30% and higher in dry years. This practice reduces annual yield variations. Managing the land in this way, using the available means on the farm, is inexpensive, so much so that the system is very profitable for farmers. However, external help is needed for marking out the contours. This service is provided by an NGO from Koutiala at a modest price. However, the NGO is unable to

Tirés à part : J. Gigou

meet the demand. The promotion of this method of land management, *via* farmers associations and NGOs, would help farmers increase their production capacity.

Key words: cotton; Mali; Burkina; Côte d'Ivoire; savannas; runoff; yields; production capacity; nongovernmental organizations; contour cultivation; drought; intensification.

Subjects: vegetal productions; water.

Caractéristiques de la région d'étude

La région cotonnière du sud du Mali, du sud du Burkina et du nord de la Côte d'Ivoire

Un grand bassin de production du coton s'étend sur le sud du Mali, le sud du Burkina Faso et le nord de la Côte d'Ivoire, avec des méthodes de culture semblables. Depuis 40 ans, les agriculteurs produisent du coton en culture attelée. Une partie des terres cultivées est passée progressivement en culture permanente, sans remise en jachère [5]. La région est formée de glacis emboîtés en pente faible (*figure 1*).

L'excès de ruissellement handicape l'agriculture des savanes soudaniennes, en raison d'une part de l'érosion qui diminue la fertilité des terres et, d'autre part, des pertes en eau qui réduisent l'alimentation hydrique des cultures.

La lutte contre l'érosion par l'aménagement en courbes de niveau a été entreprise par de nombreux projets. Au Burkina Faso, des grands projets d'aménagement ont couvert des bassins-versants entiers, avec des aménagements réalisés d'abord avec des moyens mécaniques puissants, puis avec l'utilisation de préférence de la main-d'œuvre [1]. Mais ces aménagements n'ont eu qu'un succès limité car les agriculteurs ne les ont pas entretenus. Au Mali, un projet a fait de nombreux cordons pierreux en courbe de niveau, réalisés sous forme de travaux collectifs villageois. Là aussi, l'adoption

de cette méthode a été limitée [2]. Ce projet s'est alors orienté vers la vulgarisation de méthodes diversifiées de « maintien du potentiel productif », incluant les haies vives, les fourrages, l'agroforesterie, etc., parmi lesquelles les agriculteurs ont préféré les mesures individuelles [3].

Nous avons utilisé une autre approche de l'aménagement en courbes de niveau. D'abord, nous nous focalisons sur la conservation de l'eau des pluies qui induit des augmentations immédiates du rendement [4]. Ensuite, nous proposons des aménagements à l'échelle du champ, ce qui est possible dans ces régions où les pentes générales sont faibles. Nous allons exposer les effets de ces aménagements sur la réduction du ruissellement, sur les rendements des cultures et sur l'économie de l'exploitation. Nous examinerons ensuite les freins à la diffusion de cette méthode.

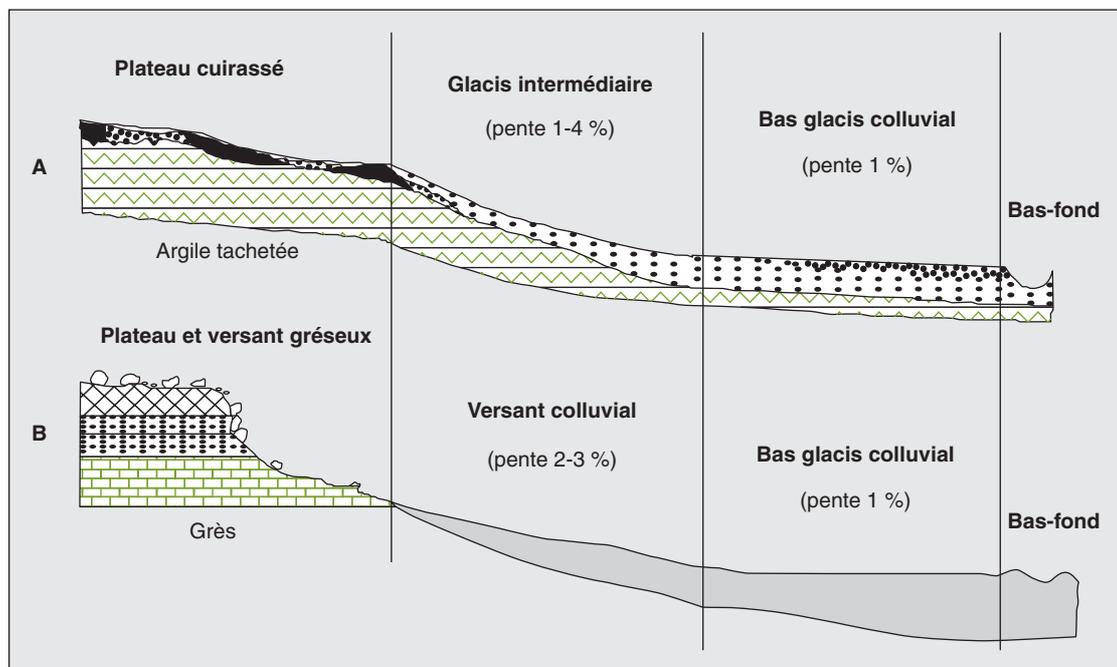


Figure 1. Deux toposéquences fréquentes sur grès au Mali. Les agriculteurs cultivent surtout les colluviums (d'après [6, 7]).

Figure 1. Two soil catenas common on sandstone in Mali. Farmers use mainly the colluvium (from [6, 7]).

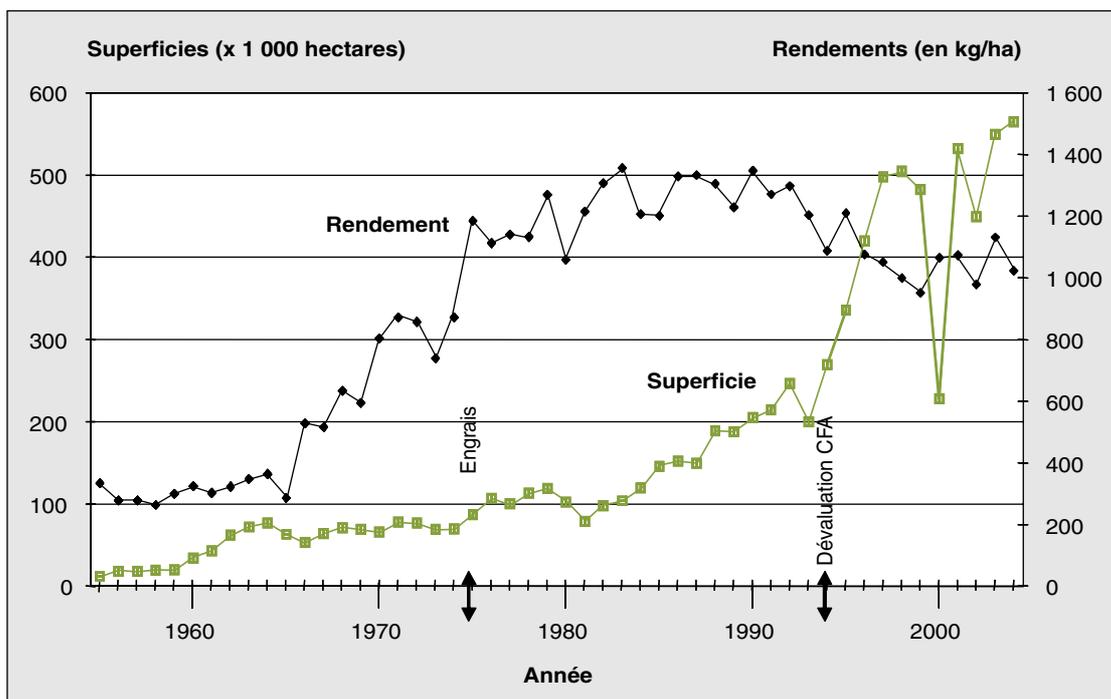


Figure 2. Rendement et superficie du cotonnier au Mali (d'après [9]).

Figure 2. Evolution of yield and cropped area in Mali (from [9]).

Au Mali, le cotonnier couvre environ 30 % des terres cultivées tandis que 60 % des terres sont réservées aux céréales (maïs, mil, sorgho). La production de coton a augmenté depuis 1960, par l'augmentation des rendements dans les années 1970-1980, en réponse à l'utilisation des intrants, puis par l'augmentation des surfaces dans les années 1990-2000 (figure 2). En effet, les investissements pour augmenter les surfaces cultivées, par la culture attelée, étaient plus rentables que les investissements pour augmenter les rendements [8]. La diminution des rendements dans les années 1990-2000 est certainement surestimée, en raison de biais dans les déclarations des surfaces par les exploitants : d'abord par défaut pour rester dans les limites autorisées par la Compagnie malienne pour le développement des textiles (CMDT), puis par excès pour recevoir davantage d'engrais à crédit. Malgré cela, il est clair que, depuis 1980, les rendements n'augmentent plus : cela reflète certainement l'absence de propositions nouvelles de techniques de cultures rentables et adaptées au milieu [9].

La pluviométrie et sa variabilité

La pluviométrie annuelle moyenne varie du nord au sud de 700 à 1 100 mm, mais il existe de grandes variations interannuelles (figure 3). Ainsi, entre 1960 et 2002, la pluviométrie annuelle de Konobougou, village situé entre Bamako et Ségou, a varié entre 523 mm en 1989 et 1 120 mm en 1999, pour une moyenne de 770 mm. En conséquence, certaines années, la pluie est insuffisante pour une bonne croissance des cultures.

Au cours de la saison des pluies, les cultures risquent de souffrir successivement de manque d'eau au début, puis d'excès d'eau en août, puis à nouveau de manque d'eau en fin de saison. La période de pluies irrégulières en début de saison des pluies est longue [10] : le semis des mils et sorghos traditionnels peut être étalé sur toute cette période, sans conséquence sur la date de floraison en fin de saison, parce que ces variétés sont photopériodiques [11].

Les périodes d'excès de pluie entraînent l'engorgement du sol : l'excès d'eau doit être évacué en ruisselant doucement. Les

cultures sur billons supportent mieux ces excès d'eau.

La technique de culture en courbes de niveau

L'aménagement que nous avons proposé [12] est conçu à l'échelle du champ. Aussi l'eau qui ruisselle depuis l'amont doit être collectée dans un fossé en pente douce (0,3 à 0,5 %) et conduite vers un exutoire naturel (figure 4). En raison des pentes faibles, il suffit d'une petite bande enherbée de chaque côté de cet exutoire pour éviter les risques d'érosion.

Les courbes de niveau sont piquetées directement dans le champ. L'agriculteur construit les ados de niveau, suivant les piquets, en faisant 2 à 5 passages aller-retour avec sa charrue à boeufs (figure 4). Les ados sont couverts d'une végétation spontanée ou plantée (*Andropogon gayanus*, etc.) et marquent ainsi les courbes de niveau de façon permanente.

Les agriculteurs font leurs cultures sur des billons, en suivant les ados permanents.

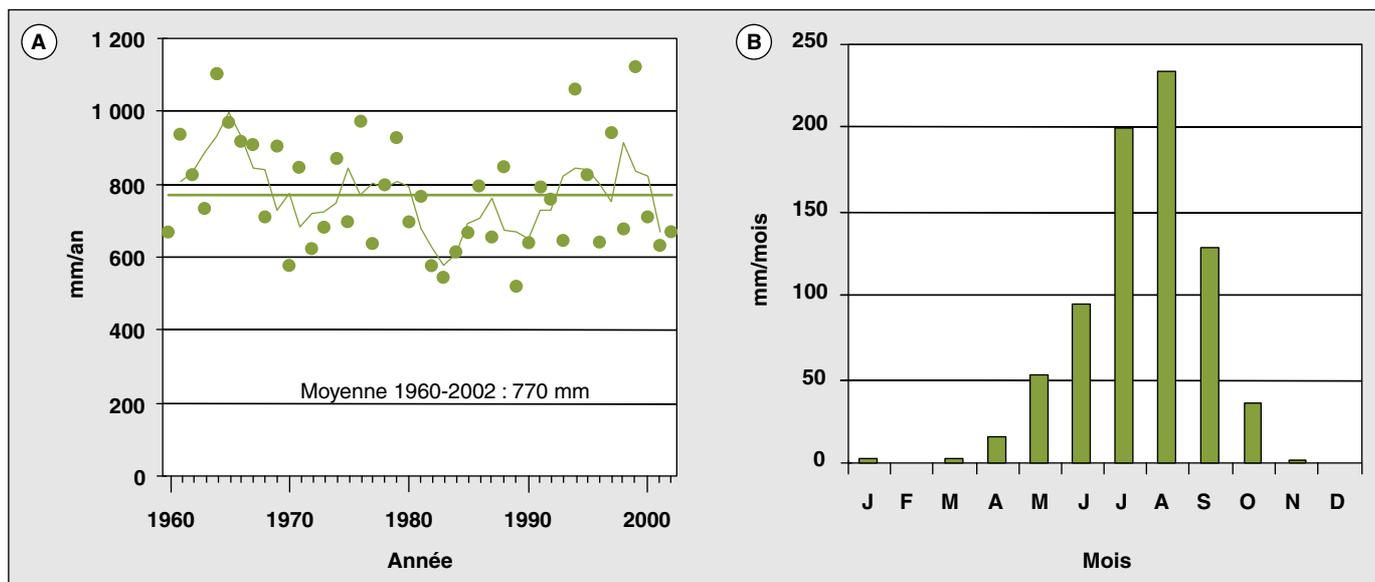


Figure 3. Variabilité des pluies à Konobougou. A) années ; B) moyennes mensuelles.

Figure 3. Rainfall variability at Konobougou. A) Annual rainfall ; B) Monthly rainfall.

Chaque sillon interbillons devient un réservoir qui force une infiltration maximum. Les billons restent ouverts aux extrémités du champ afin que l'excès d'eau puisse s'évacuer lentement. Ce sont normalement les billons qui retiennent l'eau.

Impact sur l'érosion et le ruissellement

L'érosion, malgré des pentes générales faibles, peut être gênante dans certaines

parties de la toposéquence (figure 1). Les sédiments tendent à se déposer sur les glacis colluviaux. Au total, les pertes en terres sont faibles à la sortie des bassins-versants [13] et la charge en sédiments dans le Niger et le Bani est modeste [14]. Nous n'avons pas mesuré l'érosion, mais nous avons observé, après l'aménagement des champs, la fixation des petites ravines par de l'herbe spontanée.

Nous avons mesuré le ruissellement sur des parcelles de 70 m², correspondant à la surface entre deux billons voisins (distants de 0,70 m) sur une longueur de 100 m, en recueillant et mesurant 1/10^e de l'eau ruisselée. Des résultats sont dis-

ponibles pour trois années (tableau 1). Le ruissellement se produit surtout pendant les fortes averses, et il varie donc suivant les années [6]. L'année 1996 a été une année à très fort ruissellement en raison de la formation d'une croûte superficielle imperméable sous l'effet de fortes pluies peu après le semis.

Sans courbes de niveau, le ruissellement varie de 25 % à 55 %. Les courbes de niveau permettent de réduire le ruissellement d'environ 10 % de la pluviométrie totale annuelle, ce qui permet d'améliorer la nutrition hydrique des cultures. Affholder [15] a montré, dans des conditions climatiques comparables, que la diminu-

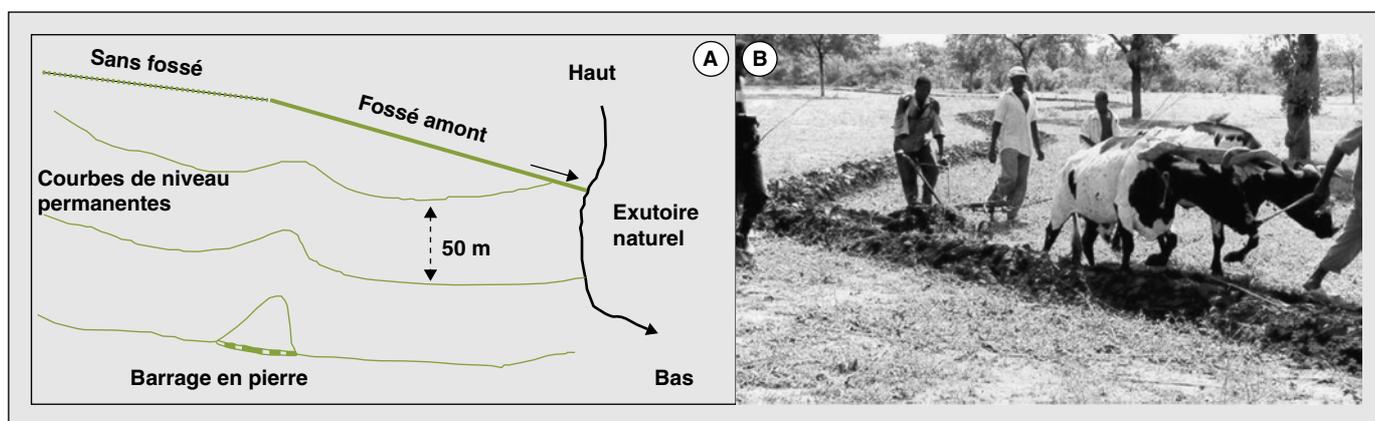


Figure 4. A) disposition des courbes de niveau dans un champ individuel ; B) construction des ados de niveau (d'après [12]).

Figure 4. A) Drawing contour lines in an individual field ; B) Building the ridge on the contour line (from [12]).

Tableau 1. Diminution du ruissellement par la culture en courbes de niveau (pente 1-2 %).

Table 1. Diminution of water runoff by contour cultivation. Slope 1-2%.

Année	1995		1996		2002	
	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans
Courbes de niveau	630 mm		633 mm		663 mm	
Pluviométrie	630 mm		633 mm		663 mm	
Haut de pente	21 % Δ = 64 mm	31 %	40 % Δ = 97 mm	55 %	26 % Δ = 48 mm	33 %
Bas de pente	14 % Δ = 72 mm	25 %	40 % Δ = 42 mm	47 %	20 % Δ = 45 mm	26 %

Δ = mm d'eau retenus par les courbes de niveau ; % : part de la pluie annuelle perdue par ruissellement.

tion du ruissellement réduit aussi le risque de stress hydrique dommageable aux cultures.

Impact sur la productivité

L'effet des courbes de niveau sur l'alimentation en eau des plantes est évident pour l'agriculteur qui apporte souvent plus de

fumier et d'engrais dans les champs aménagés. Pour le quantifier, nous avons réalisé une expérimentation spécifique par un réseau d'essais de doses d'engrais, avec sur chaque site, deux essais : l'un au milieu du champ en courbes de niveau et l'autre dans une parcelle voisine non aménagée, mais cultivée de la même façon par le même agriculteur. La méthode de l'analyse de variance permet de tester la signification des différences de rendements observées.

L'augmentation des rendements a été variable suivant les cultures et les années

Tableau 2. Augmentation des rendements en céréales par les courbes de niveau (grain en kg/ha) (d'après [16]).

Table 2. Cereals yield increases by contour cultivation (grain as kg/ha) (from [16]).

Année	Maïs			Mil		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Nombre d'essais	2	10	6	3	5	7
Sans courbes de niveau	2 603	2 082 ^a	1 550 ^a	892	1 430	630 ^a
Avec courbes de niveau	3 599	2 836 ^b	2 088 ^b	1 128	1 453	1 008 ^b
% augmentation	38	36	35	27	2	60

a, b : les valeurs d'une même colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes à P = 0,05.

Tableau 3. Effets combinés des courbes de niveau et des engrais sur le cotonnier (12 essais).

Table 3. Combined effects of contour cultivation and fertilizers on cotton production (12 trials).

Courbes de niveau	Coton-graine en kg/ha			
	Sans	Avec	Effet	Effets combinés
Sans engrais	828	886	58	
Avec engrais	1 056	1 412	356	
Effet engrais	228	526		584

Avec engrais : 150 kg/ha ; NPK (14-22-12 + S+ B) + 50 kg/ha urée.

(tableau 2). L'effet sur le maïs, plante sensible aux manques d'eau, a été de 35-38 % pendant les trois années. Les variétés paysannes de mil utilisées, photopériodiques, fleurissent à la fin de la saison des pluies. La formation des grains dépend donc des dernières pluies et des réserves en eau du sol. En 1999, année très pluvieuse, les courbes de niveau n'ont pas eu d'effet sur le rendement du mil. *A contrario*, en 2000, les pluies de fin de cycle ont été très faibles (17 mm en septembre et 42 mm en octobre à Konobougou) et les courbes de niveau ont alors eu un effet spectaculaire, reflétant la meilleure conservation de l'eau. L'aménagement a diminué les variations du rendement du mil en fonction des années. L'eau n'est pas toujours le seul facteur limitant les rendements. Les rendements des cotonniers rapportés dans le tableau 3 illustrent le cas où l'aménagement (qui améliore l'alimentation hydrique) et les engrais doivent être combinés pour obtenir une augmentation sensible du rendement.

Rentabilité de l'aménagement

Les ados permanents sont installés avec les moyens des exploitations : charrue, paire de bœufs, conducteur d'attelage. Mais l'agriculteur a besoin d'un service extérieur pour le piquetage des courbes de niveau. Dans la région de Koutiala, une organisation non gouvernementale (ONG), l'Association malienne d'éveil au développement durable (AMEDD), propose ce service pour 5 000 F CFA/ha¹, somme suffisante pour couvrir les charges variables liées à cette intervention.

Le temps de travail de l'attelage est d'environ 2 heures par hectare.

Au total, le prix de revient pour l'exploitant ne dépasse pas 10 000 F CFA/ha, soit l'équivalent de 200 à 300 kilos de grains de céréales (environ 35-50 F CFA/kg à la récolte). Le plus souvent, l'investissement initial est remboursé par l'augmentation des rendements de céréales dès la première année. Comme les frais de culture ne sont pas augmentés, les augmentations de rendement ultérieures sont donc du bénéfice. De plus, l'aménagement en courbes de niveau peut améliorer l'utili-

¹ 1 euro = 655,96 F CFA.

sation des chaînes de culture attelée et de la main-d'œuvre, parce que le nombre de jours favorables au travail du sol et aux semis est augmenté.

Les courbes de niveau sont donc très rentables pour l'exploitant. Mais le financement initial pose un problème de crédit, qui n'est pas assuré par la filière cotonnière comme l'étaient les engrais ou le matériel de culture attelée. Les agriculteurs ont très peu de liquidités en fin de saison sèche, pour payer au comptant ces prestations. L'AMEDD a proposé, dans certains villages où elle avait des relais sûrs par les associations villageoises, un paiement différé en nature, à raison de 200 kilos de grains de maïs à la récolte.

Diffusion/appropriation de la technique

C'est l'agriculteur qui décide quels champs il veut aménager. Ce peut être un champ isolé de 1 ou 2 hectares, ou un groupe de champs voisins de 10 à 20 hectares ou plus. La coopération entre voisins est nécessaire uniquement dans les rares cas où il faut aménager un exutoire artificiel pour évacuer l'excès d'eau.

À l'intérieur de cette zone à aménager, on commence par le haut : d'abord le fossé à l'amont, quand il est nécessaire, puis les courbes de niveau du haut. La première année, on aménage une petite surface : 1 à 2 hectares. Les années suivantes, on aménage le reste de la zone, à raison de quelques hectares chaque année, en fonction de la capacité de travail de l'exploitation.

Un technicien fournit un conseil et le piquetage des courbes de niveau et des autres ouvrages (fossé amont, exutoire). Pour cela, un diagnostic de la situation des champs à aménager est établi sur le champ, avec l'agriculteur : y a-t-il vraiment du ruissellement et comment peut-on le contrôler ? Ensuite, un schéma global d'aménagement est discuté : choix des exutoires, fossé amont de collecte des eaux, étalement des travaux sur plusieurs années.

Le piquetage des courbes de niveau demande des moyens simples de topographie, par exemple un niveau de chantier. Des moyens de fortune, tel le « raccord » (tuyau plastique transparent rempli d'eau), peuvent aussi être utilisés, mais le travail est plus long. Le piquetage des

courbes de niveau est fait par le technicien directement sur le champ.

Pendant la première année, l'agriculteur a besoin d'un conseil pour la réalisation et l'entretien des ados et pour la réparation des cassures qui se produisent sur ces ados, non encore couverts d'une végétation permanente.

Ces aménagements individuels appartiennent aux agriculteurs, sans aucune ambiguïté : ils ont choisi les champs, fait le travail et même payé les prestations de service. En conséquence, ils les entretiennent avec soin. C'est très différent des aménagements collectifs, commandés et financés par des projets [3]. Il arrive cependant, parfois, que l'agriculteur ne réalise pas les ados, alors que les courbes de niveau ont déjà été piquetées. Si les premières pluies arrivent tard, il y a alors concurrence entre l'aménagement des ados et les travaux de mise en place des cultures.

Quand les ados ont été bien matérialisés sur le terrain, ils sont presque toujours soigneusement entretenus. Les rares exceptions ont concerné : i) des conflits fonciers : le propriétaire fait disparaître les ados réalisés par l'occupant précaire du champ, car ces ados constituent une marque d'appropriation durable ; ii) des conflits à l'intérieur de l'exploitation : le frère qui ne veut pas des courbes de niveau laboure en ligne droite sans tenir compte des ados et les fait disparaître.

Mais une partie des vulgarisateurs s'oppose à cette méthode, notamment parce qu'ils souhaitent que les lignes de semis soient droites et que les champs soient rectangulaires, afin que les surfaces emblavées soient plus faciles à évaluer.

Les agriculteurs disposent là d'une méthode simple, facilement appropriable et très rentable, et leur demande de nouveaux aménagements est forte. Ainsi, dans les villages voisins de Konobougou où ont été réalisées la plupart des expérimentations rapportées ci-dessus, pas moins de 108 exploitations ont demandé des aménagements en courbes de niveau. Face à cette demande, l'offre de prestations est réduite. L'AMEDD offre des prestations de service uniquement dans la région de Koutiala et dans la mesure où ses agents sont disponibles. Pour améliorer cette offre, il faudrait une action de formation et d'équipement en petit matériel de topographie en direction des nombreuses associations et ONG réparties dans toute la région.

Conclusion

L'aménagement des champs individuels permet de choisir les champs à aménager, et de commencer par les colluvions de bas de pente, si c'est le choix de l'agriculteur. On peut ainsi choisir les champs qui ont une bonne fertilité potentielle sur lesquels l'aménagement induit d'importantes augmentations de rendement. Des coopérations entre voisins restent nécessaires pour organiser la circulation de l'eau, pour organiser les chemins d'accès aux champs, etc.

L'agriculteur reste maître chez lui : il peut aménager ses champs à son rythme et gérer les champs aménagés en fonction de ses propres objectifs. Certains recherchent des rendements plus élevés alors que d'autres préfèrent augmenter les surfaces emblavées. Toutes ces voies d'évolution améliorent la gestion des exploitations et permettent d'obtenir des revenus plus stables et plus diversifiés.

L'aménagement est très rentable pour le paysan. La demande de nouveaux aménagements par les paysans est forte. Mais jusqu'à présent l'offre de prestations est insuffisante pour la satisfaire. ■

Références

1. Marchal JY. Vingt ans de lutte anti-érosive au nord du Burkina Faso. *Cah Orstom Ser Pédol* 1986 ; 22 : 173-80.
2. Hijkoop J, Van Der Pol F, Kaya B. *Une lutte de longue haleine... Aménagements anti-érosifs et gestion de terroir*. Bamako (Mali) ; Amsterdam : Institut d'économie rurale (IER) ; Koninklijk Instituut voor de Tropen (KIT, Royal Tropical Institute, 1991).
3. Giraudy F, Schrader T, Maïga A, Niang M. Enquête sur les techniques de maintien du potentiel productif. In : Ratnadass A, Chantereau J, Gigou J, eds. *Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre*. Atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho Icrisat-Cirad, 17-20 mars 1997, Bamako, Mali. Collection Colloques. Montpellier : Cirad-Ca, 1998.
4. Taonda SJB, Bertrand R, Dickey J, Morel JL, Sanon K. Dégradation des sols en agriculture minière au Burkina Faso. *Cah Agric* 1995 ; 4 : 363-8.
5. Gigou J, Giraudy F, Doucoure CO, Healy S, Traore K, Guindo O. L'âge des champs : un indicateur du passage de la culture itinérante à la culture permanente dans le bassin cotonnier du Mali. *Cah Agric* 2004 ; 13 : 467-72.
6. Traoré KB. *Le parc à Karité : sa contribution à la durabilité de l'agrosystème. Cas d'une toposéquence à Konobougou (Mali-Sud)*. Thèse, école nationale supérieure agronomique de Montpellier (Ensam), 2003.

7. Bitchibaly K. Études de toposéquences de Koutiala. In : Stoop WA, Brinkman WJ, Veldkamp WJ, eds. *The toposequence concept. Methods for linking partners in on-farm research for rural development*. Result of a field workshop in Sikasso, Mali, August 1995. Working paper series, 1. Amsterdam : Koninklijk Instituut voor de Tropen (KIT, Royal Tropical Institute), 1997.
8. Coulibaly B, Niang M, Van Der Pol F. *Relations entre les pratiques d'amélioration des sols et les conditions socio-économiques des exploitations agricoles au Mali*. Paris : Club du Sahel, 1994.
9. Deveze JC, Halley Des Fontaines D. *Le devenir des agricultures familiales cotonnières africaines : des dynamiques sociales et économiques à accompagner, à partir des cas du Bénin, du Burkina Faso, du Cameroun et du Mali*. Paris : Agence française de développement (AFD), 2005.
10. Sivakumar MVK, Manu A, Virmani SM, Kanemasu ET. Relation between climate and soil productivity. In : Lal R, Sanchez PA, eds. *Myths and science of Soils of the Tropics*. International Symposium, 17 octobre 1989, Las Vegas (USA). ASA Special Publication, 29. Madison (États-Unis) : American Society of Agronomy (ASA), 1992.
11. Vaksman M, Traoré SB, Niangado O. Le photopériodisme du sorgho africain. *Agric Dev* 1996 ; 9 : 13-8.
12. Gigou J, Coulibaly L, Wenninck B, Traore KB. Aménagements des champs pour la culture en courbes de niveau au sud du Mali. *Agric Dev* 1997 ; 14 : 47-57.
13. Diallo D. *Érosion des sols en zone soudanienne du Mali, transfert des matériaux érodés dans le bassin versant de Djitiko (Haut Niger)*. Thèse, université de Grenoble. Montpellier : IRD éditions, 2000.
14. Briquet JP, Olivry JC, Picouet C, Orange D. Transferts et dépôts de matière dans le delta intérieur du Niger au Mali. *ORSTOM-Actualités* 1998 ; 56 : 15-6.
15. Affholder F. Empirically modelling the interaction between intensification and climatic risk in semiarid regions. *Field Crops Res* 1997 ; 52 : 79-93.
16. Traoré KB, Gigou JS, Coulibaly H, Doumbia MD. Contoured ridge-tillage increases cereal yields and carbon sequestration. In : *Conserving Soil and Water for Society : Sharing Solutions*. Paper n°126. ISCO 2004 - 13th International Soil Conservation Organisation Conference, Brisbane, July 2004.