

Aménagement en courbes de niveau et conservation du carbone.

K.B. Traoré, G. McCarthy, J.S. Gigou*, M.D. Doumbia, A. Bagayoko, R.S. Yost, H. Konaré, L. Dioni, H. Coulibaly, A. Sidibe et R.A. Kablan**

* Cirad-Tera : TA60/15, 34398 MONTPELLIER Cedex 5, téléphone: 04-67-59-38-89
fax :04-67-59-38-38, e-mail : jacques.gigou@cirad.fr

** IER, Labo .sol, eau, plantes, BP. 262, Bamako, Mali, fax : (223).22.37.75,
courriel : madu.doumbia@ier.ml

Résumé :

Dans la région Mali-sud, au climat semi-aride, la culture sur billons suivant les courbes de niveau permet d'arrêter l'érosion et surtout d'augmenter l'infiltration de l'eau de pluie, ce qui permet l'augmentation de la croissance des plantes cultivées et des arbres associés aux cultures.

Il en résulte des effets sur l'ensemble du cycle du carbone.

Les teneurs en carbone du sol diminuent rapidement sous culture, jusqu'à environ 0,2 à 0,4% dans l'horizon superficiel (0-20 cm). Pendant le même temps, les rendements peuvent rester stables ou augmenter si les modestes apports d'engrais sont suffisants pour corriger les carences en phosphore et fournir un peu de N et K aux cultures. Les rendements moyens, par exemple 10 à 20 q/ha de maïs, sont comparables à ceux qui étaient obtenus en Europe au début du 20^e siècle, quand l'utilisation des engrais a commencé.

L'érosion contribue à diminuer encore plus les teneurs en carbone, dans certaines parties de la toposéquence. L'arrêt de l'érosion permet d'éviter ces pertes.

Par contre, la production de biomasse par les cultures est augmentée : environ 50% pour le mil, le sorgho et le maïs pendant les années peu pluvieuses. Le carbone est recyclé dans le milieu suivant les voies habituelles : l'alimentation humaine (grains), l'alimentation des animaux (résidus, pailles, adventices), les termites, le fumier, les usages domestiques, le feu.

Le parc arboré (karité et autres espèces) profite de l'eau conservée grâce aux courbes de niveau et il s'accroît par la croissance des arbres en place et par la régénération de jeunes arbres. Il en résulte d'une part, un accroissement de la masse ligneuse et d'autre part une augmentation des teneurs en carbone du sol dans les parties du champ couvertes par ces arbres (apports organiques et ombrage).

Les courbes de niveau sont marquées par des ados couverts d'une végétation permanente (*Andropogon gayanus*, etc.) qui couvrent 2 à 4% de la surface des champs, avec des teneurs en carbone du sol comparables à celles sous végétation naturelle.

L'effet de l'aménagement sur le stockage du carbone se manifeste donc dans différentes situations (les cultures, des ados enherbés, les arbres, le sol sous les arbres, etc.) et suivant des cycles variables (l'année pour les cultures et les feuilles des arbres, quelques années pour le carbone du sol, quelques dizaines d'années pour le bois).

Mots-clés : Mali, agroforesterie, eau pluviale, production agricole, céréales, culture attelée.

Ridge-tillage management and carbon sequestration.

Abstract

In southern Mali, with a semi-arid climate, contoured ridge tillage farming can halt soil erosion and substantially increase the infiltration of rainfall, which can result in increased growth of crops and trees associated with the crops.

The technology also can affect the entire carbon cycle, specifically carbon sequestration.

Levels of soil carbon decrease rapidly under cultivation, until about 0.2 to 0.4% C in the surface horizon (0-20 cm).

At the same time, yields may remain stable or increase if small amount of fertilizers, sufficient to correct deficiencies in phosphorus and provide nitrogen and potassium as well, are added.

Average yields, for example of 10 to 20 q/ha of maize, are comparable to those obtained in Europe at the beginning of the 20th century, when the utilization of fertilizers began.

Soil erosion further contributes to the reduction in soil carbon in some parts of the soil toposequence. Thus the cessation of erosion avoids such losses of soil carbon.

The production of crop biomass is consistently increased with the practice -- increases of as much as 50% in millet, sorghum, and maize occur during the drier years.

Biomass carbon is recycled through the usual pathways: grains used for human food, residues, straw, gleanings are used for animal feed, as well as the termites, manures, domestic uses, and for firewood.

Valued trees of shea butter (karite) and other species inside cropped fields benefit from the increased water due to the contoured ridges, which aids both the growth of existing trees as well as the germination and establishment of young trees.

This results in an increase in ligneous biomass and also an increase in soil carbon under the canopy, which provides organic inputs and shade

The contour ridges are characterized by permanent ridges with perennial vegetation (e.g. *Andropogon gayanus*, L., etc.) covering a total of no more than 2 to 4 % of the field surface, with levels of soil organic carbon comparable to those associated with natural vegetation.

The effects of the improved management on soil carbon sequestration is expressed in different ways : (the crops, the grassed permanent ridges, the trees, and the soil under the trees, etc.). Also the effects are apparent following various rotations : one year for crops and leaves of trees, several years for soil carbon, and several decades for the accumulation of wood.

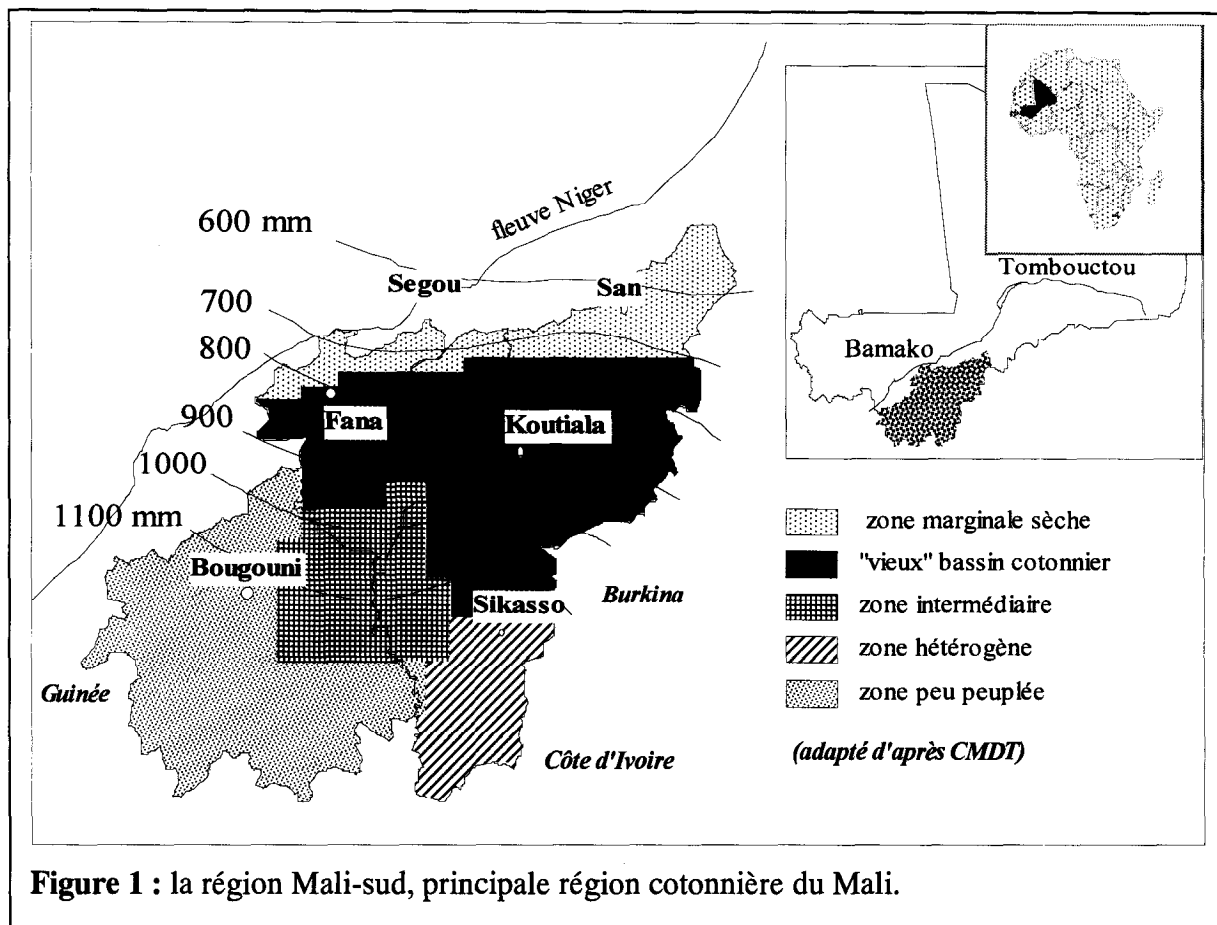
Key-words : Mali, Agroforestry, rainfall, agricultural production, cereals, mechanized agriculture.

Introduction

L'ensemble de la gestion des terres par les paysans modifie la dynamique du carbone: défrichage, nombre et croissance des arbres, couverture du sol, etc. Certains systèmes de culture conservent donc davantage de carbone que d'autres. Cependant, seuls les systèmes favorables aux paysans, grâce à une bonne production agricole avec un coût acceptable, seront retenus. Le cas de l'aménagement des champs en courbes de niveau est un exemple intéressant.

Caractères généraux de la région Mali-sud

La région Mali-sud, principale zone cotonnière du Mali, couvre les régions proches de la Côte d'Ivoire, de la Guinée et du Burkina Faso. La pluviométrie annuelle moyenne varie de 700 à 1100 mm. On peut distinguer une zone plus densément cultivée, le « vieux bassin cotonnier » autour de Koutiala et Fana, et des zones d'extension du coton, vers le sud et l'est (figure n°1).



C'est une région sans reliefs marqués, formée de glacis emboîtés en pente faible. Les sommets des collines montrent généralement des cuirasses ferrugineuses. Parfois l'érosion a dégagé des affleurements de grès, plus ou moins étendus. Les deux toposéquences schématisées figures 2 et 3 sont bien typiques.

Dans ces toposéquences, on observe, malgré mais des pentes générales faibles, des emplacements où les risques d'érosions sont forts. Les pertes en terre et en éléments dissous peuvent être fortes sur certaines parcelles mais elles sont beaucoup plus faibles à la sortie des bassins versants (Diallo, 2000). Au total, la charge en sédiments dans le Niger et le Bani, les deux cours d'eau qui drainent cette région, sont modestes (Briquet et al., 1998).

Depuis 40 ans, les paysans produisent du coton en culture attelée bovine. Une grande partie des terres cultivées est passée progressivement en culture permanente, sans remise en jachère (Gigou et al., 1998). Le cotonnier couvre environ 30% des terres cultivées, alors qu'environ 60% sont réservés aux céréales (mil, sorgho, maïs).

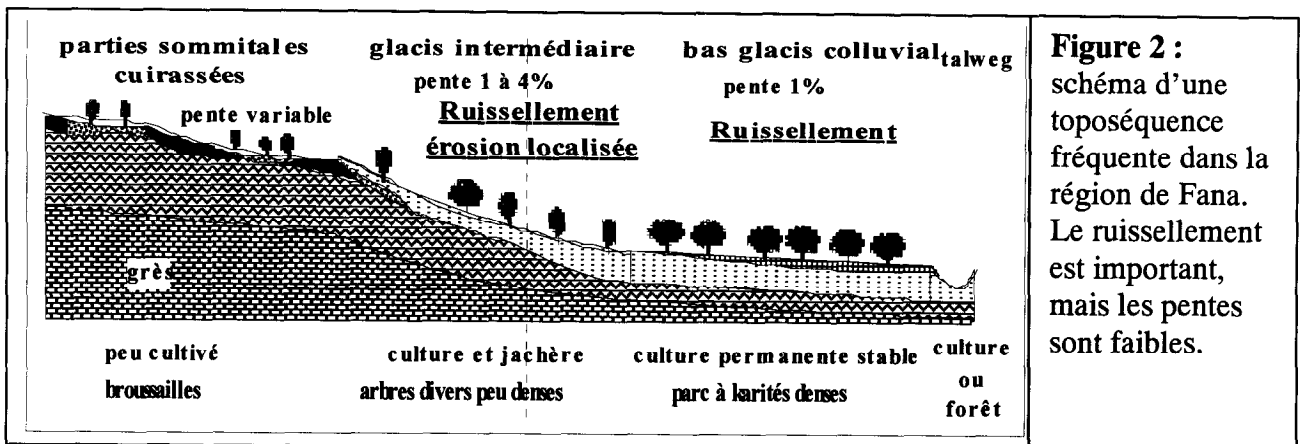


Figure 2 : schéma d'une toposéquence fréquente dans la région de Fana. Le ruissellement est important, mais les pentes sont faibles.

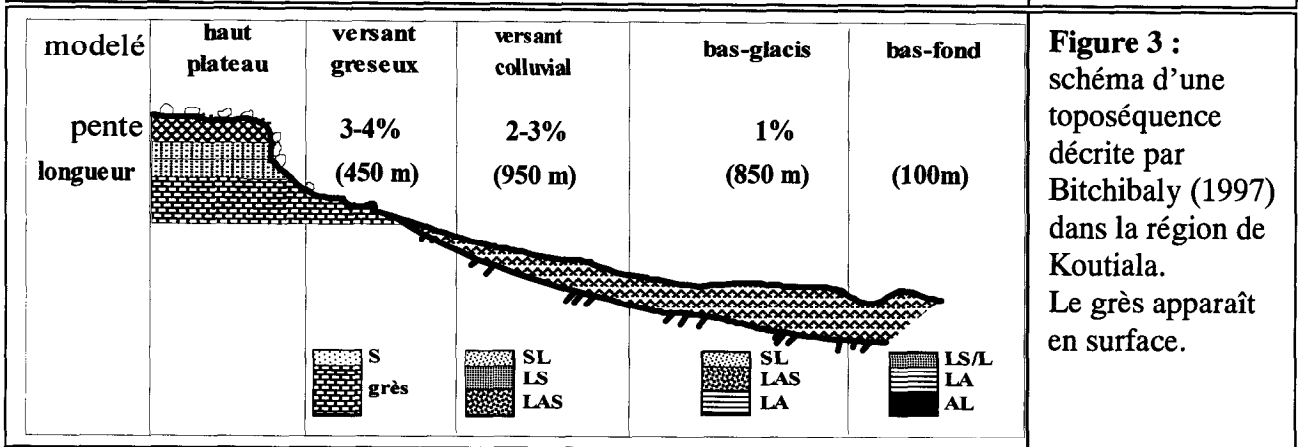


Figure 3 : schéma d'une toposéquence décrite par Bitchibaly (1997) dans la région de Koutiala. Le grès apparaît en surface.

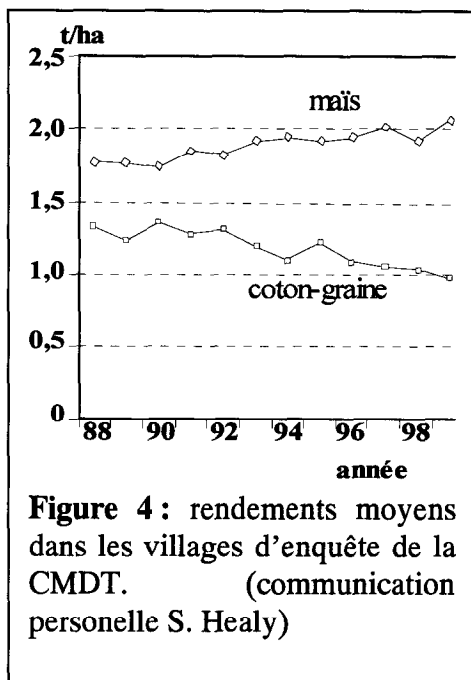


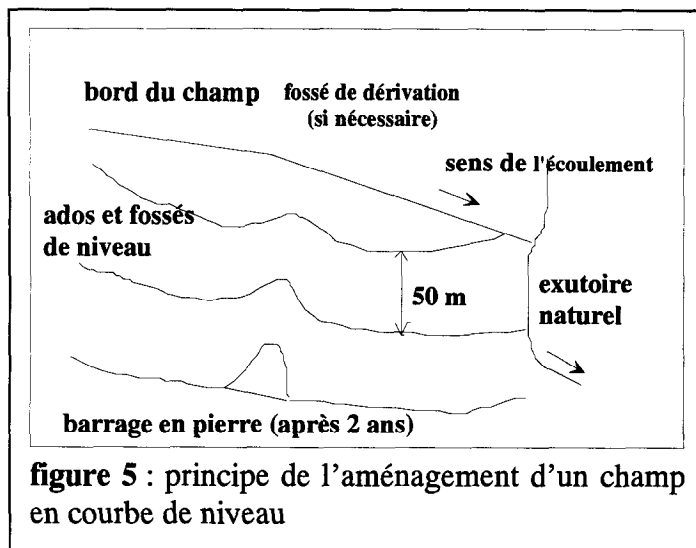
Figure 4 : rendements moyens dans les villages d'enquête de la CMDT. (communication personnelle S. Healy)

Le cotonnier est régulièrement fertilisé. Le maïs reçoit souvent de faibles doses d'engrais et son rendement moyen entre 15 et 20 q/ha de grains, est comparable à ceux qui étaient obtenus sur les céréales en Europe au début du 20^e siècle, quand l'utilisation des engrais a commencé (Boulaine, 1996). Le sorgho et le mil sont rarement fertilisés et leurs rendements moyens sont faibles, de 800 à 1000 kg/ha.

De nombreuses expériences ont montré que, sans fertilisation, les rendements diminuent rapidement sous culture continue (Piéri, 1989). Mais les doses modestes d'engrais et de fumier apportées par les paysans ont permis, dans les champs cultivés depuis longtemps, de corriger la carence initiale en phosphore (Crétenet et al., 1994). Pour augmenter la production, les paysans préfèrent augmenter les surfaces, avec de faibles doses d'intrants et des rendements qui varient peu. Par exemple, la CMDT par des enquêtes sur plusieurs villages, a noté les variations des rendements du maïs et du cotonnier représentées figure 4.

Méthode des aménagements des champs en courbes de niveau

Depuis 1994, nous avons expérimenté, avec les paysans, une méthode d'aménagement des champs pour la culture sur billons de niveau, qui est actuellement vulgarisée. Cette méthode déjà été décrite (Gigou et al., 1997, Gigou et al., 19998) ainsi que ses effets sur les rendements (Gigou et al. 1999).



Quand les billons suivent bien les courbes de niveau, ils permettent de retenir et de faire infiltrer beaucoup d'eau de pluie dans les sillons entre les billons. L'excès d'eau s'évacue lentement aux extrémités du champ. Les billons peuvent être obtenus soit par semis à plat et buttage, soit par semis sur les billons.

L'aménagement consiste à marquer les lignes de niveau dans le champ, pour que le paysan puisse installer de niveau ses lignes de semis et ses billons. La solution la plus simple consiste à installer des ados de niveau, à la charrue et à les couvrir d'une végétation pérenne (herbes naturelle, etc.).

Ces aménagements peuvent être réalisés à l'échelle du champ ou de quelques champs contigus, sur des surfaces variant de 2-3 ha à 20-30 ha. Ainsi la décision de réaliser l'aménagement peut être prise par un chef d'exploitation, indépendamment de ses voisins. Pour que ce soit possible, il faut prévoir l'écoulement des eaux qui arrivent de l'amont, que l'on peut diriger vers un exutoire naturel grâce à un fossé de dérivation.

Le ruissellement est réduit et l'alimentation hydrique des cultures est améliorée (Gigou et al., 1999). Il en résulte un effet net sur les rendements pendant les années sèches, grâce à la meilleure conservation de l'eau de pluie. (tableau 1).

Tableau 1 : effet des aménagements en courbes de niveau sur les rendement en mil et en maïs.

année	maïs			mil		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Nombre de sites	2	10	6	3	5	7
Sans aménagement	2603	2082	1550	892	1430	630
Avec aménagement	3599	2836	2088	1128	1453	1008
Augmentation %	38%	36%	35%	27%	2%	60%

L'infiltration de l'eau permet aussi de mieux alimenter, pendant la saison sèche, les arbres associés aux cultures. Le paysan peut alors augmenter le nombre de ces arbres, soit par plantation (baobab), soit en élevant les arbres apparus spontanément (*Faidherbia albida*, etc.).

Conséquences sur la dynamique du carbone

Ces aménagements ont plusieurs effets sur le cycles du carbone : d'abord ceux qui résultent de la conservation de la matière organique du sol en évitant l'érosion, mais aussi et surtout ceux qui résultent de l'augmentation de la croissance végétale.

Arrêt de l'érosion et conservation du carbone du sol

Sur les toposéquences typiques (figure 1 et 2), l'érosion est localisée et n'affecte qu'une petite partie de la zone cultivée. Mais sur cette partie, le carbone du sol est nettement réduit d'une part, par l'enlèvement des éléments fins du sol, riches en carbone, et d'autre part par l'enlèvement de l'horizon de surface aux emplacements où l'écoulement concentré de l'eau creuse le sol en griffes ou en ravines. L'effet global est la formation d'un horizon superficiel plus sableux et pauvre en matière organique.

Par exemple, K. Traoré (2000) a observé à Konobougou, près de Fana, sur une toposéquence comparable à celle de la figure 2, les teneurs en matière organique dans l'horizon superficiel du sol

au milieu de pente, où les traces de l'érosion sont bien visibles et sur le bas-glacis, où l'érosion est limitée par une pente très faible. La densité apparente était d'environ 1,5 (entre 1,45 et 1,6). On peut donc calculer le quantités de carbone contenues dans les premiers 30 cm du sol (tableau 1). La comparaison est faite pour des sols loin des arbres, dont la présence modifie les teneurs en matière organique du sol (voir ci-dessous)

Tableau 1 : teneur et contenu en carbone du sol, sur deux positions de la toposéquence de Konobougou près de Fana.

	Milieu de pente (avec érosion)	Bas de pente (sans érosion)
C en g/kg de terre	2,1	3,2
C en t/ha sur 0-30 cm	9,45	14,4

Zones d'herbes permanentes

L'aménagement introduit des zones enherbées en permanence à l'intérieur des champs. Ce sont :

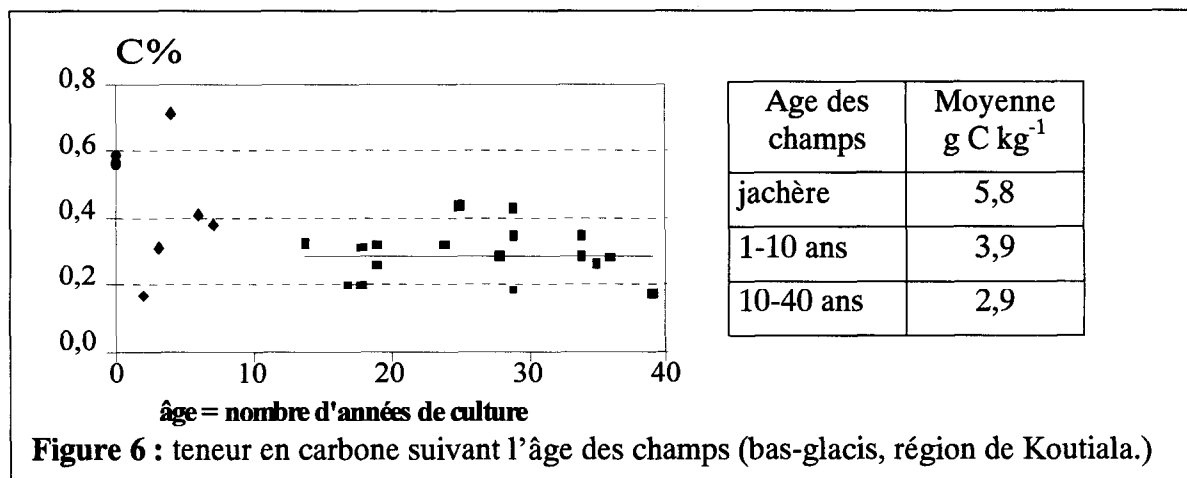
- Les ados de niveau enherbés. Pour les pentes faibles, il y en a un tous les 50 m, soit deux ados par 100 m de pente, ou encore 200 m de bande enherbée par ha. Leur largeur est d'environ 1 m. Ils couvrent donc au moins 2% de la surface.
- Les fossés de garde et les bords des champs, qui comportent toujours une petite bande enherbée, d'une largeur voisine de 1 m en général.
- Les bords des exutoires le long desquels on laisse une bande enherbée, d'au minimum 1 m de largeur, parfois plus.
- Les anciennes ravines, qui ne servent plus à l'écoulement de l'eau. Au bout d'un certain temps ces zones peuvent être remises en culture.

Au total, 2 à 4% de la surface des terres cultivées peuvent rester ainsi sous une végétation herbeuse permanente.

Cette végétation permanente a deux effets sur le cycle du carbone : l'accumulation de biomasse aérienne et le stockage de carbone dans le sol.

La biomasse aérienne est très variable, de 0 à 20 t/ha ou plus, suivant les saisons et suivant les sites. Les herbes sont exploitées en saison sèche pour alimenter le bétail, parfois par stockage de fourrage ou de paille (*Pennisetum pedicelatum*, etc.) et le plus souvent par la vaine pâture des animaux.

Le stockage du carbone du sol est comparable à celui que l'on observe sous jachère. On peut l'estimer à partir des valeurs que nous avons observé dans une chronoséquence du village de Zamblala, de la région de Koutiala, dans des champs d'âge variable, tous situés sur le bas-glacis colluvial (figure 6).



Sous végétation naturelle, les valeurs observées correspondent à environ 1% de matière organique. Après 10 ans de culture, les teneurs en carbone ne varient plus guère, et elles correspondent à environ 0,5% de matière organique, que Pieri (1989) considère comme le minimum pour cultiver des terres sans difficultés particulières. La valeur observée en bas de pente à Konobougou (tableau 1) est peu différente de celles observées à Zamblala.

Les quantités de carbone stockées dans ces zones couvertes d'herbes sont donc :

Tableau 2 : Stockage du carbone dans les parties des champs couverts d'herbes.

	sous culture	sous herbe permanente
Matière organique % terre	0,5%	1%
C mg/kg terre	2,91	5,81
kg C/m ² couvert, 0-30 cm	1,31	2,62
Sur 250 m ² couvert par ha kg C par ha de champ	327	654

- Dans la biomasse aérienne : de 0 à 1 kg C/m², soit pour 250 m² couverts, une variation de 0 à 250 kg C/ha, avec un cycle annuel.

- Dans le sol, le tableau 2 récapitule le bilan du carbone. Par hectare cultivé, environ 325 kg de carbone peut être stocké, de façon durable, dans le sol ainsi couvert d'herbes.

Arbres associés aux cultures

La tradition africaine est de conserver des arbres dans les champs de culture : il en résulte un paysage de parc arboré, variable suivant les climats et les régions. Le parc à *Faidherbia albida* est bien connu dans les régions sahéliennes. Le parc à karité (*Vitellaria paradoxa*) et à néré (*Parkia biglobosa*) est très répandu dans la région Mali-sud. D'autres espèces sont aussi fréquentes : le baobab (*Adansonia digitata*), des rôniers (*Borassus aethiopum*), des raisiniers (*Lannea acida*, *Lannea humilis*), des figuiers (*Ficus spp.*), etc.

Tableau 3 : diversité et densité des arbres du parc arboré à Konobougou.

Position	espèces nb/2 ha	karité nb/2 ha	Arbres totaux nb/2 ha
Haut	11	3	15
milieu	10	12	48
bas	2	41	41

Sur le bas-glacis, le parc arboré est généralement dense et le karité domine largement. Dans d'autres situations, les arbres sont moins nombreux et de nombreuses espèces coexistent. Par exemple, à Konobougou, Traoré a compté les arbres présents sur 2 ha en bas, au milieu et en haut de la toposéquence (tableau 3).

Tableau 4 : régénération d'arbres après aménagement des champs en courbes de niveau, sur 2 ha.

position	espèces	Nombre /2ha
haut	<i>Faidherbia albida</i>	2
milieu	<i>Adansonia digitata</i>	12
	<i>Faidherbia albida</i>	8
	<i>Sclerocarya birrea</i>	1
	<i>Ziziphus mauritiana</i>	2
	<i>Kiguelia africana</i>	1
	<i>Guiera senegalensis</i>	1
Bas	0	

Il est probable que la quantité d'eau disponible limite la croissance des arbres car, après aménagement en courbes de niveau, on a pu observer la régénération de nombreux arbres de diverses espèces (tableau 4). A noter que, en bas de toposéquence où le parc à karité est dense, aucun arbre nouveau n'est apparu. Le paysan a expliqué qu'il estimait que le nombre des arbres était suffisant et qu'il ne laissait donc pousser aucun nouvel arbre.

Le parc arboré stocke donc, de façon durable, du carbone dans la biomasse ligneuse des arbres. On peut l'estimer dans le cas de Konobougou, où Traoré (2000) a mesuré la circonférence des karités à 1,30 m de hauteur. Il a trouvé 1,58 m au milieu et 1,43 m en bas de pente. D'après Louppe et al.

(1994), un karité de 1,5 m de circonférence contient environ 1,5 m³ de bois. La densité du bois de karité est d'environ 0,85. Pour 20 karité /ha en bas de toposéquence, on a 30 m³ de bois pesant 25,5 t et contenant 12,75 t de carbone, que l'on peut arrondir à 13 t/ha.

Les arbres produisent aussi chaque année de la litière, qui est plus ou moins incorporée au sol. Dans le cas précédent, Traoré a estimé à 57 kg/arbre, la production de litière, soit 1,14 t/ha pour 20 arbres. Cela correspond à 570 kg/ha. La production de fruits est généralement négligeable. Ainsi, Louppe (1994) cite la production moyenne de 4 kg d'amande de karité par arbre.

Tableau 5 : teneur et contenu en carbone du sol, sous et hors karité à Konobougou près de Fana.

	sous les arbres	hors des arbres
C en g/kg de terre	4,8	3,2
C en t/ha sur 0-30 cm	21,6	14,4

Pour 20 arbres /ha couvrant 5% de la surface :
Le sol contient 1080 kg de carbone sous les arbres au lieu de 720 kg sans arbre.

Les arbres ont un effet important et durable sur le stockage du carbone dans le sol. En effet, dans la partie couverte par les arbres, les teneurs en matière organique du sol sont plus fortes, en raison des apports de carbone par l'arbre (litière et racines) et aussi de l'ombrage, qui diminue les températures du sol et donc la vitesse de minéralisation de la matière organique.

Augmentation de la production des cultures

L'augmentation de la production, grâce à l'aménagement, concerne d'abord les grains. Mais les tiges montrent une augmentation encore plus forte, qui peut dépasser 50% pendant les années sèches. Les tiges servent de fourrage aux animaux, de nourritures aux termites, de litière pour faire du fumier, etc.

La production totale tiges + grains peut atteindre 15 t/ha pour le maïs, le sorgho et le mil, avec aménagement en courbes de niveau et fertilisation, quand les conditions de culture sont bonnes. En général, le total est plus modeste. Sur les 39 essais où nous avons comparé des cultures de céréales, avec et sans aménagement, nous avons obtenu :

sans aménagement : 6,4 t/ha

avec aménagement : 8,5 t/ha

L'augmentation de production de biomasse sur les céréales est donc d'environ 33%. La quantité moyenne de carbone fixé par la photosynthèse est donc d'environ 4 t/ha et elle est augmentée d'environ 1 t/ha par la culture sur billons de niveau. Ce carbone est principalement entraîné dans un cycle annuel et seule une petite partie est stockée plus durablement par l'intermédiaire du fumier.

Tableau 6 : Récapitulatif des quantités de carbone mises en jeu dans la culture sur billons de niveau.

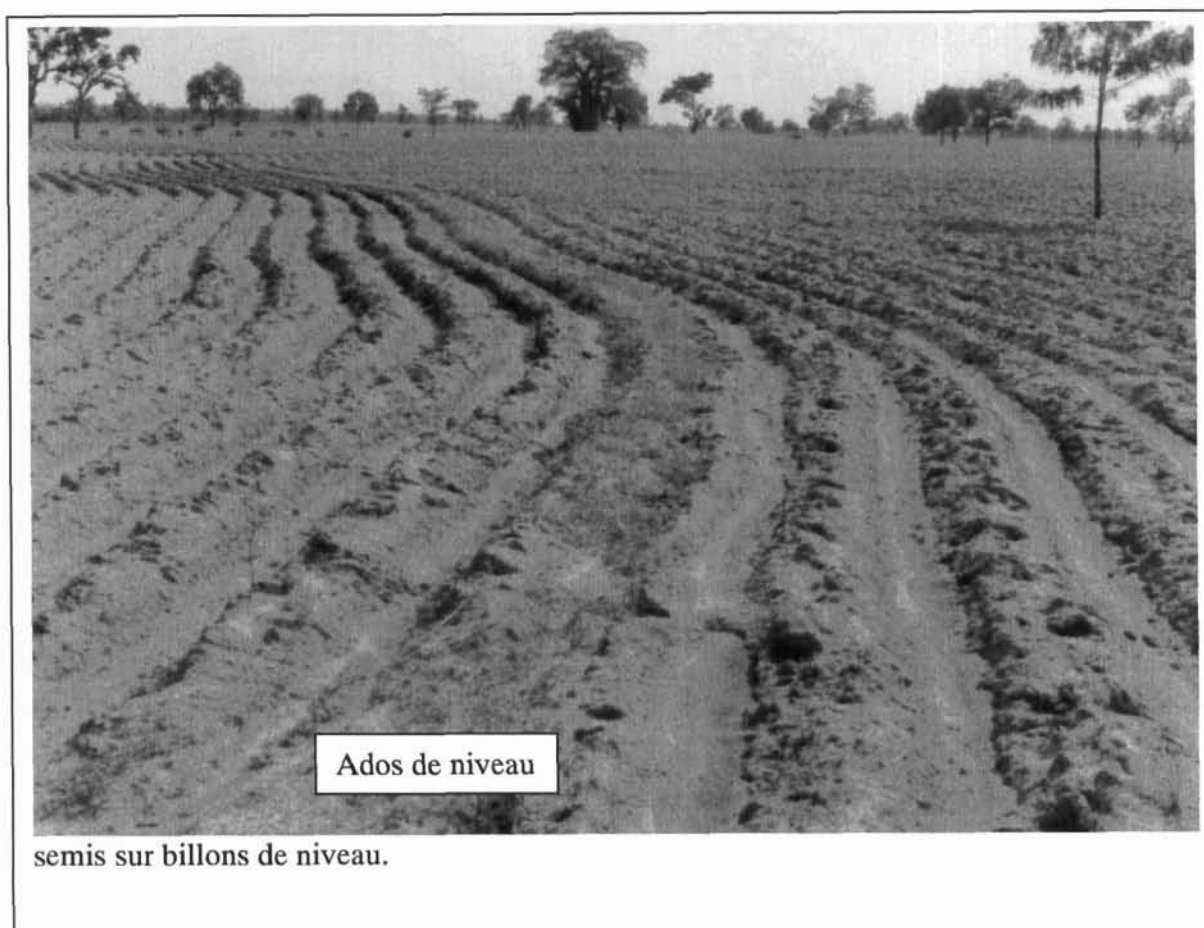
effet	Stockage durable		Cycle annuel	
	(stock 0-30 cm)	(15 t C/ha)		
Arrêt de l'érosion	évite les pertes	5 t C/ha		
	carbone du sol	0,32 t C/ha	biomasse	0,25 t C/ha
Herbes permanentes	biomasse	13 t C/ha	litière	0,57 t C/ha
	carbone du sol	0,36 t C/ha		
Production agricole (céréales)			Biomasse (effet aménagement)	4 t C/ha (1 t C/ha)

Conclusion.

L'aménagement cloisonne le paysage et diversifie les sites: ados enherbés, arbres associés, etc. L'effet favorable sur le stockage du carbone est sensible dans tous ces compartiments. Dans le tableau 6, nous avons résumé les ordres de grandeurs des masses de carbone mises en jeu par la culture sur billons de niveau.

On constate que les ordres de grandeur sont très différents entre les compartiments. La photosynthèse annuelle, environ 5 t de carbone par hectare, dépend surtout des cultures. Les arbres associés et les zones enherbées produisent environ 20% de la photosynthèse globale, alors qu'il ne couvrent que 7,5% de la surface totale.

Pour le stockage durable du carbone, ce sont surtout les arbres qui interviennent, ainsi que le carbone accumulé dans le sol, qu'il faut conserver. Le total de ces deux stocks représente environ 28 t/ha sur le bas-glacis dans les zones favorables aux cultures. Les stockages supplémentaires dans le sol des zones enherbées sur les ados de niveau et les zones non cultivées entre les champs, ne représente guère plus de 1% de ce stock. De même, l'augmentation de la teneur en matière organique sous les arbres, bien qu'elle soit spectaculaire et qu'elle puisse avoir des effets importants sur la fertilité, représente aussi à peine plus de 1% de ce stock, car la surface couverte par les arbres reste limitée à 5%.



Bibliographie

BITCHIBALY K. 1997 : Etudes de toposéquences de Koutiala. In : Stoop W.A., Brinkman W.J., Veldkamp W.J. (eds) 1997 : The toposequence concept. Methods for linking partners in on-farm research for rural development. Result of a field workshop in Sikasso, Mali, August 1995. KIT, Amsterdam, Netherlands. Working paper series : n°1, 23-40.

BRIQUET J.-P., OLIVRY J.-C., PICOUET C., ORANGE D. 1998 : Transferts et dépôts de matière dans le delta intérieur du Niger au Mali. ORSTOM-Actualités 56; 15-16.

BOULAINÉ J. 1996 : Histoire de l'Agronomie en France. Paris, Tec & Doc-Lavoisier; 448p. (2^e édition)

CRETENET M., DUREAU D., TRAORE B., BALLO D. 1994 : Fertilité et fertilisation dans la région sud du Mali : du diagnostic au pronostic. Agriculture et développement 3; 4-12.

DIALLO D. 2000 : Erosion des sols en zone soudanienne du Mali, transfert des matériaux érodés dans le bassin versant de Djitiko (Haut Niger). Thèse université Grenoble. IRD Montpellier, France. 202 p.

GIGOU J., COULIBALY L., WENNINCK B., TRAORE K.B. 1997 : Aménagements des champs pour la culture en courbes de niveau au sud du Mali. Agric Dévelop 14 ; 47-57.

GIGOU J., GIRAUDY F., KONE M., NIANG M. 1998 : Maintenir la fertilité sous coton et céréales au Mali-sud. Comm Congrès Mondial de Science du Sol. Montpellier 1998/8/20-26. 12p. (Cédérom)

GIGOU J. 1998 : Les contraintes aux systèmes de cultures coton-céréales dues à l'acidité. In : Ratnadass A., Chantreau J., Gigou J. (Eds) : Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre. Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho Icrisat-Cirad. 1997/3/17-20. Bamako, Mali. Collection colloques, Montpellier, Cirad-ca, 181-195.

GIGOU J. 1998 : Méthode d'aménagement en courbes de niveau à l'échelle du champ. In : Ratnadass A., Chantreau J., Gigou J. (Eds) : Amélioration du sorgho et de sa culture en Afrique de l'Ouest et du Centre. Actes de l'atelier de restitution du programme conjoint sur le sorgho Icrisat-Cirad. 1997/3/17-20. Bamako, Mali. Collection colloques, Montpellier, Cirad-ca, 249-262.

GIGOU J., TRAORE K., COULIBALY H., VAKSMANN M., KOURESSY M. 1999 : Aménagement en courbes de niveau et rendements des cultures en région Mali-sud. Comm Colloque International "l'homme et l'érosion" au Cameroun du 9 au 18 décembre 1999. Montpellier, IRD – CTA. Bulletin réseau érosion 19 : l'influence de l'homme sur l'érosion. Volume 1 : à l'échelle du Bassin-versant. 391- 404.

LOUPPE D., M'BLA K., COULIBALY A. 1994 : Relations dendrométriques préliminaires pour six essences secondaires de la forêt de Badéno (Nord Côte d'Ivoire). Côte d'Ivoire, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, 35 p.

LOUPPE D. 1994 : Le karité en Côte d'Ivoire. Etude sur convention Banque mondiale / CIRAD-Flhor. Projet de promotion et de développement des exportations agricoles (PPDEA). Composante Recherche/ Développement. CIRAD- Montpellier ; 36 p.

PIERI C. 1989 : Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherches et de développement agricoles au sud du Sahara. PARIS. Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT. 444p.

TRAORE K. 2000 : Le parc à Karité (*Vitellaria paradoxa* – Gaertner F.) et la fertilité des sols de la zone Mali-Sud. Cas d'une toposéquence de la région de Fana. Montpellier CIRAD / IER. DEA national de sciences du sol. 19p.