

IMPACT DE L'EROSION SUR LA PRODUCTIVITE VEGETALE SUR SOLS SABLEUX EN ZONE SOUDANIENNE DU NORD CAMEROUN.

Par Z.Boli Baboulé* ; B.Bep a Ziem** ; E.Roose***.

RESUME: L'expression de l'érosion par les seules pertes en terre, sans relation directe avec la productivité des cultures n'est pas suffisante pour susciter une plus grande conscience pour la conservation du sol et de sa productivité. La quantification de l'impact de l'érosion sur le rendement peut mieux aider à satisfaire cet objectif de sensibilisation, tout en servant de base pour la prédiction des récoltes. Cette étude décrit la relation Erosion-Productivité à partir des résultats d'enquêtes réalisées en champs paysans et d'expérimentations en parcelles d'érosion et de décapage de sol. Elle est conduite dans la partie soudanienne de la zone cotonnière du Cameroun sur un sol ferrugineux sableux. Elle montre que l'effet de l'érosion sur le rendement comporte deux composantes majeures : la soustraction des facteurs de fertilité et la diminution de la population des plants à la récolte. La réduction d'un facteur de fertilité dépend de la nature et de la répartition verticale de celui-ci dans l'horizon cultural. Le décapage des 5 premiers cm. du sol entraîne une réduction de rendement de 30% contre 4% seulement pour la tranche sous-jacente de même épaisseur. La composante effet sur la population des plants à la récolte apparait quand la dégradation du sol est avancée et en présence de facteurs de champ favorables telle la longueur de pente. Elle a été évaluée en champ à 10 %.

Mots clés : Erosion ; Productivité ; Sols sableux ; Nord Cameroun.

SUMARY : Expressing erosion hazards only by soil losses, without any reference to its effects on crops productivity is not enough to raise higher consciousness for soil and its productivity conservation. Quantifying the impact of erosion on crop yield may better help to attain this objective, while it gives also a base for crop yield prediction under erosion hazards. This paper describes the framework within which the relationship between erosion and crop productivity should be evaluated. The study is based on observations and data from farmers' fields survey, runoff and desurfacing plots carried out on sandy alfisols under intensive cotton /maize rotation in the sudanese savannah of the Northern Cameroon.

It shows that there are two main effects of erosion on the crop yield. The effect by depletion of one or many fertility factors taken away with runoff or eroded sediment, and the effect of reducing plants population at harvesting. The first effect through depletion of a fertility factor can vary with its nature and its vertical distribution within the cultivated layer.

* Boli, Agro-pédologue, IRA, BP 163, Foumbot, Cameroun.

Fax : C/UCCAO(237)44.11.01

* Bep a Ziem, Agronome, IRA, BP 33 Maroua, Cameroun.

Fax. : (237)29.29.76

***Roose, Pédologue, ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier, France

Fax.(33)67.54.78.00

Soil removal of the 5 topmost centimeters led to 30 % of yield reduction while this is only by 4 % on the 5 following centimeters. When the plots received goat manure, a variation of erosion of 1 mm. led to a drop in yield of 30 to 40 %. The erosion impact on plants population at harvesting occurs when the soil has gone a severe degradation and it is associated to field factors such as slope length. Average yield reduction of 10 % was evaluated for this component in the farmers' fields.

INTRODUCTION :

En raison du caractère insidieux de l'érosion hydrique, nombreux paysans, vulgarisateurs et chercheurs, sont encore peu sensibilisés sur la sévérité du risque érosif en Afrique intertropicale, malgré de nombreux travaux et mises en garde sur le sujet (HARROY, 1944 ; HUDSON, 1961; ROOSE, 1973 ; LAL, 1976 ; CHARRIERE, 1984 ;PIERI,1989). Cette attitude peut partiellement s'expliquer par le fait que l'érosion, mesurée en pertes de terres exprimées en tonnes /ha.an ou en mm./an d'épaisseur de sol perdu, ne montre pas forcément de relation directe avec le rendement qui les intéresse. En effet, peu de travaux sont publiés sur la quantification de l'impact de l'érosion sur le rendement des cultures. Les résultats disponibles sur ce sujet se rapportent surtout aux essais de décapage centimétrique de l'horizon superficiel du sol sur des petites parcelles (ALFONSO et DUMAS, 1976 ;HART et HEALY, 1980 ;DE KIMPE, 1981;ROSS, 1982 ;EL SWAIFY, 1983 ; MBAGWU, 1984. MBAGWU et al, 1984 ;JESSOP, 1985 ;ROGOWSKI, 1985). Ces travaux font état de pertes de rendement dues à l'érosion de 10 % à 80 % en fonction du cultivar, du type de sol, de la pluviosité, etc...A cette échelle, les rigoles n'apparaissent pas et il n'y a pas arrachement de plants. Cette approche de l'érosion par le décapage présente en outre 3 insuffisances :

1-seule est prise en compte la perte en nutriments, argile et matière organique dans l'inter-rigole ;on ne tient pas compte de l'érosion linéaire;

2-dans la réalité des champs, le sol n'est pas uniformément décapé ;

3-le facteur temps n'est pas intégré :on ne tient pas compte de la dégradation progressive du milieu.

Par ailleurs, les modèles mathématiques mis au point pour calculer l'impact de l'érosion sur la productivité rencontrent de nombreuses difficultés d'adaptation et de généralisation. L'une des raisons de ces difficultés est la variation de la redistribution en fonction du système de culture.

Il nous est donc apparu utile de développer une recherche sur les relations qui existent entre l'érosion et la productivité afin de pouvoir répondre aux besoins de sensibilisation des opérateurs agricoles et de prédiction des récoltes.

Notre objectif est de décrire localement cette relation et de suggérer une démarche en vue de la quantification de la baisse de rendement due à l'érosion au champ.

1-MILIEU

L'étude est conduite sur des sols ferrugineux sableux, en savane soudanienne du Nord Cameroun. Ces sols supportent la majorité de l'agriculture de la région qui reste essentiellement pluviale. La rotation cotonnier-cultures vivrières, notamment le maïs et l'arachide y est encouragée.

1.1.Pluviosité :

Hauteur moyenne annuelle :1250 mm.(1000 - 1500)

Saison pluvieuse :Avril/Mai à Octobre.

Forte fréquence de grosses averses (≥ 60 mm.)et des séries d'averses.

1.2.Lithologie :

La lithologie est très variée :granites, grès, schistes, micaschistes, etc...Le site expérimental est sur un grès ferrugineux.

1.3.Pédologie :

Tableau 1:Quelques resultats d'analyse de l'horizon humifère non perturbé (0 -10 cm) des sols du site

Paramètres	Savane brûlée et pâturée	jeune défriche (3ans)		Vieille défriche (33 ans)
		bloc A	bloc B	bloc D
pH eau	6.2	6.0	5.6	5.0
Carbone %	0.65	0.27	0.34	0.25
Sables gros. %	66.1	65.4	71.5	57.3
Sables fins %	14.4	14.8	13.4	21.8
Limons %	13.8	15.4	13.0	15.0
Argile %	5.4	5.1	3.5	5.6

1.4. Système de culture :

-blocs de culture carrés, d'unité 1/4 ha.(50 m x50 m).

-rotation cotonniers/vivriers (maïs, sorgho, arachide)

-intensification par : labour à la charrue, engrais minéraux, protection végétale, variétés améliorées);

-labour :75 % des surfaces cultivées sont labourées à la charrue à soc en traction bovine, le reste en travail manuel ou en motorisation (SODECOTON 1990)

-engrais :un complexe NPKSB (15.20.15.6.1.) et l'urée (45 % de N) sont utilisés :

coton en semis précoce : 200 kg/ha NPKSB + 50kg/ha.Urée au semis, puis 50kg/ha.urée au buttage, 30 -45 jours après semis

coton en semis tardif entre le 20juin et 10 juillet :

100 kg/ha.NPKSB + 50 kg/ha.Urée au semis et 50 kg/ha.Urée au buttage (30-45 jours après semis).

Maïs :100 à 200 kg/ha.NPKSB + 50 à 75 kg/ha.Urée au semis et 50 à75 kg/ha Urée au buttage (30-45 j.) selon le niveau d'intensification.

2-METHODE :

L'étude s'appuie sur trois approches :

.une enquête en champs paysans ;

.des mesures de ruissellement, de pertes en terre et de production végétale en parcelles d'érosion ;

.un essai de décapage du sol sur des épaisseurs variables.

2.1.L'enquête : Au cours de l'enquête (octobre 89 -septembre 90),(BOLI et al, 1991), tous les blocs de culture (5 à 30 ha.chacun) de sept villages de l'arrondissement de Tcholliré ont été visités. Les manifestations de l'érosion ont été relevées ;les surfaces marquées sevérement par celle-ci ont été évaluées ;le terrain (sol, pente, surface,etc...), les pratiques culturales et les plantes ont été observés.

2.2.Les parcelles d'érosion : Trois blocs de parcelles d'érosion A,B,et D, de pentes respectives 1.0, 2.0 et 2.5 %, contiennent chacun une parcelle de 100m² recevant du fumier de chèvre à 3 % d'azote. Chaque parcelle reçoit l'équivalent de 3t/ha. an de ce fumier en plus d'une fumure minérale uniforme. Le fumier est épandu à la main avant le labour à la charrue à soc. Les 3 blocs représentent 3 niveaux de sensibilité à l'érosion déterminés par l'âge de la défriche, le degré de pente et une légère variation texturale.

2.3.L'essai décapage : Après un test d'homogénéité en 1992, le décapage a été réalisé en 1993 avec des pelles manuelles. Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher randomisé à six traitements (0 ;5.0 ; 7.5 ;10.0 ;12.5 et 15.0 cm.d'épaisseur de sol décapé) et trois répétitions. Après le décapage, les parcelles ont été labourées à la charrue à soc en traction bovine. Une fertilisation minérale uniforme a été appliquée sur toutes les parcelles :100 kg/ha N15.P20.K15.S6.B1.+ 50kg/ha d'Urée à 45 % N, au semis, puis 50 kg/ha d'Urée 45 jours après semis. La variété de Maïs CMS8507 a servi de plant test à la densité de 50000 poquets à l'hectare. Les comptages de plants ont été faits à la levée et à la récolte. Les observations générales ont été faites sur la végétation. Les grains et les pailles ont été pesés après séchage à l'air.

3-RESULTATS :

3.1.Enquête :

-Sur jeune défriche (1-5 ans) et en traction bovine, l'érosion reste faible, localisée, apparemment sans effet visible sur le rendement du cotonnier ou du maïs.

-sur vieille défriche, plus de 10 années de culture continue,l'érosion est importante, parfois spectaculaire. On peut distinguer trois zones où la culture est affectée visuellement par l'érosion en rigole :

.le centre de la rigole où les plants ont été arrachés ;

.le voisinage de la rigole où les plants ont été déchaussés ;

.le cône d'atterrissement où les plants sont enterrés où recouverts par les sédiments au-delà du collet.

Les aires ainsi affectées, représentent sur vieilles défriches, environ 10 % de la superficie du champ.

3.2.Parcelles d'érosion :

Les réponses du maïs et du cotonnier au fumier de chèvre à trois niveaux de sensibilité du sol à l'érosion hydrique sont données dans le tableau 2.

Tableau 2 : Comparaison de l'érosion (t/ha/an) aux rendements (qt/ha) grain et résidus de maïs et de coton sur les parcelles fumées des blocs A, B et D.

Année (culture)	Bloc	Erosion t/ha/an	Rdt grain q/ha	Rdt résidus q/ha
1992 Maïs	A	6.3	96.0	54.0
	B	21.1	58.0	41.0
	D	31.4	53.0	52.5
1993 Coton	A	3.2	29.5	82.5
	B	6.2	27.0	72.0
	D	15.6	20.7	51.0

Dans chacun des trois blocs, le rendement de la parcelle au fumier a été supérieur à ceux des autres parcelles de même itinéraire technique hormis l'apport de fumier. Des pluies battantes ont affecté la densité de la population dès la levée, en fonction de la sensibilité de chaque bloc à l'érosion en 1993 (tableau 3).

Tableau 3 : Comparaison du nombre de plants de cotonniers récoltés aux rendements et aux érosions du traitement fumier des blocs A, B et D (1993).

Culture (année)	Bloc	Nbre plants récoltés/100m2	Rdt grain q /ha	Erosion t/ha/an
Coton (1993)	A	321	29.5	3.2
	B	306	27.0	6.2
	D	244	20.7	15.6

3.3.Essai décapage :

Le tableau 4 donne les rendements de maïs (grain sec et paille) en fonction de l'épaisseur de sol décapé.

Tableau 4: Effet de l'épaisseur de décapage du sol (cm.) sur le rendement de maïs (qt/ha) en grain et en paille.

Décapage(cm)	0.0	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
Rdt grain (q/ha)	21.6	15.0	15.4	14.2	13.0	9.5
Rdt paille (q/ha)	55.7	52.7	48.6	51.2	44.1	45.6

Les décolorations du limbe des feuilles caractéristiques de la carence en zinc, ont été observées sur toutes les parcelles décapées (même de 5 cm.seulement) dès le stade 3 feuilles.

Tableau 5 :Effet de l'épaisseur de décapage (cm.)sur le % de poquets levés, de poquets récoltés par rapport aux levés et d'épis vides.

Décapage (cm)	Poquets levés %	Poquets récoltés %	Epis vides %
0.0	94.3	99.8	5.6
5.0	96.4	100	12.5
7.5	95.6	99.1	9.3
10.0	96.5	99.5	13.7
12.5	96.5	99.7	10.6
15.0	96.5	99.7	11.5

4 DISCUSSIONS :

L'observation directe permet de saisir deux modes d'action de l'érosion hydrique contribuant à la baisse des rendements :

1°-action sur la population des plants (comptage à la récolte);

2°-spoliation du sol de ses facteurs de fertilité:éléments fertilisants, argile, matière organique.

L'effet sur la population des plants est quantifiable au champ (enquête).Il provient :

.de manquants à la levée suite à une pluie battante intervenant après le semis sur sol peu stable ; les graines sont alors emportées ou mises à nu.

.de l'arrachement des plants dans les rigoles ;

.des plants enfouis ou à collets enterrés dans les aires d'atterrissement des sédiments.

Les plantes qui se trouvent au voisinage des rigoles ne peuvent pas compenser par leur développement les vides créés par l'érosion. Ces plantes sont les plus affectées par le déchaussement et la disparition des éléments fertilisants. Les vides laissés par l'érosion constituent donc un paramètre de réduction absolue de la productivité.

Généralement cette forme d'action n'apparaît que lorsque le sol a atteint un degré de dégradation notable, caractérisé par une forte instabilité à l'eau. Elle commence après quelques années de culture et augmente avec le temps de la même manière que le facteur de l'érodibilité K de Wischmeier (Roose et Sarraih, 1989).

La spoliation du sol de ses facteurs de fertilité est certainement l'une des formes les plus insidieuses de l'érosion. Le décapage entraîne une baisse régulière du rendement de maïs (grain et paille), malgré l'apport d'une fumure minérale NPKSB. Il n'a pas affecté la levée ni le nombre de plants à la récolte. Par contre le nombre moyen d'épis vides dans les traitements décapés est le double de celui du témoin non décapé (tab. 5) Par ailleurs l'amplitude maximale de la baisse de rendement grain (56 %) est supérieure à celle du rendement paille (21 %).

Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que certaines carences minérales tels les oligo-éléments (Zn) et d'autres propriétés du sol (baisse de capacité de rétention en eau) induites par le décapage affectent plus la formation des grains que la production de la biomasse verte. Le décapage des 5 premiers centimètres entraîne une réduction de rendement de 30 % contre 4 % pour les 5 centimètres suivants. Cette différence est attribuée à la distribution de la matière organique, principal facteur de fertilité dans cet horizon. Le décapage des 15 premiers centimètres fait apparaître après labour, une remontée de gravillons. La teneur en terre fine, autre facteur de fertilité du sol, s'en trouve affectée, d'où une réduction de rendement de 27 % par rapport à celui de la tranche sus-jacente (décapage de 12.5 cm).

Par ailleurs, sur les parcelles d'érosion voisines, on observe une diminution du rendement avec l'augmentation de l'érosion des parcelles fumées. A côté de probables améliorations physiques du sol, le fumier de chèvre apporte 90 kg/ha.d'azote libérés progressivement. Il est évident que si l'érosion emporte la fumure (fumier,Urée,NPK...) elle n'aura pas d'effet sur la productivité. L'effet de l'érosion sur les rendements est bien plus fort s'il s'agit d'érosion en nappe sélective vis-à-vis des particules fines et des nutriments que s'il s'agit d'un simple décapage (tab.6). A ce niveau, la notion d'érosion tolérable devient très relative et ne saurait être généralisée.

Tableau 6 :Variations de rendements (dt.Rdt) comparées aux variations d'érosion (dt.Er.) en nappe dans les parcelles fumées. (da # 1.5).

	Variations érosion: t/ha/an (mm/an)	Variations rendements qtx/ha (%)
Maïs	10.3 (0.66)	5.0 (8.6)
	14.8 (0.98)	38.0 (39.5)
	25.1 (1.67)	43.0 (44.8)
Coton	3.0 (0.25)	2.5 (8.5)
	9.4 (0.62)	6.3 (23.3)
	12.4 (0.82)	8.8 (30.0)

On note des baisses de rendement importantes pour de très faibles pertes en terres par rapport à l'essai décapage.

On observe en plus que les taux de variation des rendements maïs sont plus élevés que ceux du coton pour les parcelles les plus sensibles à l'érosion. Si on fait la relation $dt.Rdt. = f(dt.Rr)$, on obtient une courbe en S, qui signifie qu'une fois que le facteur de productivité est épuisé par le ruissellement et le drainage, les pertes en terre complémentaires ont moins d'effet sur les rendements.

5-CONCLUSION :

Cette étude tend à démontrer sur un sol ferrugineux sableux du Nord Cameroun, que l'érosion a un impact négatif sur les rendements des cultures à travers la densité de la population des cultures et les pertes en facteurs de fertilité (nutriments, matière organique et argile).

IL semble évident que pour assurer à long terme une bonne production, il faut stabiliser les terres et éviter que le ruissellement emporte les graines, les plants, les fertilisants et les particules fines.

Le cadre de l'évaluation de cette relation entre l'érosion et la productivité d'un sol a été déterminé par la combinaison de 3 méthodes :

- l'enquête sur les champs des paysans, pour l'effet sur la densité des plants à la récolte ;
- les parcelles d'érosion, et
- les parcelles décapées,

pour les effets de spoliation du sol de ses facteurs de fertilité.

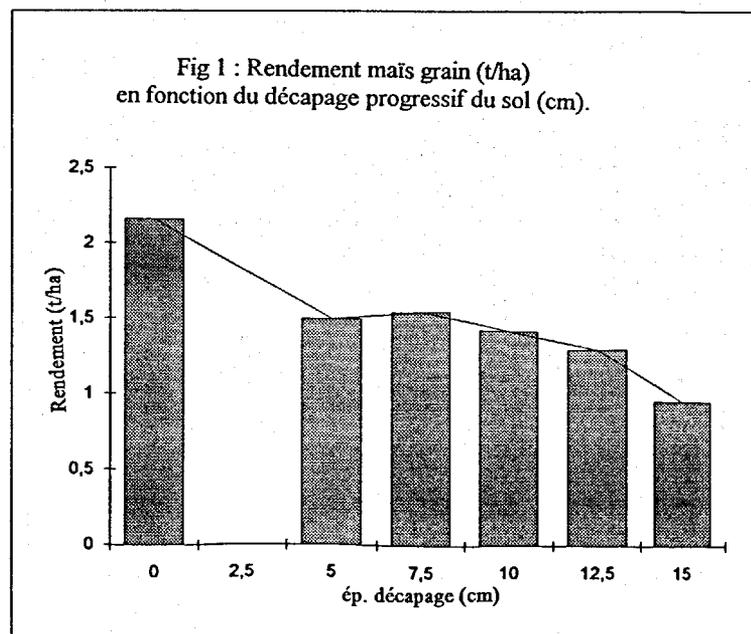
Dans le cas étudié, cette relation n'est pas linéaire :l'érosion des premiers centimètres a un impact très fort sur les pertes de productivité.

L'apport d'engrais minéraux n'a pas compensé les pertes de facteurs de productivité par l'érosion.

Les pertes en terre (en mm/an) par l'érosion en nappe sélective sont beaucoup plus dangereuses que par simple décapage..La notion d'érosion tolérable (1 à 12 t/ha/an) est donc relative en fonction de la répartition des facteurs de fertilité dans le profil cultural et peut-être du type de plante.

BIBLIOGRAPHIE

- BOLI(Z.),BEP a ZIEM,ROOSE (E.),1991 - Enquête sur l'érosion pluviale sous rotation coton/céréales dans la région de Tcholliré (Sud-Est-Bénoué) Nord Cameroun. Bull. Rés. Erosion n°11,127-138.
- CHARRIERE(G.),1984 - La culture attelée :un progrès dangereux. Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum., vol. XX, n°3-4, 1984:647-656.
- DE KIMPE(C.R.),LAVERDIERE(M.R.),ZIZKA(J.),1981 - Effet du modelage des champs sur l'hétérogénéité des sols et les rendements en maïs graino. Can. J. Soil Sci. 61 :225-236.
- EL SWAIFI(S.A.),DANGLER(E.W.)and ARMSTRONG(C.L.),1982 - "Soil erosion by water in the Tropics". Edit HITAH, Univ. Hawai, 173p.
- HART(P.B.S.),HEALY(N.B.)1980 - Topsoil removal and the restoration of pasture and soil productivity. Int. Rep., Soil Bureau, Dept. of Scientific and Industrial Research, New-Zeland.
- HARROY(J.P.),19446 - Afrique, terre qui meurt. Bruxelles, Edit. Marcel Hayez, 558p.
- HUDSON(N.W.),1961 - An introduction to the mechanics of soil erosion under tropical rainfall. Proc. of Rhodesian Scientific Assoc.:XLIX, 1:15-25.
- JESSOP(R.S.),et al.,1985 - The effect of landforming on crop production on a red-brown earth. Aust. J. Soil Res. 23:85-93.
- LAL(R.),1976 - Soil erosion problems on an alfisol in western Nigeria and their control. IITA Monograph n°1,208p.
- MBAGWU(J.S.C.),LAL(R.),SCOTT(T.W.),1984 - Effects of artificial desurfacing on alfisols and ultisols in Southern Nigeria :I. Crop performance. Soil Sci. Soc. Am. J., vol. 48.
- MBAGWU(J.S.C.),LAL(R.),SCOTT(T.W.),1984 - Effects of artificial desurfacing on alfisols and ultisols in Southern Nigeria :II. Changes in soil physical properties. Soil Sc. Soc. Am. J., vol. 48.
- PIERI(C.),1989 - Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Paris, Min. Coopération, CIRAD, 444p.
- ROGOWSKY(A.S.),1985 - Evaluation of potential topsoil productivity. Environmental geochemistry and health 7,3:87-97.
- ROOSE(E.),SARRAILH(J.M.)1989-90 - Erodibilité de quelques sols tropicaux. Vingt années de mesures en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXV, n°1-2:7-30.
- ROOSE(E.),1994 - Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols :G.C.E.S. Nouvelle stratégie de lutte antiérosive. Bulletin des sols de la F.A.O.,ROME, n°70, 420p.
- ROSS(D.J.),et al. 1982 - Restoration of pasture after topsoil removal: effects on soil carbon and nitrogen mineralization. Soil Biol. Biochem. Vol. 14:578-581.
- STALLING(J.H.),1953 - Continuous plant cover: the key to soil and water conservation. J. Soil and Water Conservation 8:63-68
- WISCHMEIER(W.H.),SMITH(D.D.),and UHLAND(D.R.),1958 - Evaluation of factors in the soil loss equation. Agric. Eng., 39:458-462, 474





**Photo A : Rigole et épandage de sable dans un champs de cotonnier :
Bocklé, Garoua, Nord-Cameroun, 1989.**



**Photo B : Parcelles d'érosion après labour :
Bloc C , Mbissiri, Tcholliré, Nord-Cameroun, 1994.**

Fig 2 : Rendements de maïs et de coton (q/ha) en fonction de l'érosion (t/ha/an) des parcelles avec fumier de chèvre (MBOISSIRI, 1992 et 1993).

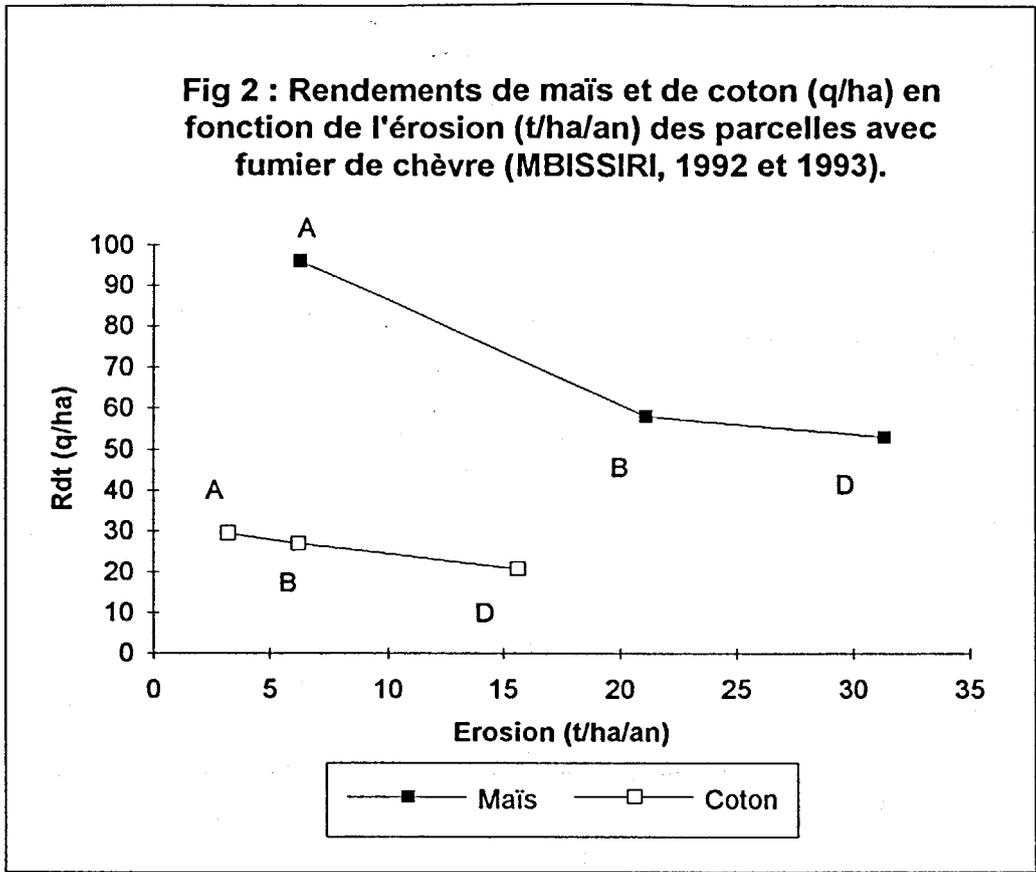


Fig 3 : Différences de rendements (q/ha) de maïs et coton, comparées aux différences d'érosion (t/ha/an) correspondantes.

