

Coût de l'épuisement du sol en zone cotonnière camerounaise: impact sur l'environnement

F. Mahop* & E. Van Ranst**

Keywords: Mineral balance – Gross margin – Cotton – North-Cameroon.

Résumé

Le développement de la culture cotonnière au Nord-Cameroun se heurte à une insuffisance de terres fertiles, en raison de leur dégradation et de la concurrence d'autres cultures. Dans ce contexte, le passage de la culture itinérante du coton à la culture fixée nécessite que l'on porte une attention particulière à la dégradation de la fertilité des sols. L'approche proposée, basée sur l'analyse du bilan minéral de la culture (exportation – apports éléments NPK), a permis d'estimer le coût de l'épuisement du sol par rapport au prix des engrais. L'application de cette méthode au cas du bassin cotonnier camerounais montre qu'en réalité, 22,5% environ de la marge brute par hectare provient de l'épuisement du sol.

Summary

The expansion of cotton cultivation in North-Cameroon is restricted due to insufficiency of fertile land, as a result of soil degradation and competition from other crops. In this context, the transition from shifting cultivation towards a sustainable system of cotton production requires a particular attention with regard to soil fertility degradation. The proposed approach, based on determination of the mineral balance due to crop cultivation (exportation – supply of NPK), allowed to estimate the cost of soil fertility degradation with respect to fertilizer prices. Application of this methodology to the cotton basin in North-Cameroon, revealed that approximately 22,5% of the gross margin per hectare results from soil degradation.

Introduction

La culture cotonnière au Nord-Cameroun a connu un développement remarquable depuis le début des années soixante, où la surface plantée était d'environ 65 000 ha pour une production de 30 000 à 40 000 tonnes, jusqu'à la fin des années quatre-vingt où la surface atteint 100 000 ha pour une production de 120 000 à 150 000 tonnes de coton-graine (12). Cette performance, certes, est le résultat de l'amélioration simultanée des pratiques culturales et de la sélection variétale, mais c'est surtout l'intérêt des cultivateurs pour cette culture. Cependant, au début des années soixante-dix, les services d'encadrement ont constaté en plusieurs localités de la zone cotonnière, un plafonnement, voire une diminution des rendements. Ces constats semblent remettre en cause la rentabilité des programmes d'intensification et traduisent une dégradation des terres dans les systèmes de culture actuels. Il a semblé opportun, à la lumière de cette situation, d'évaluer le coût financier de l'épuisement du sol par la culture cotonnière, par rapport au niveau d'intensification actuelle.

terres centrales, jusqu'au lac Tchad, et compte une population de 2 400 000 habitants environ, inégalement répartis sur une superficie de 100 530 km².

Matériel et méthodes

Données générales

La culture cotonnière au Nord-Cameroun est concentrée entre le 8^e et le 10^e degré de latitude nord. Elle intéresse toute la partie du territoire située au nord du 7^e parallèle (Figure 1). Cette région, communément appelée bassin cotonnier, couvre les régions septentrionales du pays depuis la bordure nord des hautes

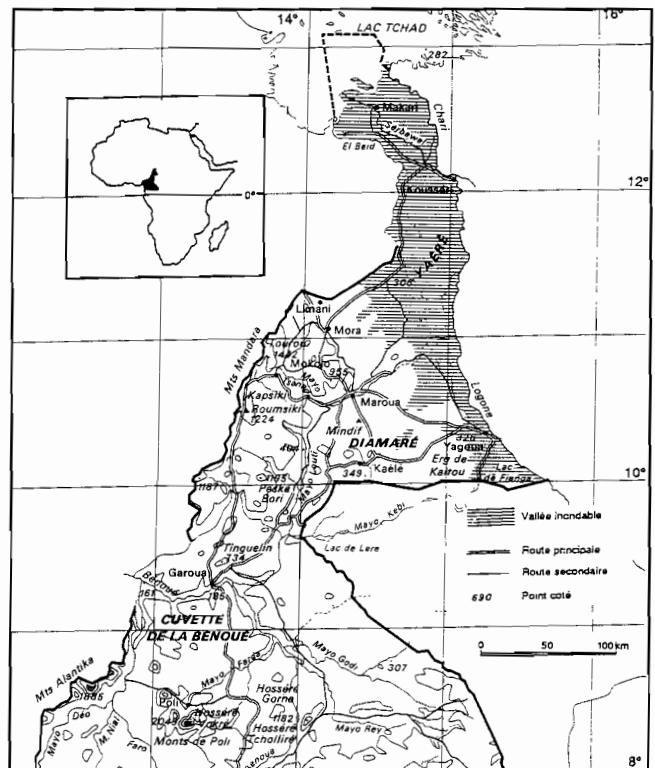


Figure 1. Carte de situation de la zone d'étude.

* Université de Dschang, Département des sciences du sol, B.P. 222 Dschang, Cameroun.

** Université de Gand, Laboratoire de pédologie, Krijgslaan 281 (S8), 9000 Gand, Belgique.

Reçu le 29.10.96 et accepté pour publication le 10.02.97.

La distribution des zones de culture cotonnière au Cameroun est régie par les conditions climatiques, pédologiques et humaines. Le régime climatique, de type tropical contrasté, comprend:

(1) *le climat soudano-sahélien*, puis *sahélien* (stations de Maroua et Kousséri) lui succède vers l'extrême-nord. La saison sèche s'allonge de 6 à 8 mois à mesure que les précipitations diminuent (800 mm à Maroua, 600 mm à Kousséri). La température moyenne annuelle est de 28-29°C, avec une amplitude annuelle de 6°C;

(2) *le climat soudanien* (station de Garoua) couvre l'ensemble de la cuvette de la Benoué dont l'altitude est comprise entre 200 et 400 m. La pluviométrie varie graduellement de 1400 à 800 mm vers le nord, et comporte 4 à 6 mois secs. La température moyenne est proche de 27°C.

Les sols

Le coton est principalement cultivé sur les sols ferrugineux plus ou moins lessivés. Ces sols, généralement de bonne qualité physique, présentent des réserves chimiques faibles et leur potentiel de production est limité en culture continue sans fertilisation. On cultive également le coton sur les sols alluviaux le long des dépressions inondables (6).

Utilisations des terres pour la culture cotonnière

Un mode d'exploitation (culture pluviale) et trois types d'utilisations des terres pour la culture cotonnière ont été identifiés (7). Les trois types d'utilisation sont respectivement:

- (i) la culture traditionnelle, représentant environ 5% des surfaces cultivées (avec un rendement de l'ordre de 500 à 700 kg ha⁻¹);
- (ii) la culture attelée (85% avec des rendements variant entre 900 et 1500 kg ha⁻¹); et

(iii) la culture motorisée (10% avec un rendement moyen supérieur à 1400 kg) pratiquée surtout dans le sud-est du bassin cotonnier.

La culture attelée reste la pratique la plus répandue et le labour, le mode de préparation dominant (92%).

En ce qui concerne la fertilisation de la culture cotonnière, la vulgarisation, assurée par la Société de développement de la culture cotonnière (Sodécoton), propose les doses suivantes par hectare en fonction de la date de semis (semis tardif = quantités moins importantes):

Zone nord (Diamaré) 100 kg NPKSB (15-20-15-6-1)
ou 400 kg de tourteau de coton
200 kg NPKSB
ou 800 kg de tourteau de coton

Zone sud (Benoué) 100 kg NPKSB + 50 kg d'urée
200 kg NPKSB + 50 kg d'urée

Les types et les quantités d'engrais ainsi définis doivent être combinés en moyenne à six traitements phytosanitaires par campagne. Ces recommandations, pour des raisons diverses, ne sont généralement pas respectées, comme le montre le tableau 1. La production du coton est assurée principalement par la variété IRMA 1243, et à moindre échelle par IRMA BLT (5). IRMA 1243 sera progressivement remplacée par de nouvelles variétés sorties des sélections de Maroua et Garoua. À ce niveau, un bel avenir semble promis à STAM F, W855, W835, et X1178 (12). Les cotonniers pérennes continuent à être exploités de façon traditionnelle (10).

Données économiques

Comme le montrent les chiffres du tableau 2, la rémunération paysanne a fortement diminué depuis 1986. Le prix d'achat du coton aux producteurs a chuté de près de 32 % en 1990 entraînant une diminution de la marge brute après remboursement des intrants de l'ordre de 48 %. Les revenus par planteur, eux, ont baissé de moitié entre 1986-1992. Le tableau 3 présente le prix de vente des principaux types d'engrais utilisés en zone cotonnière.

Méthode

La méthode suivie comporte les étapes suivantes:

- (i) estimation des exportations des éléments NPK pour un rendement moyen de 1 300 kg ha⁻¹ observé en sept campagnes (1985-1992) à la Sodécoton;
- (ii) évaluation des besoins en engrais pour produire 1 300 kg ha⁻¹; et
- (iii) calcul de l'épuisement du sol en terme monétaire par estimation du coût total de la compensation des pertes du sol, et la valeur de fumure utilisée annuellement pour l'ensemble du bassin cotonnier.

Estimation des exportations moyennes de NPK

À partir des prélèvements des éléments nutritifs par la plante et leur concentration dans les différentes parties

Tableau 1

Niveau d'intensification et rendements moyens observés en culture commerciale dans le bassin cotonnier camerounais

Région	Secteur	Engrais (kg ha ⁻¹)	Nombre de traitements	Rendement (kg ha ⁻¹)
Plaine Diamaré	Maroua	90	5,1	975
	Kaélé	111	4,8	1037
	Tchatibali	134	5,0	1054
Nord-Benoué	Guider	141	4,8	1450
	Garoua Est	181	4,7	1590
Sud-Benoué	Garoua Ouest	200	5,2	1535
	Touboro	215	5,3	1542

source: sodécoton (12)

Tableau 2
Évolution de la rémunération paysanne de la filière coton.

Élément de rémunération	1985/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92
Valeur Production coton							
• Prix moyen (Fcfa kg ⁻¹)	136,13	134,29	126,07	123,51	90,94	90,66	93,13
• Achats coton (millions Fcfa)	15 729	16 487	14 334	20 433	9 447	10 268	10 650
• Ristourne (millions Fcfa)	1 733	1 842	1 313	-	-	-	-
Rendements (kg ha⁻¹)	1 295	1 300	1 200	1 482	1 167	1 207	1 273
Revenus producteurs (Fcfa)							
• Revenus par tonne							
• Revenus bruts	136 129	134 290	126 066	123 510	90 943	90 659	93 126
• Charges	22 243	21 316	26 366	24 268	25 231	24 578	23 058
• Revenus nets	113 886	112 928	99 699	99 242	65 711	66 081	70 068
• Ristourne	15 000	15 000	15 000	0	0	0	0
• Revenus totaux	128 886	127 928	114 699	99 242	65 711	66 081	70 068
• Revenus par hectare							
• Revenus bruts	176 270	174 539	151 287	183 083	106 140	109 450	118 533
• Charges	28 801	27 764	31 641	35 973	29 448	29 672	29 349
• Revenus nets	147 469	146 775	119 646	147 110	76 692	79 778	89 184
• Ristourne	19 423	19 496	13 856	0	0	0	0
• Revenus totaux	166 892	166 271	133 501	147 110	76 692	79 778	89 184
• Revenus par planteur							
• Revenus nets	92 099	95 860	75 010	84 361	40 384	42 750	46 457
• Charges/revenu (%)	16,34	15,91	20,91	19,65	27,74	27,11	24,76

Source: Sodécoton (12)

du végétal, on peut estimer de manière quantitative l'espérance de rendement (3, 14, 15, 16).

Le prélèvement d'un élément nutritif (PEN) par la plante peut être estimé par la relation:

$$PEN = RCi * CMERci + (Bn - RCi) * CMERes$$

PEN = prélèvement total de l'élément par la plante (kg ha⁻¹)

RCi = rendement cible ou observé (1 300 kg ha⁻¹)

CMERci = concentration moyenne de l'élément dans RCi (kg kg⁻¹)

Bn = biomasse nette calculée selon la méthode FAO (4) (kg ha⁻¹)

Bn-RCi = résidu de culture (kg ha⁻¹)

CMERes = concentration moyenne de l'élément dans le résidu de culture (kg kg⁻¹)

La majorité des références bibliographiques donnant des estimations des exportations minérales du cotonnier les rapportent à la production du coton-graine. Une extrapolation des données à une situation précise ne peut se faire qu'avec une précision faible, comme le montre le tableau 4 présentant les exportations minérales du cotonnier, calculées à partir des données recueillies par l'IRCT (Institut de Recherches du Coton et des Textiles exotiques), assorties de leur coefficient de variation pour bien indiquer les limites. Les valeurs de CMERci et CMERes pour N, P et K sont tirées du tableau 4.

Le calcul de la biomasse nette du bassin cotonnier camerounais (7) basé sur le modèle de croissance des plantes développé par la FAO (4), est donné par la relation:

$$Bn = [0,36 * bgm * KLA] / [(1/L) + 0.25 * Ct]$$

Bn = biomasse nette calculée en matière sèche (kg CH₂O ha⁻¹)

bgm = taux maximum de production brute de matière sèche (kg CH₂O ha⁻¹ h⁻¹)

KLA = facteur de correction pour un indice foliaire (LAI) inférieur à 5 m² m⁻²

L = nombre de jours nécessaires à la plante pour atteindre sa maturité

Ct = coefficient de respiration (fonction de la température t)

Tableau 3
Prix de vente des engrais aux producteurs

Type d'engrais	Coût des engrais	
	Fcfa/sac de 50 kg	Fcfa kg ⁻¹
Engrais complet type NPKSB 15-20-15-6-1	6 000	120
Engrais complet type NPKSB 22-10-15-5-1	6000	120
Urée	5000	100
Phosphate	5000	100
KCl	5000	100
Tourteau de coton complétement	1250	25

Source: Sodécoton, note de service n° 118/92/DAR/LG/JG concernant prix de vente des intrants - campagne 92/93

Tableau 4

**Exportations moyennes par kg du cotonnier
en conditions pluviales africaines
Données recueillies par l'I.R.C.T.**

Exportations	Éléments (kg kg ⁻¹)					
	N	S	P	K	Ca	Mg
Coton-graine	0,017	0,002	0,003	0,006	0,001	0,002
CV%	10,7	81,0	25,9	17,1	37,5	13,2
Résidu	0,006	0,002	0,002	0,010	0,008	0,002
CV%	18,1	74,8	32,1	28,2	38,9	25,6

Source: Braud, 1987 (1)

Prélèvement de base (PB)

$$PB = RT * PEN/RCi$$

avec

PB = prélèvement de base de l'élément (fertilité naturelle du sol) (kg ha⁻¹)

RT = rendement du témoin sans engrais (kg ha⁻¹)

PEN = prélèvement total d'élément par la plante (kg ha⁻¹)

RCi = rendement cible ou observé (1 300 kg ha⁻¹)

Estimation des besoins en engrais

Les prélèvements par la plante comprennent ce que l'on récolte, c'est-à-dire le coton-graine, mais aussi les parties de la plante qui ne sont pas restituées au sol. Les pertes d'éléments nutritifs par percolation profonde ou lixiviation sont généralement moins fortes en zone soudanienne ou soudano-guinéenne qui présentent des excédents pluviométriques. Ces pertes ont été chiffrées dans le centre de la Côte-d'Ivoire où elles représentent 7 à 17 kg de N, 1 à 2 kg de K₂O, 18 à 50 kg de CaO, et 6 à 21 kg de MgO par hectare (11). Il faut aussi tenir compte des pertes par volatilisation qui concernent l'azote (20 à 30 %) des apports sous forme d'engrais chimiques (11).

Les besoins en engrais pour atteindre un rendement cible peuvent être calculés si on connaît:

(i) les prélèvements de base par la plante (fertilité naturelle);

(ii) les prélèvements totaux de chaque élément (PEN) pour atteindre le rendement cible (RCi);

(iii) la fraction de l'élément qui est prélevée par la plante ou en d'autres termes le coefficient d'utilisation des engrais (CUE); et

(iv) la concentration de l'élément (CE) dans l'engrais.

$$BE = (PEN - PB)/(CUE * CE)$$

avec

BE = besoins en engrais

PEN = prélèvements totaux

PB = prélèvement de base

CUE = coefficient d'utilisation des engrais

CE = concentration de l'élément dans l'engrais

Le coefficient d'utilisation des engrais (CUE)

En théorie, le coefficient d'utilisation des engrais peut prendre des valeurs comprises entre 0 et 1. En pratique, il varie de l'ordre de 0,1 à environ 0,8. Un coefficient d'utilisation de N et K de l'ordre de 0,5 à 0,6 est considéré comme normal (3, 15, 16). Quant au coefficient d'utilisation du phosphore, il varie avec le pouvoir fixateur des sols: de 0,3 pour les sols sableux à 0,02 pour les sols volcaniques riches en allophane (3). Le coefficient 0,2 utilisé dans cette étude correspond en moyenne à celui de la gamme des sols fréquemment cultivés en coton (sols ferrugineux à pH faiblement acide, sols alluviaux jeunes).

Résultats et discussion

Pour un rendement moyen de 1300 kg ha⁻¹ observé en zone cotonnière pendant une période de sept ans, on peut déterminer les besoins en azote, phosphore et potassium, permettant d'équilibrer le bilan minéral des sols.

Prélèvements totaux de N

Les prélèvements totaux de l'azote sont donnés par la relation,

$$PEN(N) = 0,017 \times 1300 + (8666 - 1300) \times 0,006 = 66 \text{ unités de N}$$

Prélèvement de base (PB)

$$PB(N) = RT * PEN(N)/RCi$$

avec

PB(N) = prélèvement de base de N

RT = rendement du témoin

Ainsi pour un prélèvement de base par le témoin produisant 700 kg ha⁻¹,

$$PB(N) = 700 \times 66/1300 = 35,5 \text{ unités de N.}$$

Besoins totaux pour compenser les prélèvements et autres pertes

À la lumière des travaux réalisés par l'IRCT (2), au centre de la Côte-d'Ivoire et sur la base des informations recueillies à partir d'autres références bibliographiques (3, 14, 15, 16), on peut estimer le coefficient d'utilisation des engrais azotés et potassiques à 0,6 ou 60%. La concentration de l'azote dans un engrais donné (par exemple, l'urée à 46 %) permet de calculer les quantités moyennes d'engrais azotés nécessaires à l'équilibre:

BE (N) = $(66 - 35,5)/(0,6 \times 0,46) = 110,5$ kg d'urée ou 50,8 unités fertilisantes.

Les résultats du même calcul fait pour les éléments P et K sont consignés dans le tableau 5.

Besoins minimum en engrais

Les exportations annuelles en NPK présentées dans le tableau 5, (50,8 N, 43 P₂O₅, 62,7 K₂O) doivent être compensées au minimum par 215 kg de NPKSB (15-20-15-6-1) qui apportent 32,3 N, 43 P₂O₅ et 32,3 K₂O. Le complément en N et K soit 18,5N et 30,4 K₂O, peut être fourni par 40 kg d'urée à 46% et 50,7 kg de KCl à 60%.

Coût minimum des engrais par hectare

Le coût minimum des engrais calculé sur la base des prix pratiqués par la Sodécoton en 1992 (cf. tableau 3) est de:

215 kg de NPKSB x 120 Fcfa	=	25 800 Fcfa
40 kg d'urée x 100 Fcfa	=	4 000 Fcfa (1 FF = 100 Fcfa)
50,7 kg de KCl x 100 Fcfa	=	5 070 Fcfa
Total	=	34 870 Fcfa

Si l'on considère 100 000 hectares cultivés par an, la valeur totale des exportations en NPK peut être estimée à : 34 870 Fcfa ha⁻¹ x 100 000 ha soit 3,487 milliards Fcfa. Il faut cependant tenir compte de la valeur des fumures utilisées dans l'ensemble du bassin cotonnier. Les quantités d'engrais consommées par la culture cotonnière en 1991 étaient évaluées à près de 13 860 tonnes. À la lumière de ces informations, si on estime à 14 000 tonnes la quantité d'engrais consommée annuellement par la seule culture cotonnière, représentant un investissement de 1,68 milliard de Fcfa (14 000 tonnes x 120 000 Fcfa), l'épuisement du sol est équivalent à 1,807 milliard de Fcfa (3,487- 1,68), soit 18 070 Fcfa ha⁻¹. La marge brute moyenne par hectare depuis la chute des prix du coton en 1989 de plus de 30 % est de l'ordre de 80 000 Fcfa par hectare (12). Peut-on conclure que 22,5 % ((18 070/80 000) x 100) du revenu agricole est basé sur l'épuisement du sol par la seule culture cotonnière ?

Ce calcul peut être affiné pour obtenir des données plus précises, mais l'ordre de grandeur estimé nous présente l'importance du phénomène. Le coût de la restitution n'étant pas proportionnel aux exportations, au-delà d'un certain seuil, la situation devient irréversible; la réhabilitation des terres est impossible. Des estimations effectuées en Côte-d'Ivoire (1), au Mali (13) et au Tchad (9) donnent un coût de dégradation du même ordre de grandeur (entre 14 000 et 20 000 Fcfa ha⁻¹).

Tableau 5

Besoins totaux en éléments fertilisants pour un rendement de 1 300 kg ha⁻¹

Éléments	CMErci	CMEres	PEN	PB	CUE	BE
	(kg kg ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)		%	(kg ha ⁻¹)
Azote	0,017	0,006	66,0	35,5	60	50,7
Phosphore	0,003	0,002	18,6	10,0	20	43,0
Potassium	0,006	0,010	81,5	43,9	60	62,7

Analyse de la situation

Les régimes fonciers ont un impact sur la gestion des terres. La zone d'étude fonctionne sous deux régimes fonciers traditionnels: une appropriation individuelle et une gestion collective des terres. À l'ouest du bassin cotonnier (zone montagneuse), la terre appartient à la collectivité, mais elle est partagée entre les différentes familles qui peuvent la transmettre par hérédité. Chez les musulmans qui occupent la plaine, la gestion de la terre revient au chef. C'est lui qui attribue la terre aux familles dont il a la responsabilité et aux immigrés.

Avec l'introduction de la culture cotonnière et d'autres cultures de rente, la terre a pris une valeur marchande. Les chefs traditionnels tendent à limiter les ventes définitives des terres au profit des locations. Cette pratique leur permet de garder le contrôle d'un espace convoité par les montagnards et d'autres peuples non musulmans. La prolifération des locations et surtout l'absence de sécurité des locataires font peser une menace au potentiel agricole.

Les locataires n'usent pas de la terre avec les mêmes soins que lorsqu'elle leur appartient. Ils ne peuvent pas planter d'arbres pour couvrir le sol et mettre ainsi sur pied un potentiel passif de renouvellement de la fertilité du sol. Le faire serait une preuve de la volonté d'appropriation du locataire. Conséquence : on exploite le sol et l'on va plus loin lorsqu'il est usé (8).

La suppression des acquisitions de terrains à la faveur de l'extension des locations risque d'être nocive au renouvellement d'un couvert végétal minimum et d'accentuer les effets de l'érosion. Les migrants, dans le bassin de la Benoué, victimes parfois des exactions des chefs traditionnels, exploitent le potentiel écologique comme s'il ne leur appartenait pas. Ils font de l'extensif et déboisent de larges superficies dont ils n'ont pas souvent l'usage immédiat. La perpétuation de telles pratiques menace de désertification un environnement dont il faudrait pourtant assurer la gestion harmonieuse.

Conclusion

La pression foncière est devenue plus contraignante dans la partie septentrionale du bassin cotonnier camerounais où les atteintes à l'environnement sont beaucoup plus marquées. Les problèmes de gestion de la fertilité des sols deviennent une contrainte majeure.

re, avec la disparition des jachères et une généralisation de la culture continue qui provoque une chute sensible des rendements. C'est ainsi que sur une grande partie de cette zone, l'évolution des conditions de production est préoccupante.

Certes, l'intensification de la culture cotonnière a apporté un début de réponse aux problèmes de fertilité des terres. L'agriculteur fait suivre son coton par des céréales (mil, sorgho) pour qu'elles bénéficient d'un arrière-effet de l'engrais épandu sur le coton. Mais cette réponse reste partielle car il est bien évident que cet arrière-effet n'est pas suffisant pour compenser les exportations du coton et celles des autres cultures qui

lui succèdent. Le principe de la méthode de calcul présentée donne un ordre de grandeur des exportations, mais il reste à valider les résultats pour motiver les bailleurs de fonds à prendre en compte le coût de la dégradation des ressources naturelles dans les calculs économiques des projets de développement agricole.

Remerciements

Les auteurs remercient le Fonds National pour la Recherche Scientifique (Belgique), pour le soutien financier accordé à cette étude qui constitue un volet du programme de recherche « Minéralogie et fertilité des sols tropicaux » (FNRS n° 2.0017.93).

Références bibliographiques

1. Braud, M., 1987. « La fertilisation d'un système de culture dans les zones cotonnières soudano-sahéliennes ». IRCT, Série Doc. Études et Synthèse n° 8. *Cot. fib. trop.*, 32 pp.
2. Cretenet, M., 1987 a. « Aide à la décision pour la fertilisation du cotonnier en Côte-d'Ivoire ». *Cot. fib. trop.*, XLII fasc. 4: 245-254.
3. Driessen, P.M. & Konijn N.T., 1992. *Land-use systems analysis*, Wageningen Agricultural University, Departement of Soil Science & Geology: Malang: INRES, 230 pp.
4. FAO, 1979. *Report on the Agro-Ecological Zones*. Project. Vol.I. *Methodology and results for Africa*. World soil resources report N° 48, 158 pp.
5. Lançon, J., Chanselme, J.L. & Klassou, C., 1990. « Représentativité des essais variétaux en milieu contrôlé, semi-réel ou réel dans la zone cotonnière du Nord-Cameroun ». *cot. fib. trop.* vol. XLIV fasc. 2: 117-122.
6. Mahop, F., Van Ranst E. & Seiny Boukar, L., 1995. Influence de l'aménagement des sols sur l'efficacité des pluies au Nord-Cameroun. *AFES. Etude et Gestion des sols*, 2, 2: 105-117.
7. Mahop, F., 1996. Élaboration d'un modèle d'évaluation biophysique et économique pour la culture cotonnière (*Gossypium hirsutum* L. Étude de cas: Nord-Cameroun. Thèse de doctorat en science, Fac. Sc. Université de Gand, Belgique, 342 pp.
8. PNUD-UNSO, 1993. *Gestion de l'espace et utilisation des ressources dans la région soudano-sahélienne*, 124 pp.
9. Raymond, G., 1992. « Gestion de la fertilité des sols et production cotonnière dans le sud-Tchad ». *Économie rurale*, n° 208-209: 125-128.
10. Seignobos, J. & Schwendiman, 1991. « Les cotonniers traditionnels du Cameroun ». *Cot. fib. trop.*, vol. 46, fasc. 4: 309-333.
11. Sement, G., 1986. *Le cotonnier en Afrique tropicale* ACCT, Paris, 133 pp.
12. Sodécoton., 1993. *Rapport annuel, campagne agricole 1992-1993*, 82 pp.
13. Van der Pol, F., 1990. *Soil mining as a source of farmers income in Southern Mali*. Agricultural Development Working paper. KIT (Institut royal des tropiques), 45 pp.
14. Van Diepen, C.A., Van Keulen, H., Wolf, J. & Berkhout, J.A.A., 1991. « Land evaluation: from intuition to quantification ». Dans: Stewart B.A. (ed). *Advances in Soil Science*, Vol. 15: 139-204. Springer-Verlag. New York.
15. Van Keulen, H. & Van Heemst, H. (EDS), 1982. « Crop response to the supply of macronutrients ». *Agric. Res.*, 916. Pudoc, Wageningen.
16. Van Keulen, H., 1986. « Crop yield and nutrient requirements ». Dans: Van Keulen et Wolf (EDS). *Modelling of agricultural production: weather, soil and crop*. Simulation Monographs, Pudoc, Wageningen. pp. 155-180.

F. Mahop, Camerounais, Dr Ir agronome, Dr en Sciences agronomiques. Travaille au Département des Sciences du Sol, Université de Dschang, Dschang, Cameroun.

E. Van Ranst, Belge, Prof. Dr en Sciences du Sol (RUG), M. Sc. en Pédologie. Directeur du Laboratoire de Pédologie à l'Université de Gand (RUG).