

Semaine F.I.S / ORSTOM
SUR L'AMELIORATION BIOLOGIQUE
DE LA FERTILITE DU SOL. DAKAR. SENEGAL.
19 - 25 MARS 1986

MATIERE ORGANIQUE DANS LES SOLS ET LA GESTION
DES RESIDUS CULTURAUX AU BURKINA FASO.

VICTOR HIEN
INSTITUT BURKINABE DE LA RECHERCHE
AGRONOMIQUE ET ZOOTECHNIQUE
B.P. 7192 OUAGADOUGOU.
BURKINA FASO.

RESUME

Les résidus cultureux sont en général exportés des champs à d'autres fins en Burkina Faso, notamment comme source d'énergie domestique. Il se pose le problème de restitution organique des sols à faible teneur en matière organique et à taux de minéralisation très élevé : environ 4% par an durant une quinzaine d'années d'exploitation continue, HIEN et Al (1984). Cette caractérisation du phénomène est le point de départ de nos études sur les effets des modes d'utilisation possible de ces résidus cultureux sur le statut organique des sols. Ces modes possibles sont les restitutions directes au champ pour les résidus maïs, l'enfouissement est possible. Par contre les tiges de sorgho pourraient se décomposer en mulch sous une culture fourragère ou être transformées en fumier dans un parc d'hivernage. Nos études sont encore récentes pour que des résultats soient exposés dans ce document. Parallèlement, les mécanismes biochimiques d'évolution de la matière organique dans le sol sont abordés afin de tenir compte de ses propriétés pour le maintien de la fertilité du sol et la fourniture des éléments nutritifs à la plante. Les doses et les rythmes d'apports selon les conditions pédo-climatiques pourraient être ajustés.

INTRODUCTION :

L'utilisation traditionnelle des résidus culturaux au Burkina Faso a fait l'objet de quelques enquêtes. Il en ressort, d'après SEDOGO P.M (1981) que la presque totalité des résidus est exportée comme source d'énergie domestique principalement et pour nourrir le bétail secondairement. De surcroît, l'élevage quand il est pratiqué par l'exploitant agricole, est extensif et souvent ne permet pas la récupération des déchets d'animaux pour la fertilisation des champs. Ainsi le problème de restitution organique des sols cultivés se pose avec acuité, ce d'autant plus que la matière organique dans les sols tropicaux a un faible niveau de départ et a un taux de minéralisation très élevé.

Considérant l'importance et le rôle dévolu à cette matière organique dans nos sols à faible teneur en argile et à activité biologique limitée, le problème pour nous au Burkina Faso est d'abord la sensibilisation du monde rural au problème que pose l'exportation totale des résidus culturaux. Mais il appartient à la recherche agronomique de trouver des solutions appropriées et efficaces pour son utilisation comme support à la fertilisation des sols. Notre travail est une contribution à la recherche des solutions à ce problème. Dans un premier temps, nous avons caractérisé cette situation d'évolution qui reste à approfondir par des études ultérieures. Parallèlement, nous avons mis en place des essais sur l'utilisation des modes possibles de restitution pour le maintien de la fertilité et des essais pour étudier les mécanismes de dégradation de cette matière organique pour mieux ajuster les doses et les rythmes d'apports.

I. ETUDE METHODOLOGIQUE :

Dans un premier temps, nous avons appréhendé l'évolution de la fertilité des sols par les résultats d'analyses physico-chimiques des parcelles en culture continue depuis 1967. Les résultats de ces analyses régulières nous donnent une idée schématique de la situation qui est étroitement liée à la dégradation rapide et continue de la matière organique du sol.

Parallèlement, une étude "réponse aux doses d'engrais" minéraux N. P. K. (15-20-15) a été envisagée, et outre son caractère de diagnostic, donne une idée précise sur l'ampleur de cette situation de dégradation et le rôle primordial de la matière organi-

que dans la fertilisation.

Un certain nombre de solutions ou de modes d'utilisation des résidus culturaux ont été écartés de nos protocoles d'expérimentation, compte tenu des difficultés matérielles et techniques qu'ils posent pour le moment. Il s'agit de l'enfouissement direct des tiges de sorgho. Ce céréale se récolte quelques semaines après l'arrêt des pluies au moment où le phénomène de prise en masse des sols s'est déjà effectué: NICOU (1974), d'où l'impossibilité d'enfouir ces tiges. Quand bien même on le réussirait dans certains sols et dans certaines situations, il se poserait le problème de décomposition complète de ces résidus avant l'installation des prochaines cultures, ce qui pourrait induire des accidents nutritionnels ou de croissance des jeunes plantules si on se réfère aux travaux de BURGOS LEON (1979) sur le phénomène d'allélopathie.

La fabrication de fumier, filière compostage ou étable fumière pose pour le moment un certain nombre de contraintes que le paysan moyen burkinabé n'est pas à même de lever. Il s'agit notamment du problème d'arrosage compte tenu de la pénurie d'eau pendant une bonne période de l'année.

Ainsi nous nous sommes limités à ces traitements suivants dans nos protocoles :

- Enfouissement des résidus maïs, céréale récolté bien avant l'arrêt des pluies et dont le résidu se dégrade rapidement dans le sol.

- Mulch des résidus maïs possible également à cause de sa dégradation rapide.

- Mulch des tiges de sorgho mais sous culture fourragère améliorante (dolique) pour accélérer sa décomposition.

- Fabrication de fumier avec les tiges de sorgho en parc d'hivernage. Cela consiste à confectionner un parc (ou enclos) avec des troncs d'arbres, le plus près possible de la parcelle. Les tiges de sorgho après récolte sont stockées dans ce parc et le troupeau de l'exploitant ou son attelage est invité à faire quelques nuitées dans ce parc pour broyer ces tiges et les enrichir de leur fécès. Le mélange recevra l'eau des pluies de la saison suivante qui amorcera son évolution en fumier utilisable à la deuxième saison de culture.

II. RESULTATS PARTIELS.

1. Etude de l'évolution de la fertilité des sols en culture continue :

L'évolution de la fertilité des sols cultivés est suivie systématiquement au Burkina Faso depuis 1967 par des essais étudiant l'évolution des déficiences minérales (N. S. P. K.) en fonction du temps; rapports IRCT* (1967 à 1983). Ces essais sont localisés dans les régions sud-ouest et centre du pays sur des sols représentatifs de la zone. Ce sont en général des sols ferrugineux tropicaux lessivés de teneur moyenne à faible en matière organique.

Sur les parcelles recevant chaque année une fertilisation complète N.S.P.K, nous avons appréhendé l'évolution de la fertilité par un récapitulatif des analyses physico-chimiques effectuées régulièrement depuis la mise en culture, sur la sole coton de l'année. La rotation est triennale, coton/ sorgho/ arachide, donc chaque cycle dure trois ans.

Tableau I: Les doses fertilisants en Kg/ha ont été les suivantes :

Cycle de rotation	N	S	P ₂ O ₅	K ₂ O
1 ^{er} cycle	20	7	31	30
2 ^u cycle	20	7	31	30
3 ^e cycle	69	16	82	66
4 ^e cycle	107	16	116	96
5 ^e cycle	107	16	116	96
Total sur 15 ans	323	62	376	318

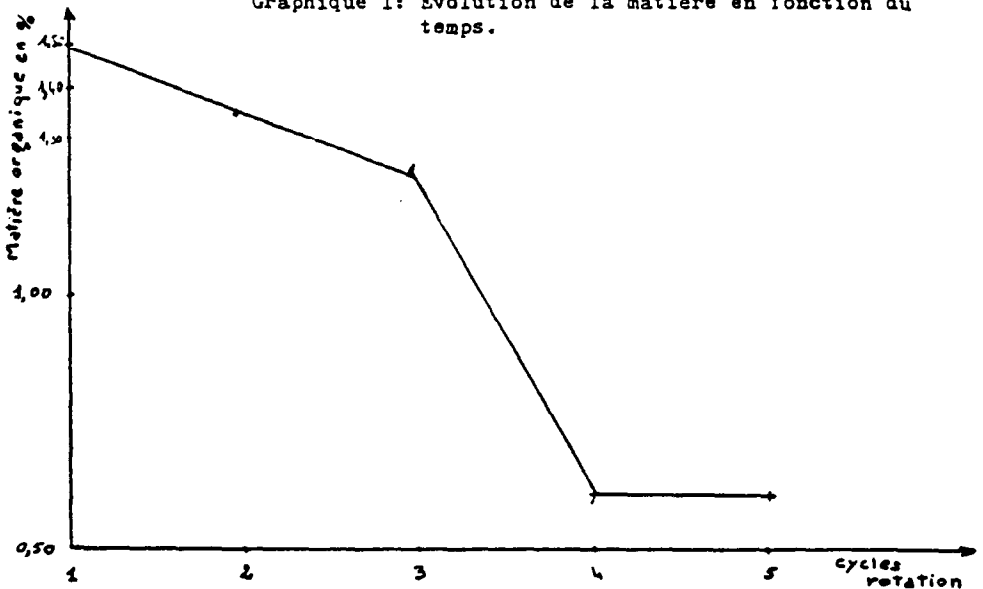
* IRCT = Institut de Recherche Cotonnière et Textiles.

Après 15 ans de culture continue, les résultats moyens des analyses physico-chimiques traduisent cette évolution dont la courbe des teneurs en matière organique en fonction du temps est très caractéristique.

Tableau 2 : Résultats d'analyse des sols sur 15 ans.

Horizon 0 - 40	Moyenne de 5 essais : 5 cycles				
	1er cycle	2ème cycle	3ème cycle	4ème cycle	5ème cycle
Argile %	13,2	13,7	11,8	15,1	12,3
Limon	6,7	6,8	6,8	6,0	5,3
Sable très fin	11,6	14,3	13,4	15,4	15,2
Sable fin	26,4	27,8	30,9	27,8	30,3
Sable grossier	40,0	37,4	37,9	35,7	36,8
Matière organique	1,49	1,35	1,25	0,60	0,61
C %	0,87	0,78	0,72	0,35	0,35
N %	0,75	0,81	0,72	0,38	0,33
C/N	11,6	9,6	10,0	9,2	10,6
P. Total	287	187	162	152	142
Ca. mg/100 g	1,63	1,98	1,45	1,90	1,34
Mg "	0,59	0,58	0,61	0,61	0,60
K "	0,18	0,19	0,16	0,16	0,15
Na "	0,07	0,04	0,03	0,04	0,02
Somme "	2,47	2,79	2,25	2,71	2,11
C.d.C. "	3,55	3,51	3,25	4,01	3,75
V %	70	79	69	68	56
pH eau	6,45	6,45	5,60	5,80	5,65

Graphique I: Evolution de la matière en fonction du temps.



courbe d'évolution de la matière organique du sol sous culture (15 ans).

Commentaire :

L'évolution la plus intéressante concerne la matière organique dont le taux décroît fortement au cours des quatre cycles et paraît se stabiliser au cinquième cycle :

- Du 1^{er} au 2^e cycle, une perte d'environ 10%, soit 3% par an
- Du 2^e au 3^e cycle, une perte d'environ 8%, soit 2,5 par an
- Du 3^e au 4^e cycle, une perte d'environ 50%, soit 17% par an.

Soit environ une perte de 60% sur les 15 ans, ce qui correspond en moyenne, à une perte annuelle de 4% .

Le graphique schématise en trois phases distinctes cette évolution :

- Une évolution assez modérée où la perte est d'environ 3% par an du 1^{er} au 3^e cycle, soit durant les six premières années de culture.

- Ensuite, une évolution accélérée où la perte est environ 5 fois supérieure à celle de la première phase, 17% par an du 3^e au 4^e cycle les trois années suivantes.

- Puis au 5^e cycle, soit 12 ans après la mise en culture, un semblant de stabilisation à 0,6% .

Ces trois phases pourraient être des informations de toute première

importance pour l'étude de l'évolution de la fertilité et les voies et moyens à trouver pour moduler le processus.

2. Etude des réponses aux doses d'engrais dans un sol dégradé :

En 1984, le premier essai a été installé dans la zone ouest, à la station agronomique de Farako-Ba, sur sol faiblement ferrallitique dégradé, à 0,7% de matière organique, 81% de sables totaux, à pH=5,1 et à taux de saturation = 33% sur l'horizon 0 - 40 cm .

Depuis quelques années, les productions de cette parcelle (19^e année de culture en 1984) montraient un effondrement de la fertilité qui se traduisait par de très faibles rendements : 680 Kg/ha de coton en 1982 et 230 Kg/ha de sorgho en 1983. Nous avons donc voulu voir quelle serait la courbe de réponse aux doses d'engrais minéraux sur ce type de sol. Les doses comparées étaient les suivantes avec les résultats obtenus (tableau 3):

Tableau 3 :

Objets	Doses engrais kg/ha	Eléments fertilisants kg/ha			Rdt kg/ha	Fonctions de production		
		N	P	K		F(N)	F(P)	F(K)
A	Témoin sans engrais	-	-	-	269-100%	100,9	64,6	73,6
B	100kg urée	46	-	-	296-110%	114,5	68,8	83,6
C	150kg NPK+50kg urée	46	30	23	532-198%	108,9	77,8	83,2
D	225kg NPK+50kg urée	57	45	34	484-180%	106,9	73,1	83,2
E	300kg NPK+50kg urée	68	60	45	439-163%	107,4	73,5	83,6

La mise en place a été effectuée avec un dispositif statistique- méthode blocs de fisher avec 7 répétitions - parcelles élémentaires de 4 lignes de 20 m x 0,80 m. La culture utilisée était le coton- les fonctions de production sont obtenues par le diagnostique foliaire- au 70^e jour de végétation du cotonnier: BRAUD M. et JOLY.A. (1980).

Commentaire :

Lorsque ce type de sol n'est pas dégradé la réponse habituelle à la fumure vulgarisée (objet C) est de l'ordre de 800 Kg/ha par rapport à un témoin sans engrais donnant de l'ordre de 1000 Kg/ha. Dans ce cas présent, en présence de sol particulièrement dégradé, l'on constate que les rendements se sont effondrés et que malgré un pourcentage de réponse appréciable en valeur relative par rapport au témoin que l'on est en présence d'un nivellement des réponses très bas, incompatible avec toute étude économique.

En ce qui concerne la nutrition potassique et en phosphore, les doses fortes n'apportent aucune amélioration.

En 1985, dans la zone centre, à la station agronomique de Jaria, sur sol ferrugineux tropical lessivé avec la même teneur faible en matière organique, nous avons obtenu le même type de réponse sur cotonnier également.

3. Etudes sur l'utilisation des résidus culturaux pour le maintien de la fertilité du sol :

Les essais sont encore récents, nous ne ferons mention que de quelques résultats sommaires accompagnant les traitements comparés et le but de l'expérimentation.

a. Etude des résidus maïs à la station de Farako-Ba :

Cette étude est implantée en 1983 sur le même type de sol que l'étude réponse aux doses d'engrais, sur une parcelle en 17^{ème} année de culture, donc devenue très pauvre en matière organique où les réstitutions devraient être perçues si elles ont un rôle sur ce plan.

La rotation est coton / maïs et les objets comparés sont les suivants :

A : Tiges de maïs enfouies par labour direct après la récolte.

B : Tiges de maïs laissées en mulch au sol.

C : Tiges de maïs exportées totalement.

dispositif statistique - méthode blocs de Fisher - 6 répétitions - parcelles élémentaires de 6 lignes de 20 m x 0,80 m - fumure minérale vulgarisée appliquée sur tous les traitements.

Tableau 4 : Les résultats obtenus en 1983 et 1984 (rotation coton / maïs) :

Objets	1983:rdt kg/ha maïs	coton 1984			
		rdt kg/ha	F(N)	F(P)	F(K)
A	2927	1971	107,7	96,7	80,8
B	3094	2293	105,7	96,7	83,3
C	2945	2217	107,9	96,0	80,0

Commentaire :

Il n'y a pas de différence entre les traitements pour le moment mais aucune amélioration de la nutrition potassique n'est perceptible avec l'apport d'engrais et la restitution ; c'est un résultat intéressant à suivre.

b. Etude résidus sorgho à Saria :

Un essai a été installé en 1984 sur le même type de sol que l'essai réponse aux doses d'engrais. Il vise à comparer les effets de différents modes de restitution des résidus sorgho sur le maintien de la fertilité du sol. Les objets comparés sont les suivants :

T₁ = Exportation des tiges et sans fumure.

T₂ = Exportation des tiges et fertilisation minérale vulgarisée.

T₃ = Brulis des tiges à la fin de la saison sèche et fertilisation vulgarisée.

T₄ = Mulch des tiges sous légumineuse fourragère (do-

lique) et fertilisation vulgarisée sur les autres cultures.

T₅ = Recyclage des tiges après transformation en parc d'hivernage durant une saison pluvieuse et fertilisation vulgarisée.

dispositif statistique - méthode blocs de Fisher avec 8 répétitions parcelles élémentaires de 12 m x 4 m - Rotation sorgho / légumineuse/ coton .

La légumineuse est l'arachide sur tous les traitements sauf le T₄ qui reçoit la dolique.

Commentaire :

Les différents traitements ne seront effectivement appliqués qu'en 1986 où L'essai sera en coton.

4 .Etude doses fumier à Farako-Ba :

Etude implantée en 1984 sur sol faiblement ferrallitique dégradé de teneur en matière organique moyenne: 0,9% , de pH = 5,6 , de sables totaux = 73% et de saturation = 58% (horizon 0 - 40cm).

Disposition statistique - Méthode blocs de Fisher - 6 répétitions- Parcelles élémentaires de 6 lignes de 20 m x 0,80 m - Rotation coton/ maïs.

Parallèlement à ces études de réstitutions organiques nous avons voulu suivre et vérifier le rythme de dégradation de la matière organique dans le sol. Nous pourrions également par la suite, étudier les mécanismes d'évolution biochimique et d'interaction de cette matière organique sur les relations biomasse - sol - plante.

Les objets comparés sont les suivants; sur coton 1984 :

A = Témoin sans fumier . Apport de 150 Kg de N P K + 50 Kg urée/ha.

B = 5 tonnes de fumier + 50 Kg urée/ha.

C = 20 tonnes de fumier + 50 Kg urée/ha.

D = 35 tonnes de fumier + 50 Kg urée/ha.

Sur maïs 1985, sur tous les traitements, 150 Kg de NPK+ 50 Kg urée/ha ont été apportés.

N.B : Notre sol ayant une densité de 1,6 avec environ 0,9% de M.O. accuserait une perte d'environ 1000 Kg de M.O/An dans son horizon 0 - 20 cm (perte de 3,5% en se référant à la courbe d'évolution précédemment établie, p.5). Les doses apportées par les objets

correspondants, avec un fumier de 50% de matière sèche ayant un teneur de 30% de M.O. sont :

Pour l'objet B : 750 Kg de M.O./ha soit pour compenser les pertes d'une année.

Pour l'objet C : 3000 Kg, soit les pertes de 3 ans.

Pour l'objet D : 5250 Kg, soit les pertes de 5 ans.

Nous allons pouvoir les vérifier avec nos analyses régulières effectuées. D'autres analyses sur l'étude des différentes fractions organiques et l'étude du pouvoir minéralisateur du sol soumis aux différents traitements pourraient être envisagées. Pour le moment, les résultats déjà obtenus sont les suivants :

Tableau 5 : résultats coton 1984 et maïs 1985.

Objets	Coton 1984				Maïs 1985
	Rdt kg/ha	Fonctions de production			Rdt kg/ha
		F(N)	F(P)	F(K)	
A	1032-100%	101,8	82,7	86,9	1335-100%
B	1555-150%	101,4	78,3	89,2	1795-134%
C	2294-222%	99,0	87,2	97,3	2343-175%
D	2407-262%	97,1	88,4	98,3	2974-223%
$F_p=33,3/5,4$ à 0,01 $F_p=1,23/2,90$ à 0,05 C.V.=16%					$F_p=42,16/5,42$ à 0,05 $F_p=6,11/4,56$ à 0,05 C.V.=12%

Commentaire :

Sur ce sol moyennement dégradé, en voie de désaturation, l'on constate par rapport au niveau de rendement obtenu avec la fumure minérale classique une très nette amélioration de la production dès la plus faible dose de fumier.

Aux fortes doses de fumier, l'on constate en particulier une importante amélioration de la nutrition potassique et secondairement celle concernant le phosphore (coton 1984).

Ainsi les fortes réponses obtenues avec la fumure organique par rapport à celle obtenue avec la fumure minérale ne sont pas inattendues mais très intéressantes en ce sens qu'elles permettent à partir d'une base solide de suivre l'évolution de l'effet matière or-

ganique dans le temps et d'approcher la notion de dose et de rythme de restitution indispensable au maintien de la fertilité.

CONCLUSION :

Sur le plan méthodologique, nous pensons que nous partons sur des bases réalistes et conséquentes en prenant en compte dans nos protocoles les modes de restitutions possibles à l'heure actuelle au Burkina Faso. Toutefois, nous n'ignorons pas les possibilités d'obtenir de la matière organique, certainement de meilleure qualité par la filière compostage, surtout quand il y a ce double avantage de récupérer de l'énergie du biogaz. Mais cela nécessite l'organisation du monde rural pour qu'il puisse en bénéficier. Ce qui pourrait être possible dans un avenir assez proche.

Parallèlement, nous tentons d'étudier les mécanismes d'intervention de cette matière organique au niveau du sol. C'est un domaine qui reste encore inexploré dans notre région, peut-être à cause de nos faibles moyens. Notre stage actuel à l'ENSAIA de Nancy a pour but d'acquérir une certaine méthodologie pour cette étude.

Références bibliographiques :

- BRAUD M. et JOLY. A (1980). Contribution à l'étude de détermination des déficiences minérales du cotonnier par analyse foliaire. 5^e colloque sur le contrôle de l'alimentation des plantes cultivées, Castel-Franco, 28p.
- BURGOS. LEON W. (1979). Allélopathie induite par la culture du sorgho: Origine et détoxification microbienne du sol.
Thèse Doct-ès Sciences Nat. Univ. Nancy I, 120p.
- HIEM V. , BELEM P.C. BERGER M. RICHARD L. (1984).
Aspect général sur l'évolution de la fertilité des sols en culture continue.
- Notes et documents Burkinabé. Bulletin trimestriel d'information scientifique et technique. 15(4) Octobre-Décembre 1984.

NICOU R. (1974). Le problème de la prise en masse à la dessiccation des sols sablo-argileux de la zone tropicale sèche. Doc. IRAT Sénégal 26p.

JEDOGO P.M. (1981). Contribution à la valorisation des résidus culturels en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. (Matière organique du sol et nutrition azotée des cultures).

Thèse de Docteur Ingénieur, Université Nancy I,
Institut polytechnique de lorraine, 195 p.

Rapports de Compagnes I.R.C.T. (1967 à 1983)
Doc. IRCT BURKINA FASO (Ex. HAUTE-VOLTA).