

# EFFETS SYNERGIQUES DES ENGRAIS MINÉRAUX ET DE LA FUMURE DE VOLAILLE DANS L'AMÉLIORATION DE LA FERTILITÉ D'UN SOL FERRALLITIQUE DE L'OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE

AKANZA P. K.<sup>1</sup> ET YORO G. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Station CNRA de Ferké, B. P. 121 Ferkessédougou (Côte d'Ivoire)

<sup>2</sup> Laboratoire Central Sol, Eaux et Plantes du CNRA, B. P. 633 Bouaké (Côte d'Ivoire)

## RESUME

Un essai conduit en station de recherche à Man avait pour but d'étudier l'influence d'apports conjugués d'engrais minéraux et de fumure de volaille sur la fertilité d'un sol ferrallitique. Trois doses d'engrais chimique et cinq quantités de fumure de volaille ont été expérimentées. La combinaison de ces facteurs a donné quinze traitements. Le traitement T09 a combiné la moitié des doses d'engrais minéraux et 20 t/ha de fumure de volaille. Celui-ci est apparu comme étant la meilleure combinaison en vue d'un maintien et d'une amélioration de la fertilité du sol. Les résultats montrent que le pH eau, la matière organique (C total) et certaines caractéristiques de la fertilité du sol notamment le Ca échangeable, le phosphore assimilable, la somme des cations et le taux de saturation ont été nettement améliorés par le traitement T09. Ces résultats montrent en outre que les fientes seraient des engrais à valoriser compte tenu de leur potentiel fertilisant. Cependant, la disponibilité de la fiente chez un exploitant agricole non-éleveur de volailles constitue une contrainte à son utilisation comme source d'engrais.

**Mots-clés** : Sol ferrallitique, engrais minéraux, fumure de volaille, effet synergique, Man, Côte d'Ivoire

## ABSTRACT

### ***Synergetic effects of fertilizers and chicken manure on fertility of a ferralitic soil in western Côte d'Ivoire***

*A trial conducted on research station in Man was aiming at studying the influence of mineral fertilizers as well as chicken manure on the fertility of ferralitic soil. Three levels of fertilizers and five levels of chicken manure were tested. The combination of these factors gave fifteen treatments. T09 Treatment made of half of the recommended rate of fertilizers with 20 t/ha of chicken manure, appeared to be the best combination for improving soil fertility. Results showed that pH(H<sub>2</sub>O), organic matter (organic C), exchangeable Ca, available phosphorus, total cations and base saturation were significantly improved through that treatment. However, the availability of chicken manure on poultryless farm owners remains a real constraint to overcome for its use in soil fertility management in western Côte d'Ivoire.*

**Keywords:** *Ferralitic soil, fertilizer, chicken manure, synergetic effect, Man, Côte d'Ivoire*

## INTRODUCTION

Les sols de la région forestière de l'Ouest ivoirien appartiennent à la classe de sols ferrallitiques fortement ou moyennement désaturés (Ferasol dystrique Acrisol). Ils sont issus de granites et se caractérisent par une faible capacité de fixation d'éléments nutritifs (Assa, 1988). Ainsi, la chute des rendements liée à la baisse de la fertilité des terres après deux ou trois campagnes consécutives de mise en culture, est beaucoup plus marquée et constitue l'une des contraintes majeures du paysan de la région ouest. Par le passé, le maintien ou l'amélioration de la fertilité des sols était assuré par la jachère naturelle conduite sur 10 à 15 ans. Mais cette pratique traditionnelle n'est plus adaptée aux conditions environnementales actuelles. Le recours à la fertilisation minérale apparaît comme la solution appropriée. Or celle-ci n'est efficace que s'il existe dans le sol un taux minimum de matière organique qui forme, avec l'argile, le complexe argilo-humique (Boko, 1992). C'est pour déterminer les conditions de valorisation optimum de la fertilisation minérale que cette étude a été menée.

## MATERIELS ET METHODES

### Pluviométrie

L'essai a été localisé sur la station de l'ex-IDESSA (Institut des Savanes) de Man (7° 33'W, 7° 24' N, 350 m). Dans cette région, la saison pluvieuse dure huit mois (mars-octobre). La pluviométrie moyenne annuelle y est forte et oscille entre 1600 et 2100 mm. Elle fait apparaître un maximum en août. L'hygrométrie y est donc très souvent élevée (80 %).

### Sol

Le sol du site, issu de l'altération de matériau granitique, est peu profond et riche en éléments grossiers. De texture argilo-sableuse, il comporte un horizon humifère peu développé. Il occupe un versant (2 - 5 %) et est soumis à l'érosion. Le phosphore y apparaît comme l'une des principales carences (tableau 1).

### Dispositif expérimental et traitements

L'essai a été conduit en quatre répétitions selon un dispositif « split-plot » avec deux facteurs. Les engrais minéraux couramment utilisés constituaient le facteur principal avec trois niveaux : (1) le témoin (sans engrais) ; (2) la dose faible (100 kg/ha de NPK 10.18.18, 150 kg/ha de dolomie et 50 kg/ha d'urée à 46 % d'azote et enfin (3) la dose complète recommandée d'engrais soit 200 kg/ha de NPK 10.18.18, 300 kg/ha de dolomie et 100 kg/ha d'urée à 46 % d'azote.

La fumure organique a constitué le facteur secondaire. Cinq quantités de fumure de volaille correspondant aux cinq parcelles élémentaires de 35 m<sup>2</sup> chacune ont été définies comme suit : (1) témoin (sans fumure de volaille) ; (2) 05 t/ha ; (3) 10 t/ha ; (4) 15 t/ha et (5) 20 t/ha.

Quinze traitements issus de la combinaison des niveaux des deux facteurs ont été expérimentés. Ce sont :

- T00 : témoin absolu sans engrais minéraux ni fumure de volaille ;
- T01 : 5 t/ha de fumure de volaille sans engrais minéraux ;
- T02 : 10 t/ha de fumure de volaille sans engrais minéraux ;
- T03 : 15 t/ha de fumure de volaille sans engrais minéraux ;

**Tableau 1 :** Caractéristiques chimiques du sol du site avant l'essai.  
*Soil Chemical characteristics of site before trial.*

N (‰)	C (‰)	C/N	P. assi. (ppm)	Ca	Mg	K (méq)	Na	CEC	Som. bases	Taux Satur. (%)
1,08	10,62	9,83	16,50	1,46	0,84	0,21	0,09	8,30	2,14	24,75

P.assi. = Phosphore assimilable ; Som. bases = Sommes des bases, Taux Satur. = Taux de saturation

-T04 : 20 t/ha de fumure de volaille sans engrais minéraux ;

-T05 : dose faible d'engrais minéraux sans fumure de volaille ;

-T06 : dose faible d'engrais minéraux + 5 t/ha de fumure de volaille ;

-T07 : dose faible d'engrais minéraux + 10 t/ha de fumure de volaille ;

-T08 : dose faible d'engrais minéraux + 15 t/ha de fumure de volaille ;

-T09 : dose faible d'engrais minéraux + 20 t/ha de fumure de volaille ;

-T10 : dose complète recommandée d'engrais minéraux sans fumure de volaille ;

-T11 : dose complète recommandée d'engrais minéraux + 5 t/ha de fumure de volaille ;

-T12 : dose complète recommandée d'engrais minéraux + 10 t/ha de fumure de volaille ;

-T13 : dose complète recommandée d'engrais minéraux + 15 t/ha de fumure de volaille ;

-T14 : dose complète recommandée d'engrais minéraux + 20 t/ha de fumure de volaille.

Ces quinze traitements ont été appliqués sur les 60 parcelles élémentaires de 7 m x 5 m chacune soit 35 m<sup>2</sup>. La composition chimique de la fumure de

volaille, faite de son de riz et de déjections, a été déterminée (tableau 2).

### Conditions de réalisation et analyses

L'expérience a été conduite durant deux campagnes consécutives (1996 et 1997). L'apport de la fumure de volaille a été effectué juste après le labour et le piquetage du maïs en 1996, un mois avant le semis. La fiente a été régulièrement répartie autant que possible sur toute la surface de la parcelle et enfouie manuellement à la daba. Les engrais minéraux ont été appliqués au semis du maïs et du riz.

Les échantillons de terre ont été obtenus à partir de trois prélèvements dans l'horizon superficiel (0 - 30 cm). Le premier, intervenu avant les apports de fumure, en 1996, avait pour but de déterminer le potentiel du sol en éléments fertilisants au début de l'essai. Les deux derniers effectués, l'un le 15/10/96 après la récolte du maïs, et l'autre, le 27/10/97 après celle du riz, étaient constitués d'échantillons issus de chacun des 15 traitements répétés 4 fois.

Les analyses chimiques ont été faites au laboratoire de l'ex-Institut de Forêts (IDEFOR) à Anguédedou (Côte d'Ivoire). Le dosage du phosphore assimilable est effectué selon la méthode Olsen. Les bases échangeables et les

caractéristiques du complexe absorbant ont été déterminées à l'aide de la méthode d'acétate d'ammonium et le pH par la méthode de la pâte saturée.

Les données obtenues ont été sou-

mises à l'analyse de variance à l'aide du logiciel SAS ( SAS User's Guide, 1982). La définition des groupes homogènes a été faite selon le test de Student Newman-Keuls au seuil de 5 %.

**Tableau 2 :** Composition chimique de la fumure de volaille utilisée comme engrais organique  
*Chemical composition of chicken manure used*

pH	C (%)	N (%)	C/N	P. assim. (ppm)	K	Ca	Mg (%)	Na	Som. bases	Fe	Zn (ppm)	Cu
7,9	30,00	3,42	8,3	1645	2,42	0,43	0,16	0,17	3,18	1240	260	8

P.assim. = Phosphore assimilable ; Som.bases = Sommes des bases

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les caractéristiques chimiques du sol avant l'essai ont témoigné de son faible potentiel de fixation et d'échange d'éléments nutritifs (tableau 1). En outre, la composition chimique des déjections utilisées a montré qu'elles pouvaient être valorisées comme engrais compte tenu de leur potentiel fertilisant (tableau 2). Ces premiers résultats constituent donc des données utiles pour la compréhension et l'appréciation des résultats suivants qui permettent de constater de nettes améliorations du capital de fertilité du sol imputable à l'engrais minéral associé à la fumure organique en fonction du traitement appliqué (tableau 3).

### pH

Le tableau 3 montre que les engrais minéraux n'influencent pas significativement le pH. Par contre, la fumure de volaille a des effets hautement significatifs ( $P < 0,1\%$ ) sur cette variable. Quant à l'effet interaction engrais x

fiente, il est significatif ( $P < 5\%$ ). Cette action conjuguée des deux facteurs montre l'intérêt présenté par le traitement T09 qui a associé la dose faible d'engrais minéraux à 20 t/ha de fumure de volaille. Il a permis un relèvement du pH de 0,3 ce qui équivaut à une hausse de 4,95 % contre 2,15 % pour la fiente du traitement T04. Cette amélioration du pH est en partie due aux apports réguliers de fientes associés aux éléments minéraux (Ziegler *et al.*, 1991).

### Matière organique

Il existe une différence hautement significative entre les moyennes des traitements pour des teneurs en C total obtenues à partir des quantités de fumure de volaille utilisées (figure 1). En revanche, il n'existe pas de différence significative entre les moyennes obtenues à partir des engrais minéraux. L'effet interaction reste significatif au seuil de 5 %.

L'examen de la figure 1 fait ressortir les constats suivants :

- sans adjonction d'engrais minéraux, les quantités de 15 et 20 t/ha de

**Tableau 3** : Effets combinés des engrais minéraux et de la fumure de volaille sur les caractéristiques chimiques d'un sol ferrallitique de Man (Côte d'Ivoire) en 1997*Combined effects of fertilizers and chicken manure on chemical characteristics of a ferrallitic soil in Man (Côte d'Ivoire) in 1997*

Engrais (1) (%)	Traitements		Sommes des cations (méq/100 g)	Taux de saturation (%)	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Phosphore assimilable (PPm)
	Fiente (t/ha)	Symbole				
0	0	T00	2,14 bc	24,75 cd	6,06 abc	16,50 c
0	5	T01	2,51 bc	30,50 bcd	6,13 abc	30,75 de
0	10	T02	2,34 bc	34,00 bcd	6,14 abc	28,00 de
0	15	T03	2,55 abc	39,00 abc	6,24 abc	75,25 abc
0	20	T04	2,92 abc	45,25 ab	6,19 abc	75,50 abc
50	0	T05	1,30 c	20,25 d	6,11 abc	17,0 e
50	5	T06	1,85 bc	30,50 bcd	6,15 abc	33,50 de
50	10	T07	1,90 bc	30,75 bcd	6,11 abc	34,50 de
50	15	T08	3,21 ab	42,25 abc	6,26 ab	69,00 abc
50	20	T09	4,09 a	52,75 a	6,36 a	100,75 a
100	0	T10	2,01 bc	32,50 bcd	6,05 bc	27,25 de
100	5	T11	2,00 bc	32,75 bcd	6,04 bc	42,00 cde
100	10	T12	2,72 abc	37,33 abcd	6,32 ab	58,67 abc
100	15	T03	2,86 abc	41,00 abc	6,30 ab	84,50 ab
100	20	T14	2,56 abc	45,25 ab	5,95 c	78,40 abc
Moyenne			3,12	35,57	6,15	51,50
PPDS 5 %			1,18	10,59	0,17	24,80
CV %			26,25	20,67	0,96	33,40
Effets des engrais minéraux			NS	NS	NS	*
Effets de la fumure organique			***	***	***	***
Interaction Engrais x Fumure organique			*	*	*	*
Coefficient de détermination R <sup>2</sup>			0,86	0,85	0,96	0,83

(1) Pourcentage d'engrais apporté par rapport aux doses complètes recommandées.

NS = non significatif; \* = significatif au seuil de 5%; \*\* = significatif au seuil de 1%.

F1 = 1/2 F2 = moitié des doses d'engrais recommandées; F2 = 200 kg/ha de NPK 10.18.18 + 100 kg/ha d'urée à 46% + 300 kg/ha de dolomie [CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]. Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

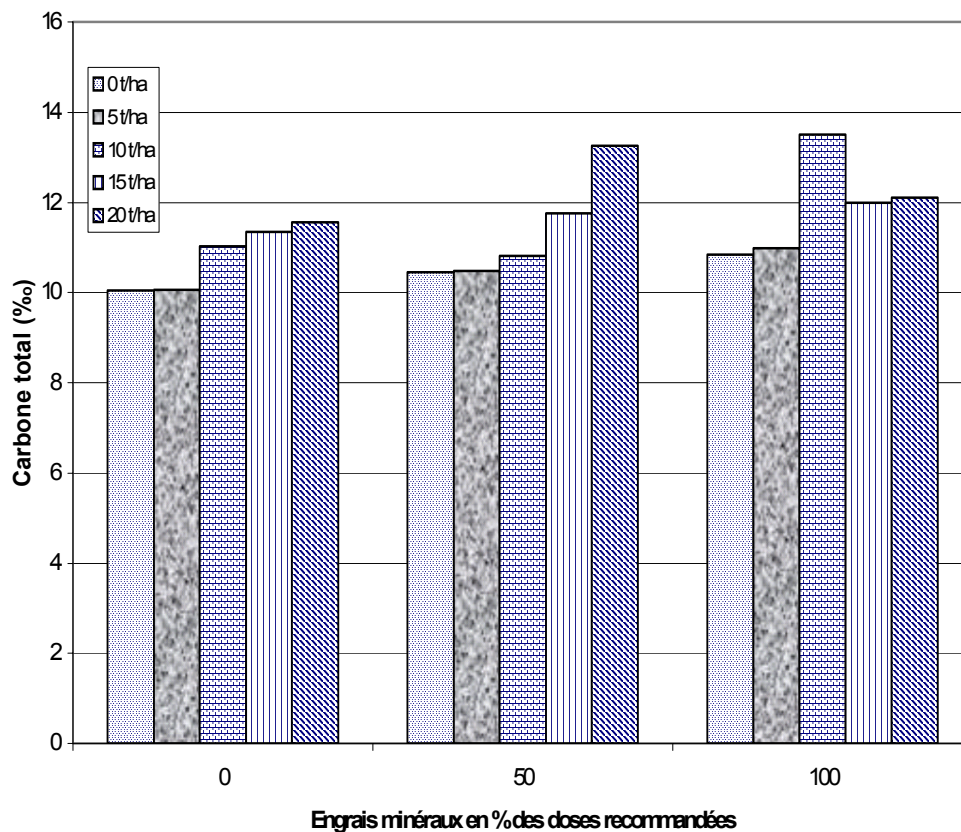
fumure de volaille fournissent au sol des teneurs en carbone équivalentes qui sont respectivement de 11,35 et 11,56 ‰ ; elles permettent d'atteindre des augmentations conséquentes de 13 et 15 % par rapport au témoin ;

- associée à la dose faible d'engrais minéraux, la quantité de 20 t/ha de fumure de volaille a entraîné une meilleure augmentation de la teneur en C total du sol ; un gain de 3,24 unités est acquis ce qui correspond à une hausse de 32 % ;

- la dose complète recommandée

d'engrais minéraux combinée à 10 t/ha de fumure de volaille a permis d'améliorer la teneur en carbone total de 3,46 unités soit une augmentation de 35 %.

La valeur de la teneur en carbone total du traitement T09 qui a associé la dose faible d'engrais minéraux à 20 t/ha de fumure de volaille a atteint 13,25 ‰, soit un taux d'accroissement de 25 %. Ainsi, ce traitement T09 qui a permis l'un des plus forts accroissements de la teneur en carbone total s'est révélé potentiellement important pour assurer une pérennité des productions végétales (Feller, 1995).



**Figure 1:** Effets combinés des engrais minéraux et de la fumure de volaille sur les teneurs en carbone total d'un sol ferrallitique de Man (Côte d'Ivoire) en 1997. PPDS = 1,51. 0,....., 20 t/ha = quantités de fumure de volaille utilisée.

*Combinated effects of fertiileers and chicken manure on organic carbon contents of a ferrallitic soil of Man (Côte d'Ivoire) in 1997.*

*PPDS = 1,51. 0,....., 20 t/ha = quantities of chicken manure used.*

## Bases échangeables

Les engrais minéraux n'ont eu aucune influence significative sur les paramètres tels que le calcium échangeable, la somme des cations et le taux de saturation en bases. Par contre, la fumure de volaille s'est distinguée par des effets hautement significatifs ( $P < 0,1 \%$ ) pour toutes ces variables (tableau 3). L'effet interaction engrais x fumure de volaille a été cependant significatif ( $P < 5 \%$ ).

La comparaison des taux d'augmentation de la somme des bases provenant des traitements T04 (74,30 %) et T10 (28,97 %) avec la combinaison T09 (136 %) montre que l'association des deux fumures a amélioré la somme des cations par rapport à la fiente ou à l'engrais minéral uniquement. Des effets synergiques des deux types d'engrais se sont établis par rapport à la teneur en cations échangeables du sol. Ainsi, le traitement T09 a permis de doubler la somme des cations par rapport à son niveau initial. On peut donc conclure que la matière organique a contribué à la valorisation des engrais minéraux par une augmentation de la somme des cations des horizons supérieurs du sol (Boissezon, 1970).

Le calcium échangeable du sol répond positivement aux influences conjuguées des engrais minéraux et des fientes (tableau 3). En comparant les taux d'amélioration par rapport au témoin des teneurs en Ca échangeable du sol issus du traitement T04 (100 %), de la dose d'engrais minéral T10 (37,67 %) à celui de la combinaison T09 (180 %), on constate que celle-ci a donné un meilleur résultat. Cela peut s'expliquer par une synergie des deux types d'engrais qui a permis de mettre à la dispo-

sition des plantes une plus grande quantité de Ca échangeable. Ce traitement T09 a permis de tripler la teneur du sol en cet élément par rapport au témoin.

Le taux de saturation en bases qui est souvent utilisé comme indicateur du niveau de fertilité du sol a réagi positivement aux effets combinés des deux facteurs. Le traitement T04 à base de fiente a accru ce critère de 83 %, alors que l'engrais minéral (T10) ne l'a amélioré que de 31,31 % par rapport au témoin. Le meilleur taux de saturation (52,75 %, tableau 3) a été associé à la combinaison des deux facteurs (T09). Ce traitement a permis une augmentation de la saturation du complexe adsorbant de 113 %. La synergie des fumures a permis de doubler le taux de saturation par rapport au niveau initial. Ce résultat corrobore les conclusions précédentes.

## Phosphore assimilable

Les résultats d'analyse permettent de déceler une différence significative entre les moyennes des traitements pour les teneurs en phosphore assimilables déterminées à partir des diverses doses d'engrais minéraux. Il existe également une différence hautement significative entre les moyennes des traitements obtenues à partir des quantités de fumure organique ( $P < 0,1 \%$ ). L'effet interaction entre les engrais minéraux et la fiente a été également significatif ( $P < 5 \%$ ). Les données relatives au phosphore assimilable montrent que plusieurs traitements ont permis d'améliorer de façon très significative la teneur du sol en cet élément (tableau 3). Ainsi, la dose recommandée d'engrais (T10), la fiente (T04) et la combinaison T09 ont

engendré des taux d'accroissement respectifs du phosphore de 65, 358 et 511 % par rapport au témoin. Le traitement T09 apparaît donc comme ayant le plus contribué à l'augmentation de la teneur en phosphore du sol. Il a permis d'atteindre la valeur de 100,75 ppm sextuplant ainsi la richesse du sol ferrallitique par rapport au témoin. Le seuil minimum de phosphore assimilable Olsen-Dabin, tel que proposé par Pichot *et al.*, (1978) et Chabalière (1983) cités par Gigou (1987), est de 60-70 ppm. Cette synergie des deux types d'engrais confirme bien qu'à Man, le sol a eu un fort pouvoir fixateur vis-à-vis du phosphore (Le Buanec et de Saint Amand, 1975).

Au regard des résultats acquis, les fientes semblent renforcer l'action des engrais minéraux dans l'amélioration de la fertilité des sols sous cultures. En effet, cette matière organique forme avec l'argile le complexe argilo-humide qui retient les éléments nutritifs dont la plante a besoin rendant ainsi les engrais minéraux plus efficaces (Boko, 1992).

Le traitement T09 qui a associé la dose faible d'engrais minéraux à 20 t/ha de fiente a permis un accroissement du taux de carbone total, des teneurs en bases échangeables et en phosphore. L'ensemble des éléments nutritifs ainsi stockés et mobilisables pour la nutrition de la plante constitue son capital de fertilité (Gros, 1974). Le traitement T09 qui a contribué à une nette amélioration du capital de fertilité pourrait produire des effets durables permettant de tirer le meilleur profit du sol. La fertilisation étant soumise à des aléas climatiques, une analyse économique des résultats d'un essai rendrait possible l'exploration de différents domaines de recommandation. Sur cette base économique, l'agriculteur dont le rôle est de gérer ce capital de fertilité consentirait d'apporter les

fumures d'entretien et de redressement qui s'imposent pour produire davantage et accroître son revenu.

Malgré l'existence de quelques données discordantes des traitements T08 et T09 portant sur le phosphore d'une part et T00 supérieures à T05 relatives au calcium échangeable, à la somme des cations et au taux de saturation d'autre part (tableau 3), cette expérimentation apporte des informations pratiques pour l'agriculteur. Elle a contribué à la détermination des itinéraires techniques permettant de lever les contraintes majeures qui sont : fertilité intrinsèque médiocre, faible teneur en phosphore, faible capacité d'échange et toxicité aluminique (Uexkull, 1989). Pour lever celles-ci afin d'établir un système de production vivrière viable et durable, il faudrait recommander un apport bisannuel de matière organique équivalant à 20 t/ha de fientes (Compere *et al.*, 1991) ou sa combinaison avec la dose faible d'engrais minéraux recommandés.

## CONCLUSION

L'essai conduit à Man avait pour objet de caractériser les effets spécifiques d'engrais minéraux, de fiente et de leur application conjointe sur les caractéristiques de la matière organique et les propriétés chimiques d'un sol ferrallitique. Il s'agissait de trouver des itinéraires techniques permettant de maintenir ou d'augmenter le taux de matière organique, élément essentiel de la fertilité des sols. Les résultats d'analyse de variance indiquent la très grande



variabilité des niveaux de fertilité des sols des parcelles sous cultures en fonction du traitement. Ils permettent également de déceler l'existence d'une interaction significative entre les engrais minéraux et les fientes. Les résultats montrent que la matière organique intervient comme un régulateur de la fertilité du sol. En conséquence, l'agriculteur aurait intérêt à maintenir des niveaux de teneurs en matière organique aussi élevées que possible. Les niveaux de fertilité des parcelles étant différents en fonction du traitement, l'apport de 20 t/ha de fiente associé à la dose faible d'engrais minéral semble réaliser le meilleur compromis aussi bien entre les paramètres caractéristiques de la matière organique que ceux du complexe absorbant. Il apparaît ainsi que les déjections avicoles sont des engrais organiques, riches en éléments nutritifs. A ce titre, elles méritent d'être utilisées afin de restaurer et maintenir la fertilité des sols sous cultures. Mais une analyse économique des résultats d'un essai de production vivrière pourrait être déterminante dans les prises de décision des agriculteurs par rapport à l'adoption de cette technique de recyclage des déjections animales en matière de gestion de la fertilité des terres cultivables.

## REFERENCES

- ASSA (A.) 1988 - Géomorphologie et potentialités des sols des régions montagneuses de l'Ouest ivoirien. Pages 3 - 25. In Actes des troisièmes Assises - AISA - Man 01 - 07/08/98.
- BOISSEZON (P. de), 1970 - Etude du complexe absorbant des sols ferrallitiques forestiers de Côte d'Ivoire. Cahiers ORSTOM Série Pédologie, Vol III n° 4.
- BOKO (A), 1992 - Recherche sur l'amélioration de la teneur en matière organique des sols du Bénin. Bulletin de Recherche Agronomique n° 3 ; 29 - 38, avril 1992.
- COMPERE (R.), BULDGEN (A.), STEYAERT (P.) et HELLEMANS (PH.), 1991 - Maintien et restauration de la fertilité des sols en région sahélo-soudanienne sénégalaise par une association rationnelle des activités d'élevage et d'agriculture. Bulletin de Recherche Agronomique de Gembloux, 26 (1) : 153 - 167.
- FELLER (C.), 1995 - La matière organique du sol : un indicateur de la fertilité. Application aux zones sahélienne et soudanienne. Agriculture et Développement n° 8 : 35 - 40.
- GIGOU (J.), 1987 - L'importance de la carence en phosphore pour les cultures annuelles en Côte d'Ivoire. L'Agronomie Tropicale Vol 42 n° 1 : 20 - 28.
- GROS (A.), 1974 - Engrais - Guide pratique de la fertilisation. 6ème édition. La Maison Rustique. Paris - 436 p.
- LE BUANEC (B.) de Saint-Amand (D.), 1975 - Mise en évidence d'une carence en phosphore sur sols dérivés de granites en Côte d'Ivoire et contribution à la mise au point de tests permettant son diagnostic. Annales de l'Université d'Abidjan - Série C - Tome XI : 103 - 122.
- LOMPO (F.), SEDOGO (P. M.) et HIEN (V.), 1993 - Expériences et perspectives de maintien de la productivité du sol dans l'agriculture au Burkina Faso. In AHENKORAH (Y.), OWUSU-BENNOAH (E.) et (G. N. N.)

- DOWUONA (Ed.).Sus-taining soil productivity in intensive African Agriculture. CTA. Seminar proceedings 15-19/11/93, Accra, Ghana: 79 - 88.
- SAS User's Guide, 1982 - Statistics. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. USA Edition 1982.
- UEXKULL (H. R.), 1989 - Emploi rationnel des engrais sur les sols acides en zones tropicales humides. Bulletin FAO n° 10. Engrais et nutrition végétale, Rome 1989.
- ZIEGLER (D.), (M.) Hédit, 1991. Engrais de ferme, valeur fertilisante, gestion et environnement. ITCF, ITP, TEEB, France, 35 p.