Influence des modes de gestion des terres sur la respiration du sol et le carbone de la biontasse tnicrobienne

Asimi Salawtt', Michel P. Sedogo • Assa Ayémou • François Lompo

###### Résumé

L'intensité respiratoire. la biomasse-Cet l'indice de fertilité des ni prék\Lçs il Saria (Burkina Faso). dans une parcelle ex1x'rim ntale soumise à plusieurs années de cultures. ont été mesurés.

Les résultats obtenus timt apparaître un effet significatif des fumures : ( 1) la fumure organo-minérale appli­ quée il forte dose produit l'intensité respiratoire la plus importante. (2) les fumures tlrgano-minérales induisent une biomasse-C .;ignitïcativement plus élevée que celle des autres traitements.

Les résultats rntmtrent également que le meilleur indice de fertilité est obtenu a\·eç la fumure organo­ minéra\c.

Mots-clés : fumigation. intensité respiratoire. biomasse-C. indice de la fertilité des sol;,. matière

1)rganique. rotation.

# Influence of soils management on respiration and microbial biomass-e

###### Abstract

The hiologiL·al activity of Saria (Burkina Faso) experimenta 1 plot soi\s submittl."d tn many years cu\tiYa­ tiPn. has hcen studied. Soi! respiration intensity. biomas -C and soi! fertility index ha\e been measured. The result hnw that soils amcnded with organîc and mineral fertilizL'r signitïcantly affect the measured hio\og.kal p<lrameh r : ( l lhigh leve\ of eombined organic matter and mineral fertilizer e\ olves the highe t oil re;.pir:ttinn intensity. (2) biomass-C of both high and hm nrganiç matter app\ieù with mineral fertilizer i ignilïcantly higher than those nf other treatments.

The results .tl \) i ndicate th at the best soi 1 fertility index is ubtained \\ hen nrgank matter and mineral

fcrtilizers \\1:re applied tngether.

Kcywords: l'umig;ttiiln. respirati11n intensity. biomass-e soi! fertility inde\. nrgani · matter. mtatinn.

INFR-\. lhp:nh'll1clll l''"'du-:tit'n' fm,·,u0rc,. 03 B P. 70-+7. Oua ac\,mg<'U (1.\. Burkina F:bll

< ';\1\ST. 1 Il k:è.tlh•ll )1l'nc'rak. 03 Il l' 7047. Ouagad<'llt!<'LI (l.'\. Burkina F:t><l.



1:'\IY \ 1 kp.ttll'lllc'nl l ;[{"1'>1' 1!.1' 47(,. Kamlh\111:.0. Burl--ina Fas\1.

\ol. 2-', n 1 .lam it·r-juin :woo, *Scici/C(' cr rcclllliquc,* SdetH't'S naturt'llt· l'l a ronotnit·

# Introduction

Dans ks sols cultivés. les transformations réalisées par les microorganismes sont très nom­ breuses ct jouent un rôle primordial au plan agronomique. Elles régulent les gains et les pertes d'éléments essentiels intervenant à la fois dans la production végétale et dans J'évolution de la fc11ilité des sols (DOMMERGUES et MANGENOT. 1970).

Pour évaluer l'activité biologique des sols on abandonne de plus en plus les méthodes classiques de numération des microorganismes (CONN. 1922 ; JONES et MOLLISON. 1948 : GRAY. 1%7 : KILBERTLTS *et al..* 1979) au profit de celles permettant de quantifier indirectement la bio­ masse microbienne à travers la détermination de son contenu en éléments minéraux indispen­ sables. tels que *C.* N et P. Le test respirométrique que nous avons utilisé dans cette étude est l'une de ces méthodes. Elle a été largement utilisée pour caractériser les sols (JENKINSON et PO\VLSON. 1976; BROOKES *et al..* 1984; KAMBIRE. 1994: KANAZAWA et KUNITO. l 996 : AZMAL *et al..* 1996a, 1996b. 1997).

L'objectif de ce travail était de mesurer l'incidence de différents types d'amendements sur la respiration, la biomasse microbienne et l'indice de fet1ilité des sols. Nous nous sommes surtout intéressés au cm bone. élément capital dont la transformation ultime est la production de gaz carbonique qui provient essentiellement de la respiration du sol. Le support utilisé était le sol de l'essai entretien de la fe11ilité de la station de recherches environnementales et agricoles de Saria au Burkina Faso.

# 1\fatériel et méthodes

Les sols

Les mesures ont été effectuées sur des sols prélevés au mois d'août 1997 dans les parcelles de l'essai entretien de la fertilité des sols mis en place depuis 1960 à la station de recherches de Saria au Burkina Faso. C'est un essai factoriel 3 x 6, à 6 répétitions. dont le dispositif repose sur trois systèmes de cultures. à savoir : sorgho continu. sorgho-cotonnier et sorgho-niébé.

Les sols ont été prélevés 7 semaines après la mise en place des cultures. à l'horizon de surface 0 - 20 cm et passés au tamis de 2 mm de maille. puis conservés au congélateur (à- 2 °C) avant leur emploi.

Les pr lèvements ont été effectués dans les rotations sorgho-sorgho (SS) et sorgho-niébé (SN). a,·ec comme traitements : témoin sans engrais (T). fumure minérale faible avec restitution de paille (fmr). fumure minérale faible+ 5t/ha/2 ans de fumier (fmo). fumure minérale faible (fm). fumure minérale forte + .:J.Ot/ha/2 ans de fumier (FMO). fumure minérale forte (FM).

Fumure minérak faible= lOOkg:/ha NPK (14-23-14) + 50kg/ha urée :

Fumure milléralc forte= l50kg/ha NPK ( 14-23-14) + IOOkg/ha urée+ 50kg/ha KCI).

Lel' sols des deux rotations sont caractérisés (tableau 1) par :

- une fot1e teneur en Net C. (60 et 123 1(, rcspecti\'t ment). de la fumure organo-minéarale forte

/

par rapport à celle du témoin ;

tmc teneur en P du témoin plus faible que celle des autres traitements.

**Tableau 1.** Caractéristiques chimiques et pH des sols (moyennes de *2* répétitions).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rotation | Fumure | Corgan  (Y{c) | N total  ('7cr) | C/N | P assî  ((fic) | pHeau | pHKCI |
|  | T | 1,93 | 0.31 | 6.2 | 0.012 | 6.7 | 5.0 |
|  | fmr | 2.65 | 0.33 | 8,0 | 0.026 | 5.7 | -U |
| Sorgho- | fmo | 2.87 | 0.34 | 8.4 | 0.037 | 5.8 | 4.6 |
| Niébé | fm | 2,59 | 0.34 | 7.6 | 0.040 | 5.2 | 3.8 |
|  | FMO | -U4 | 0.49 | 8.9 | 0.!05 | 6.1 | 5.1 |
| FM | | 2.43 | 0,25 | 9.7 | 0.048 | 5.3 | 3.9 |
| T | | 2.76 | 0,29 | 9.7 | 0.007 | 6.2 | .u |
| fmr | | 3.03 | 0.32 | 9.5 | 0,023 | 6.3 | 4.6 |
| Sorgho- | fmo | 3.07 | 0.33 | 9.3 | 0.037 | 6.0 | -L8 |
| Sorgho | fm | 1.83 | 0.30 | 9.4 | 0.041 | 5.3 | 5.3 |
|  | FMO | 6.12 | 0.49 | 12,6 | 0.074 | 6.3 | 5.5 |
|  | FM | J.06 | 0.29 | 10.7 | 0.033 | 4.9 | 3.8 |

T =témoin san .:ngrai : fmr =fumure minérale faible a\·ee restitution Je paille : t'mo= fumure mméralt' faihlc + :'it/ha/2ans de fumier: fm== fumure minérale faible : FMO = fumure rn méralc forte+ 40t/ha/2ans Je fumier: Fl\1 = fumure minérale forte.

Dosage **du** gaz **carbonique** (C01) dégagé

Le *C02* a été dosé par la méthode adaptée de celle décrite par DOMMERGllES ( 1960). On introduit dan un bocal en Yerre de capacité 1 litre. 100 g de terre humidifiée aux *2/3* de la capacité maximale de rétention d'eau. On place dans le hocal un bêcher contenant 20 ml de Na OH 0.1N d un récipient contenant de l'eau. Le bocal hcrmétiquenk'nt t nné est mis à

incuber. Le *co2* dégagé est piégé par la soude et dosé par titration avec du HCI O. IN en pré­

Sl'nce de la phénnlphtaléinè. après précipitation préalahk Ju carhnnate de sodium par:?. ml de

BaCh à 3 (:;. L'incubation a duré trois semaines.

La quantité 'k co2 dégagé (C-C02) est donnée par la formule:



\ ..:. :.1. '! 1 ---- .lall\ kr-juin :!1100, *'ÎI'Ù'IH'I' ettedlllia!(e,* Sl'i••JH'l'S natur\'lle...; l'( a ronoiiiÎl'

où : Vhlanc = nombre de ml de HCI N/10 utilisés pour les bocaux témoins. Védullltillon = nombre de ml de HCI uti 1i sés pour les bocaux contenant l'échantillon de ten·e, à

2.2 g de C02 correspond 1 ml de HCI N/10 (DOMMERGUES, 1960).

#### Détermination du carbone de la biomasse microbienne (CBM)

La détermination a été faite. selon la méthode de JENKINSON et POWLSON (1976) à partir d'échantillons de sols soumis et non soumis à fumigation. La fumigation a consisté, après homo­ généisation de l'échantillon de sol, à en déposer lOOg dans un dessicateur contenant du chloro­ forme débarrassé de l'éthanol par plusieurs lavages à l'eau. À l'aide d'une pompe à vide, on a créé un vide dans le dessicateur en vue de saturer l'atmosphère par les vapeurs de chloroforme. Après 24 heures de fumigation les vapeurs de chloroforme ont été évacuées en effectuant 4 à 5 vides

successifs. Les sols fumigés et les contrôles sont mis à incuber à la température de 30 oc et des

échantillons sont prélevés après 7, 14 et 21 jours, pour être dosés.

La quantité de biomasse microbienne (CBM) s'obtient partir de la formule :



où : Kç = coefficient de propmtionnalité représentant la fraction minéralisable en C02 du carbone de la biomasse, est égal à 0,41 (ANDERSON et DOMSCH 1978; CHAUSSOD *et al.,* 1986; KAMBIRE, 1994); F(0 7) et F(7 14) représentent le C-C02 dégagé respectivement entre 0 et 7 et 7 et 14 jours d'incubation.

**Indice de fertilité des sols**

L'indice de la fertilité des sols. qui indique le niveau de fertilité en carbone, est exprimé par le pourcentage d'augmentation ou de diminution de la biomasse-C d'un traitement donné par rapport au témoin sans fumure. Il a été calculé comme suit :

(biomasse C avec fumure- biomasse C témoin)

biomasse C témoin

#### Analyses chimiques des sols

x 100

Les méthodes de WALKLEY·BLACK (WALKLEY et BLACK, 1934), de macro­ KJELDAHL ŒILLEBRAND *et al.,* 1953) et de BRAY 1 (DICKMAN et BRAY, 1940) ont servi,

respectivement pour Je dosage des éléments C, Net P des sols.

Analyses statistiques des données

###### Les données ont été traitées par une analyse de variance et les moyennes comparées à l'aide de la méthode linéaire généralisée du test d'ANOVA, les coefficients de corrélations par la méthode de régression simple.

Résultats

### Intensité respiratoire des sols

###### L'intensité respiratoire est l'expression de la minéralisation du carbone des sols. Les résultats font apparaître un effet significatif des fumures sur l'intensité respiratoire des sols (tableau Il). Ils permettent de déduire les observations suivantes :

-dans la rotation sorgho·sorgho, l'intensité respiratoire due à la fumure FMO est la plus élevée, suivie de celle des traitements fmo et de fm. Les fumures témoin, fmr et FM donnent des résultats équivalents et présentent la plus faible intensité ;

-dans la rotation sorgho-niébé. l'intensité respiratoire induite par la fumure FMO est significa­ tivement plus importante que celle des autres sols tandis qu'elle est minimale dans le sol témoin. Les fumures fmr, fmo, fm et FM ont des activités· respiratoires qui ne sont pas significativement différentes ;

- on constate une intensité respirato'ire supérieure des sols de la rotation sorgho-niébé par

* rapport à celle de la culture continUe de sorgho.

Tableau II. Valeurs cumulatives de l'intensité. respiratoire des sols après 21 jours d'incubation en mg C/100 g de sol (val: urs moyennes de.3 répéti ion,s).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rotation | T | fmr | fmo | fm | FMO | FM |
| Sorgh()·sorgho | ll.40a | 12.87a | l7.75b | 17..53b | 24.75c | 12.32a |
| Sorgho-niébé | l2.83a | l6,94b | 19.80b | 16.94b | 26,40c | 17.31b |

Sur la ligne. les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes

(p = 5 %)

T::::: trmoin :111 engrais : fmr =fumure minérale faible avec restitution de paille : t'mo= fumure minérale faible + 5t/ha!2ans de fumier : fm = fumure minérale faihlc : Fl\10"" fumure minérale forte+ 40t/ha/2ans dr fumier: Fl\1 =fumure minérale forte.

46 Vul. 24, tt'' 1 -.JanYiel'-juin 2!1110, *Sdem·t•* 1'1 *tech11ique,* Sl'it·m·t·s n:tturelles et agronomie

Détermination de la biomasse-C

Les mesures de la biomasse microbienne (tableau III) montrent un effet significatif des fumures :

-dans la rotation sorgho-sorgho la biomasse-C de la fumure FMO est la plus élevée. suivie de fmo. fmr et fm. Les fumures témoin et FM sont équivalentes et significativement inférieures aux précédentes ;

-dans la rotation sorgho-niébé la quantité de carbone de la biomasse microbienne maximale est obtenue avec la fumure FMO, celles du témoin et de fm sont équivalentes et significativement plus faibles que celles des autres traitements. Les fumures fmr, fmo et FM présentent des valeurs intermédiaires.

Tableau III. Valeurs moyennes de la biomasse-C des sols (valeurs moyennes de 3 répétitions).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Rotation | T | fmr | fmo | fm | FMO | FM |
| Sorgho-sorgho | 3.27a | 4,53c | 5,17d | 3,27a | 6,26e | 3,18b |
| Sorgho-niébé | l,58a | 2,15d | 1,74b | 2,03c | 3,14e | 2,0lc |

Sur la ligne. les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes,

(p = 5 %)

T = témoin sans engrais ; fmr = fumure minérale faible avec restitution de paille ; fmo = fumure minérale faible + 5tlha/2ans de fumier ; fm= fumure minérale faible ;

FMO = fumure minérale forte + 40tlha/2ans de fumier ; FM= fumure minérale forte.

On peut noter, que les valeurs moyennes de la biomasse-C des sols de la rotation sorgho-sorgho sont supérieures à celles obtenues dans la rotation sorgho-niébé.

Indice de fertilité

On observe une influence significative des fumures sur l'indice de fertilité des sols (figure l) qui se traduit au niveau des deux rotations par les tendances suivantes :

* + dans la rotation sorgho-sorgho :

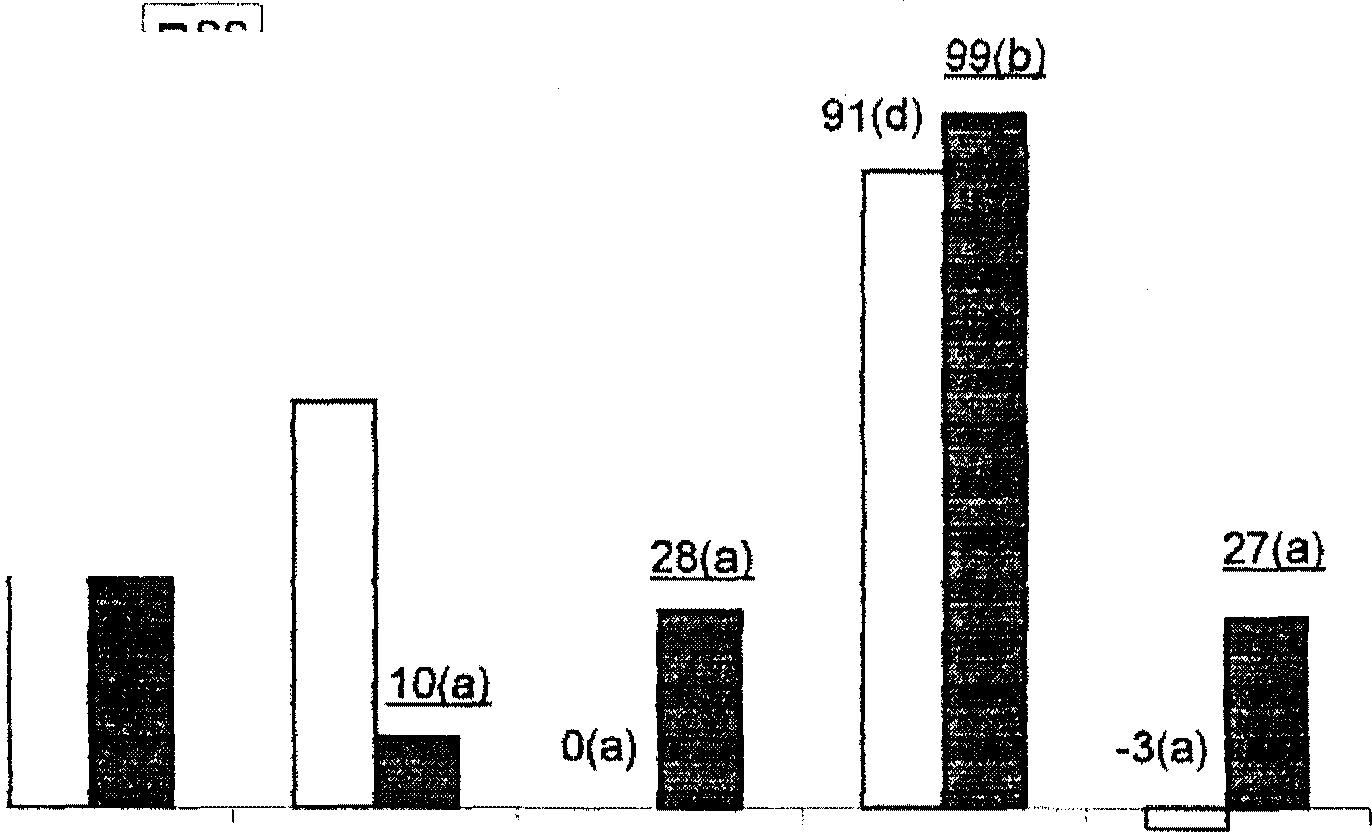
-l'indice de fet1ilité de la fumure FM est négatif ce qui signifie une diminution de la biomasse

1. microbienne par rapport au traitement témoin sans amendement ;
   * les valeurs des indices des traitements .fmr, fmo et FMO sont significativement supérieures à celle du témoin ;
   * les valeurs des indices des fumures fm et du témoin sont confondues (indice de fm = 0).

* dans la rotation sorgho-niébé :

- l'indice de fertilité du traitement FMO est significativement supérieur à ceux des autres traitements ;

-les indices des traitements fmr, fmo et FM ne sont pas significativement différents de celui du témoin.



**tndice**

##### 120 l

1

1

100 ..) 91(d)

1

1

80 J

1

1 58(c)

60 \_,

1

j39(b)

1 38(a)

40 '1 27(a}

20 1

1

1

1

### 0

- 0 J

tmr fmo fm FMO FM

Figure **1.** Histogrammes illustrant les indices de fettilité des sols (exprimés en pour cent du témoin). Dans la même série de courbes, les lettres identiques indiquent des indices non significativement différents.

fmr = fumure minérale faible avec restitution de paille ;

fmo =fumure mmérale l'aible + 5tfha!2ans de fumier ; fm= rumure minérale faible :

Fl\10 =fumure minérale forte+ 40t/ha/2ans de fumier: FM= fumure minérale forte.

##### Corrélations entre les facteurs biologiques et les caractéristiques chimiques des sols

Dans la rotation sorgho-sorgho toutes les conélations sont significatives sauf cdle entre le pH et C-C02 (tableau IV).

Dans la rotation sorgho-niébé. C-C02. la biomasse-Cet l'indice sont corrélés uvee *C.* Pet N .

les corrélations avec le pH et C/N ne sont pas significatives.

48 \'ol. 2-1., ne 1-.Janvit.'r-juin 2000, Sfh•uce *et teelwique,* Sciences naturelles et agronomie

Tableau IV. Coefficients de corrélations (R) entre les paramètres biologiques et les caractéris­ tique:, chimiques des sols (3 répétitions par sol).

Rotation Paramètre p c N C/N pH eau

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Sorgho- | *C-C01* | 0,86\*\* | 0,79\*\* | 0,81\*\* | 0.61 \*\* | 0.23 |
| sorgho | Biomasse-C | 0.70\*\* | 0,79\*\* | 0.88\*\* | 0,52\* | 0,63\*\* |
|  | Indice de fertilité | 0,70\*\* | 0,78\*\* | 0,88\*\* | 0,50\* | 0.63\*\* |
| Sorgho- | C-CO:Z | 0.95\*\* | 0,65\*\* | 0,84\*\* | 0,25 | 0,04 |
| niébé | Biomasse-C | 0,89\*\* | 0.67\*\* | 0.80\*\* | -0.13 | -OJ4 |
|  | Indice de fertilité | 0,81\*\* | 0,59\*\* | 0.73\*\* | 0.15 | -0,04 |

R = 0.47 (p = 0.47). R = 0.59 (p = D.Ol): dl= 16.

\*(significatif à p = 0.05): \*\*(significatif à p = 0,01).

Discussion

##### Intensité respiratoire des sols

Dans les deux rotations considérées, la fumure organo-minérale, à forte dose (FMO) correspond

à l'intensité respiratoire la plus élevée.

Dans la culture continue de sorgho, le témoin est équivalent aux traitements fm et FM et est significativement plus faible que fmr, fmo et FMO.

Dans la rotation sorgho-niébé, l'intensité respiratoire du témoin est inférieure à celles des quatre autres traitements dont les intensités respiratoires ne sont pas significativement différentes.

Ces données confirment celles de SEDOGO (1993) qui montrent dans la culture continue de sorgho, une nette supériorité de l'intensité respiratoire du traitement FMO sur les autres traitements.

L'impmtant dégagement de C02 observé avec l'apport de la fumure organo-minérale forte est probablement lié à la teneur élevée en carbone, et principalement en composés facilement miné­ ralisables. En effet, les résultats de SEDOGO (1993) montrent que le sol avec apport de la fumure FMO, contient 30 à 40 % de polysacharides (sucres hydrosolubles et hydrolysables) de plus que les autres sols.

Cela est conforté par le fait qu'il a été montré que l'intensité respiratoire des sols avec des résidus d'azolla *(A-:.olla pinnata)* et de sesbania *(Sesbania rostrata)* est plus importante que ce1le des sols avec des résidus de niébé ( *Vigna wzguiculata).* de jacinthe d'eau *(Eichhomia crassipes)* et de riz (*01yza satim)* du fait d'une proportion plus impmtante d'hexoses (sucres facilement minéralisables) dans les deux premières espèces, à l'opposé des résidus de paille de riz riches en lignine (composé résistant à la minéralisation), (AZMAL *et al.,* 1996a).

##### Quantité de carbone de la biomasse microbienne

La détermination du carbone de la biomasse-C montre. dans les deux rotations. que la valeur maximale est obtenue avec la fumure FMO. Les biomasses les plus ék \·é . s sont obtenues avec des sols qui ont bénéficié d'un apport de matière organique (sous forme de paille ou de fumier). Ceci permet de conclure que l'appot1 de MO entraîne un effet bénéi'iquc sur la biomasse-C dans les deux rotations.

##### Indice de fertilité des sols

Les résultats font ressortir une supériorité (différence significative à 5 S'f) des fumures fmr, fmo et FMO (respectivement avec restitution de paille et app011 de fumier) sur les sols avec applica­ tion de la fumure minérale seule fm et FM.

Les indices de fertilité obtenus, dans la rotation sorgho-sorgho. indiquent une légère tendance de la diminution de la biomasse-C, due au traitement FM comparativement au sol témoin sans amendement. Ceci semblerait indiquer une baisse relative de la fertilité en carbone, ou dans le meilleur des cas, une fertilité équivalente pour le traitement témoin et les fumures minérales sans amendement organique. Les indices de fettilité du traitement FMO sont significativement les plus élevé , tant dans la rotation sorgho-niébé que dans les sols de la culture continue.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par SEDOGO (1993) qui ont montré, aussi bien au plan des caractéristiques chimiques que de l'impact sur la production des plantes, que l'applica­ tion de la fumure organo-minérale à forte dose, permet d'améliorer. et smtout de maintenir durablement la fertilité des sols.

##### Corrélations entre les caractéristiques chimiques et les paramètres biologiques des sols

L'intensité respiratoire est fortement corrélée avec le carbone et 1'azote (R significatif à 1 %) au niveau des deux rotations. Cela met en évidence l'effet bénéfique de l'apport de ces deux éléments sur la respiration des sols.

Ce résultat s'apparente à ceux obtenus par SHIBAHARA *et al.* (1998) qui ont montré, dans des essais de cultures continues de riz, que l'utilisation de la matière organique induit une forte activité respiratoire des sols. De même, THIOMBIANO et DIANOU (1999) ont observé une corrélation significative et positive entre la respiration, 1'azote et la matière organique, dans des états de surface des sols sahéliens. Les •r.avaux de SAWAMOTO *et al.* (2000) sur des plantations forestières ont également montré que, plus la teneur en carbone organique est élevée, plus la respiration de sols augmente.

En ce qui concerne la teneur *en* phosphore assimilable du sol, l'effet est le même que celui qui

précède, comme l'ont également observé SHIBAHARA et INUBUSHI (1997).

Ces résultats mettent en évidence l'importance des trois éléments C, N et P dans la biomasse microbienne. Le carbone qui est la source de la production de C02 serait directement minéralisé pendant que l'azote et le phosphore agiraient dans le sens d'une production plus importante de carbone.

## Conclusion

Les diftërents types de fumures appliquées dans le dispositif de cultures de longue durée de Saria ont une incidence sur J'intensité respiratoire des sols et la biornasse-C qui sont fortement corrélées avec le niveau de fertilité des sols.

Les résultats montrent un effet bénéfique de la fumure organo-rninérale sur l'intensité respiratoire des sols, tandis que la fumure minérale seule entraîne une baisse de l'indice de fertilité en carbone des sols par rappo11 au témoin.

Le test respirométrique présente l'avantage d'être peu coûteux et simple d'emploi. Ces raisons, entre autres, justifieraient, le fait qu'il soit de plus en plus utilisé pour caractériser les sols.O

## Remerciements

Nous tenons à remercier très sincèrement les personnels des Stations de Saria et de Kamboinsé pour leur contribution à la réalisation de ce travail.

## Références citées

ANDERSON J, P. E. and DOMSCH K **H.,** 1978. Mincralization or bacteria and fungi in chloroform fumigated soils. Soi! Biol. Biochcm .. 10:207-213.

AZMAL A .K. M., MARUMOTO T., SHINDO H. and NISHIYAMA M., 1996a. Mineralization and changes in microhial hiomass in \\atcr-saturcù soil amandcd with sorne tropical plant rcsiducs. Soi! Sei. Plant Nutr., 42 (3) : 483- 492.

AZI\IAL A. K. 1\1., 1\IARUMOTO T., SIIINDO Il. and NISHIYAMA M., 1996b. Mineralization and microbial hioma'' formation in upland soil amendcù with sorne tropical plant residues at different temperatures. Soi! Sei. Plant Nutr.. 42 (3) : 463-473

AZI\L\L A. K. 1\l., MARUMOTO T., SIIINDO Il. and NISHIYAI\IA M., 1997. Changes in microbial hiomas;, arter continuou' application of azolla and rice straw in soil. Soil Sei. Plant Nutr.. 43 (4) : 811-818.

BROOKES P. C., POWLSON D. S. Al\'D JENKINSON D. S., 1984. Phosphorus in the soil microhial

binma''· Soi! Biol. Biochcm .. 16 (2): 169-17:'i.

CIIAUSSOI> **R.,** NICOLAIWOT B. l'l CATROliX G., 1986. kslll\' .:n routi1w Je 1< hioma''L' microbienne Je; sols par la méthode Je fumigation au chlorol(lrme. Scicn,\' Ju Sol. ' · 201-2 Il

CONN Il. Il., 1922. *A.* miLTOScope mcthod tùr Jcmonstrating fungJ anu <IL'linomyL'Ctes in ,oil. Soi! Science.

:j.: 1.:1.9.

DICKI\IAN S. R. and BRAY R. II., 1940. Colorimetrie Jctcnmnation of phŒphatc. !nu. Eng. Chclll.. Anal. Eu ..

12: 665-668

DOI\IMERGUES Y .• 1960. La notion de coefficient de minéralisation du carbone Jam les >ols. L'Agronomie Tropicale. 15 ( 1) : 55-60.

DOMMERGUES Y *et* MANGENOT F.,1970. Écologie microbienne du sol. (:dition l\IASSON ct Cie. Paris. France. 795 p.

GRAY J. G. R., 1967. Stereocan electron microscopy of soi! microorganisms. Science,. 155 : 1668-1670.

liiLLEBRANll W. F., LUNDELL G. E. I<, BRIGHT Il. A and IIOFFMAN J. **1.,** 1953. Applicd inorganic analysis. 2nd cd. John Wiley & Sons. !ne.. New York. USA. 1034 p.

JENKINSON **O.** Sand POWLSON D. S., 1976. The etTects of biocidaltrcatments on metabolism in soit-V. A

method for measuring soi! biomas>. Soi! Biol. Biochem. 8 : 209-213.

JONES P. C. T. and MOLLISON J, E., 1948. A technique for the quantitative estimation of microorganisms. J. Gen. MicrobioL. li : 54-57

KAMBIRE S. **H.,** 1994. Systèmes de culture paysans et producti\·ité des sols ferrugineux lcs>ivés du Plateau Central (Burkina Faso) : Effets des restitutions organiques. Thèse en sciences de l'Environnement. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Sénégal. 153 p.

KANAZAWA S. and KUNITO T., 1996. A method for measuring microbia\ biomass nitrogen in soils: direct extraction after toluene treatment. Soi! Sei. Plant Nutr .. 42 (3) : 511-520.

KILBERTUS G., PROTE **.J,** and MANGENOT F:, 1979. Variations saisonnière de la microtlore d'un sol forestier. Ann. Microhiol.. (Institut Pasteur). 1308: 63-77.

SAWAI\IOTO T., HATANO **R.,** YAJIMA T., TAKAHASHI K. and ISAEV A **.P.,** 2000. Respiration in Siherian

Tai ga ecosystems with different histories of forest l'ire. Soi! Sc.Piant Nutr .. 41 ( 1) : 31--1.2.

1

SEDOGO M. **P.,** 1993. Évolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: inciden e des modes de gestion sur la fertilité. Thès Onet. ès-sciences. Sciences du Sol. Université Nationale ùc Côte d'Ivoire. 332 p.

SIIIBAHARA F. and INUBUSHI K., 1997. Effccts of organic mau cr applicOltion on microhi; l hiomas> and avaliable

nutrients in \'ariow• types of paddy soils. Soi! Sc.Plant Nutr .. 43 i 1 l : 191-203.

SIIIIUIIARA F., YAl\lAl\llfRO S. and INUUUSlll K., 1998. Dynamics of microbial biomass nitrogen as influen­ ccd in paddy fields. L Fatc ot' rcnilizcr ami soil nrganic N determincd by 15N tracer technique. Soîl Sc.Plant Nutr 14

(2): 167-178.

TIIIOl\llHANO L. el DIANOU ))., 1999. Activité biologique globale dans trois états de surface de sols sahéliens. Annale:, de I'Uni\'Crsité de Ouagadougou. série. B. 7: 175-187.

WALKLEY A. and BLACK 1. A., 1934. An examination method of the Dedtjareff method for determining soit

organic matter and a prnposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37 : 29-38.