



CENTRE REGIONAL AGRHYMET



DEPARTEMENT FORMATION ET RECHERCHE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTERE EN GESTION DURABLE DES TERRES

.....

Promotion : 2012 – 2013

Présenté par : M. Baba Galley DIARRA

Perturbations écologiques et changement d'utilisation des terres dans les agroécosystèmes savaniques : impact sur l'efflux du CO₂ et la respiration du sol

Soutenu le 25 Octobre 2013 devant le jury composé de :

Président : Pr Sanoussi ATTA, Centre Régional AGRHYMET

Membres : Pr Patrice SAVADOGO, INERA (Burkina Faso)

Dr Dan LAMSO, Université Abdou Moumouni

Encadreur : Dr Sheick Khalil SANGARE, Centre Régional AGRHYMET

Maîtres de Mémoire : Pr Patrice SAVADOGO, INERA (Burkina Faso)

Dr Zacharia GNANKAMBARY, BUNASOLS (Burkina Faso)

DEDICACE

A :

La mémoire de mon père Ibrahim DIARRA,

Ma mère Djélika TRAORE,

Mon oncle Arona DIARRA et son épouse

*Mariama qui ont toujours cru en moi et m'ont
soutenu jusqu'à ce jour,*

*Tous ceux qui œuvrent pour le développement
durable et la prospérité de l'agriculture au*

FASO.

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est l'aboutissement d'une année de formation dans le domaine de la gestion durable des terres. Ce travail a été possible grâce au soutien et l'engagement de plusieurs personnes. En ces lignes, j'exprime ma profonde gratitude :

- Au Centre Régional AGRHYMET et du CILSS pour avoir ouvert ce Mastère et à l'ensemble du personnel administratif et le corps enseignant;
- A l'Union Européenne pour le financement de ce Mastère ;
- Au Pr. H. Bismarck NACRO, le coordonnateur de ce présent Master pour son dévouement et ses conseils pour la réussite de notre formation. Nous lui transmettons nos sincères remerciements ;
- Ce travail a été financé par le projet "CS-in-SuZoWA" « Quantification of the carbon stock and monitoring of its process in the sudanian zone, west Africa ». dans le cadre du **Global Alliance Initiative Against Climate Change** Financé par l'Union Européenne pour le compte du CILSS. *Ainsi, nous témoignons notre reconnaissance au Dr. Louis SAWADOGO, Maître de Recherches à l'INERA, Chef du département Production Forestière, et coordinateur du projet pour le soutien financier qui a permis l'aboutissement de ce travail ;*
- Aux premiers responsables de l'Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA) de m'avoir accordé ce stage ;
- Au Dr. Patrice SAVADOGO notre encadreur, qui malgré ses responsabilités, nous a apporté l'assistance et les conditions nécessaires à la réalisation et la réussite de notre travail ;
- Au Dr. Zacharia GNANKAMBARY, Directeur Général du Bureau National des Sols (BUNASOLS), notre co-encadreur pour l'encadrement qu'il nous a assuré et aussi pour son soutien matériel ;
- Au Dr. Sheick Khalil SANGARE, notre directeur de mémoire, pour ses conseils incessants tout le long de ce stage ;
- Aux responsables des essais de longue durée de la forêt classée de Tiogo et «d'entretien de la fertilité» de la station de Saria ;
- Aux Doctorants Lassina SANOU et Hugues BAZIE pour leurs conseils et suggestions divers lors de ce travail;
- A Mme Sata BENGALY/DIAWARA pour ses apports multiples lors de nos travaux ;
- A Mr. Modeste P. MEDA, Technicien de recherche pour son aide et son dévouement

lors des travaux de terrain, ses conseils et soutiens multiples;

- A Mr. Koudous KABORE, Mr. Norbert BAMOUNI et Mr. Paul OUEDRAOGO pour leur collaboration sur le terrain ;
- A tous les étudiants du Master en Gestion Durable des Terres promotion 2012-2013 ;

Aux nombreux amis de Niamey dont je ne pourrai citer tous les noms ;

A toute ma famille et à tous ceux qui m'ont toujours soutenu durant cette formation.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques chimiques des sols de la forêt classée Tiogo (Valeurs moyennes \pm Ecart type) (Driessen <i>et al.</i> , 2001).....	17
Tableau 2: Effet du feu et pâturage sur les caractéristiques chimiques du sol de Tiogo.....	30
Tableau 3: Résumé de l'analyse de variance (ANOVA) de l'effet du feu et du pâturage sur la concentration et l'efflux du CO ₂ du sol du site de Tiogo.....	31
Tableau 4: Corrélation de Pearson entre la concentration de CO ₂ (ppm) et la respiration du sol (gCO ₂ /m ² /h) avec la T°C et Humidité (%) du sol (; SR = Respiration du sol)	32
Tableau 5 : Résumé des résultats de l'analyse des mesures répétées pour tester la signification des effets intra et inter-sujets sur la concentration (ppm) et l'efflux du CO ₂ (gCO ₂ /m ² /h) du sol	35
Tableau 6: Corrélation de Pearson entre la concentration de CO ₂ (ppm) et la respiration du sol (gCO ₂ /m ² /h) avec la T°C et Humidité (%) du sol. (SR = Respiration du sol)	36
Tableau 7: Résumé de l'analyse statistique des données de Saria (SoilResp = Respiration du sol).....	42
Tableau 8: Corrélation de Pearson entre la concentration de CO ₂ (ppm) et la respiration du sol (gCO ₂ /m ² /h) avec la T°C et Humidité (%) du sol. (SR = Respiration du sol)	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des sites d'étude de Tiogo et de Saria	15
Figure 2: Carte d'occupation des terres de la forêt classée de Tiogo et des terroirs riverains. (Source: Fontès et Guinko 1995 adapté par BKF 2001).	15
Figure 3 : Evolution pluviométrique de la forêt classée de Tiogo de 1992 à 2012.....	16
Figure 4 : Variation annuelle de la pluviométrie de la station de Saria de 2002 à 2012.....	19
Figure 5: Dispositif expérimental complet du site de Tiogo	24
Figure 6 : Dispositif expérimental du site de Saria	26
Figure 7 : Disposition des points de prélèvement sur la placette	27
Figure 8 : Effet du feu sur la concentration du CO ₂ du sol (a) et sur l'efflux du CO ₂ du sol (b) (FP = Feu Précoce ; PF = Pas de Feu) ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.....	33
Figure 9 : Effet du pâturage sur la concentration du CO ₂ du sol (A) et sur l'efflux du CO ₂ du sol (B) (C = Clôturé ; NC = Non Clôturé) ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.....	33
Figure 10 : Effet de la période de mesure sur la concentration du CO ₂ du sol (A) et sur l'efflux du CO ₂ du sol (B) ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.	33
Figure 11: Effet des divers traitements et de leur interaction sur la concentration du CO ₂ du sol (A) et sur l'efflux du CO ₂ du sol (B) (FP + P = Feu Précoce + Pâturage ; P = Pâturage et FP = Feu Précoce). Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.....	34
Figure 12: Variation temporelle de la concentration (A) et de l'efflux (B) de CO ₂ du sol avec les variations de la T°C (C) et de l'humidité (D) du sol sous l'effet du feu (FP = Feu Précoce ; PF = Pas de Feu)	36
Figure 13: Variation temporelle de la concentration (A) et de l'efflux (B) de CO ₂ du sol avec les variations de la T°C (C) et de l'humidité (D) du sol sous l'effet du pâturage (C = clôturé ; NC = Non Clôturé).....	37
Figure 14: Effet de la fertilisation minérale et organo-minérale sur la concentration (A) et l'efflux du CO ₂ (B) du sol (fmo = fumure minérale + fumure organique ; fm = fumure minérale ; Témoin = aucun apport) ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.....	43
Figure 15 : Effet de la période de mesure sur la concentration (A) et sur l'efflux (B) du CO ₂ du sol ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.....	43

SIGLES ET ABREVIATIONS

[CO₂] : Concentration du CO₂ ;

AGRHYMET : Centre Régional de formation et d'application en Agro-météorologie et hydrologie opérationnelle ;

BUNASOLS : Bureau National des Sols

CILSS : Comité permanent Inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans Sahel ;

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique ;

CO₂ : Dioxyde de carbone ;

DPF : Direction des Productions Forestières ;

EGM : Environment Gaz monitoring ;

FAO : Organisation mondiale pour l'Agriculture et l'Alimentation ;

INERA : Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole ;

IRBET : Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale ;

MOS : Matière Organique du Sol

Pg : Pentagramme

ppm : Partie Par Million

SoilResp : Respiration du sol ;

SRC : Soil Respirometer Chamber ;

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
SIGLES ET ABBREVIATIONS	vi
TABLE DES MATIERES	vii
RESUME	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	4
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	5
I. La respiration du sol.....	5
II. Facteurs influençant la respiration du sol.....	6
III. Impact du feu et du pâturage sur la respiration du sol.....	7
3.1 Effet du feu.....	7
3.2 Effet du pâturage.....	9
IV. Impact de l'agriculture sur l'efflux du CO ₂ du sol.....	10
V. Respiration du sol et changement climatique.....	11
VI. Les méthodes de mesure de la respiration du sol.....	12
VII. Impact des modes de gestion des savanes sur les propriétés du sol.....	12
CHAPITRE II : PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE	14
I. Localisation des sites d'études.....	14
1.1 Site de Tiogo.....	14
1.1.1 Climat.....	16
1.1.2. Précipitations.....	16
1.1.3. Températures.....	16
1.1.4. Relief et sols.....	17
1.1.5. Végétation.....	17
1.2 La station de recherche de Saria.....	18
1.2.1 Situation géographique.....	18
1.2.2 Le climat.....	18
1.2.3 La végétation et les sols.....	19
DEUXIEME PARTIE : ETUDE DU THEME	20
CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES	21
I. Matériel.....	21
II. Méthodologie.....	22
2.1 Dispositifs expérimentaux.....	22

2.1.1 Dispositif expérimental du site de Tiogo.....	22
2.1.2 Dispositif expérimental du site de Saria	25
2.2 Echantillonnage du sol.....	26
2.3 Analyses chimiques des sols.....	27
2.3.1 Détermination du pH	27
2.3.2 Détermination du carbone et de la matière organique totale	27
2.4 Mesure de la respiration du sol, de la température et du taux d'humidité du sol	28
2.5 Analyses statistiques des données	29
CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION.....	30
I. Impact du feu et du pâturage sur les caractéristiques chimiques et la respiration du sol en savane sud-soudanienne.....	30
1.1 Résultats	30
1.1.1 Caractéristiques chimiques des sols	30
1.1.2 Concentration et efflux du CO ₂ du sol sous l'action du feu et de la pâture.....	31
1.1.3 Variation temporelle de la concentration et de l'efflux du CO ₂ du sol.....	34
1.2 Discussion	38
1.2.1 Caractéristiques chimique du sol.....	38
1.2.2 Respiration du sol	38
1.3 Conclusion partielle	40
II. Impact des pratiques agricoles et des modes de gestion de la fertilité des cultures sur la respiration du sol.....	42
2.1 Résultats.....	42
2.2 Discussion.....	44
2.3 Conclusion partielle.....	46
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS.....	47
BIBLIOGRAPHIE	49
WEBOGRAPHIE:	57
ANNEXES.....	58
ANNEXE 1 : Résumé de l'analyse de variance des caractéristiques chimiques du sol de Tiogo	58
ANNEXE 2 : Aperçu sur les sites de Tiogo et Saria	59

RESUME

Les savanes sont principalement soumises au feu et au pâturage et à la transformation en espace agricole avec des modes de gestion variés. Ces modes de gestion, peuvent, selon la période et l'intensité affecter positivement ou négativement la durabilité de ces écosystèmes et l'environnement global. La connaissance des effets des différentes perturbations des écosystèmes naturels s'avère donc indispensable pour une gestion durable de ces espaces et de l'environnement. Cette étude visait à évaluer l'impact des différentes perturbations sur l'efflux du CO₂ du sol. Elle a été conduite sur deux dispositifs factoriels localisés dans la région du centre-ouest du Burkina Faso : 1) Le dispositif de la forêt classée de Tiogo dont l'objectif est d'évaluer l'effet à long terme du feu, du pâturage et de la coupe sélective du bois sur la dynamique de l'écosystème ; 2) Le dispositif de la station de recherche de Saria, installé pour étudier l'effet à long terme de différentes formules de fumure et de systèmes de culture sur la durabilité des systèmes de production. Les résultats obtenus montrent que les caractéristiques chimiques du sol ne sont pas affectées par le feu précoce et le pâturage ; la concentration du CO₂ ([CO₂]) du sol augmente de manière significative ($P < 0,05$) avec ces facteurs. Aucune différence significative de l'efflux du CO₂ du sol n'est observée entre les parcelles traitées (feu et pâture) et celles non traitées. L'effet combiné de ces deux modes de traitement indique néanmoins une hausse sensible de la respiration du sol. L'examen de la variation diurne de la [CO₂] et de l'efflux du CO₂ du sol a indiqué une hausse significative ($P = 0,0001$) de la respiration du sol entre le matin et le soir. La corrélation de Pearson révèle une étroite liaison entre la [CO₂] et l'efflux du CO₂. La variation temporelle du flux de CO₂ du sol, montre également une évolution au cours du temps en fonction du traitement appliqué. L'investigation sur l'effet de la fertilisation des parcelles agricoles a révélé qu'elle induit une hausse significative ($P = 0,0001$) de l'efflux du CO₂ du sol surtout avec la fumure organo-minérale. Ainsi donc, bien que le feu et le pâturage n'aient pas provoqué une hausse significative de l'efflux du CO₂ du sol dans le contexte de notre étude, les concentrations observées nécessitent un contrôle de ces facteurs de gestion des savanes. Aussi la fertilisation des espaces agricoles implique une formulation adéquate et une qualité des fertilisants utilisés, afin d'assurer la durabilité des systèmes de production et l'environnement.

Mots clés : Perturbations écologiques, écosystèmes, flux de CO₂, modes de gestion, Tiogo, Saria, Burkina Faso.

ABSTRACT

Savannas are mainly subjected to fire and grazing and the agro-ecosystems have been subject to various fertilizers addition. These various managements can, according to their occurrence period and intensity affect positively or negatively the sustainability of these ecosystems and the global environment. The knowledge of the different effects of these disturbances on the natural ecosystems is essential for their sustainable management and the global environment. This study aimed at evaluating the impact of disturbance on soil carbon dioxide efflux. The present study was conducted on two factorial experiments located in the central-west region of Burkina Faso: 1) Tiogo experimental design was established to study, the long-term effect of fire (prescribed early and no fire), grazing and selective tree cutting on the dynamics of the ecosystem. 2) Saria experimental design was established to study the long-term effect of various fertilizers amendment and cropping system on the sustainability of the production systems. The results showed that disturbance don't affect soil chemical parameters. The soil CO₂ concentration increased significantly ($P < 0,05$) with early fire and grazing. This increase in soil CO₂ rate, did not induce a significant increase in soil CO₂ efflux between treated plots (burn and grazed) and those untreated. The combined effects of between these two factors indicate nevertheless a sensitive increase of soil respiration. Examination of the diurnal variation of soil CO₂ concentration and efflux indicated a significant increase ($P = 0,0001$) of soil respiration from morning to afternoon. Pearson correlation reveals a weak relationship between CO₂ concentration and efflux with soil temperature and moisture. The temporal variation of soil respiration also showed an evolution in time depending on the management strategy. Investigation on the effect of fertilizers addition in the agricultural plots resulted to a significant increase ($P = 0,0001$) in soil CO₂ efflux tributary to the type of amendment. The treatment with the organic and mineral fertilizers induced the highest CO₂ efflux on soil surface. Thus, although fire and grazing did not induce a significant increase on soil respiration in the context of the present study, the observed concentrations requires a control of these disturbance factors in the savanna management. Moreover for the fertilization of the cultivated soil to preserve an optimum of CO₂ efflux due caution should be paid to amendment practice and the quality of fertilizers.

Keywords: Ecological disturbances, ecosystems, CO₂ efflux, land management, Tiogo, Saria, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Les savanes sont des écosystèmes forestiers des régions chaudes, caractérisées par des couvertures ligneuses continues (environ 70%) et soumises à une distribution fortement saisonnière des précipitations (Menaut *et al.*, 1995). Les écosystèmes de savanes sont soumis dans leur gestion à plusieurs activités qui font leurs particularités des autres écosystèmes forestiers. Ils sont soumis au pâturage, aux feux de brousse et également à la coupe de bois pour la satisfaction des besoins énergétiques et de bois d'œuvre des populations. Le pâturage, le feu et la coupe d'arbre sont les principales perturbations qui façonnent la diversité et la productivité des espèces dans les écosystèmes des savanes boisées ainsi que les sols (Savadogo, 2007). L'utilisation du feu comme un outil dans la gestion locale des terres est répandue, mais ses effets sur les écosystèmes dépendent beaucoup de la nature et du régime du feu (DeBano *et al.*, 1998). En effet, Skarpe (1992) affirmait que les savanes africaines doivent plus leur existence aux effets du feu qu'au climat. Ce mode de gestion des savanes boisées par les feux précoces est officiellement approuvé dans les régions boisées des savanes soudanaises protégées afin de minimiser le risque des feux tardifs aux conséquences graves sur la richesse et la composition spécifiques (Sawadogo *et al.*, 2005). Bond *et al.* (2005), constataient également que les facteurs tels que l'humidité et le statut des nutriments, et les perturbations telles que le feu et le pâturage des herbivores affectent la structure et les fonctions des savanes tropicales.

Ces écosystèmes constituent un important réservoir de biomasse végétale, animale et microbienne. En effet, dans les savanes arbustives arides, la biomasse souterraine peut être de 5 à 9 fois supérieure à la biomasse aérienne (Breman et Kessler, 1995). Les savanes tropicales contiennent une large proportion mondiale du carbone terrestre, et le feu dans ces savanes est la principale source d'émission de CO₂ dans l'atmosphère (Tang *et al.*, 2005). L'action du feu et des autres perturbations peuvent induire des dommages et des dysfonctionnements aussi bien sur la végétation que le sol et la vie souterraine. Knapp *et al.* (1998) ont remarqué ainsi que le feu est une perturbation naturelle ou anthropogénique qui peut profondément influencer la structure et la fonction des écosystèmes terrestres. Ces effets peuvent être avantageux ou dévastateurs selon l'intensité et la durée d'exposition du sol à la chaleur du feu (DeBano et Neary, 2005). Van der Werf *et al.* (2003), ont constaté que les feux de forêt modifient radicalement les réserves de carbone par l'émission de carbone dans l'atmosphère du fait de la combustion de la végétation et la litière du sol.

Outre l'exploitation de ces ressources naturelles par le bétail, le changement d'affectation des

terres, surtout destiné à la production agricole est une préoccupation majeure. Le type de couverture végétale ou d'utilisation donnée des terres est un facteur important de contrôle du stockage du carbone ; ainsi le changement d'utilisation est responsable de larges flux de carbone dans et hors de la biosphère terrestre. L'augmentation de la population durant ces dernières décennies et la réduction des ressources en terres disponibles, ont pour résultante l'adoption de pratiques culturales inappropriées. L'utilisation excessive de matières fertilisantes et tout autre produit peut induire de grandes modifications dans le fonctionnement du sol. L'émission du CO₂ du sol est affectée par l'agriculture du fait des pratiques telles que le labour, la gestion des résidus de culture et la fertilisation (Al-Kaisi et Yin, 2005). En effet, la mise en culture conduit à la modification de la structure du sol, les conditions hydriques et la disponibilité des nutriments aux racines et microorganismes du sol (Luo et Zhou, 2006). Les modifications du stock de carbone et l'émission du CO₂ due aux pratiques agricoles doivent être évaluées afin de permettre l'adoption de pratiques culturales appropriées à même de maintenir la productivité des terres et la protection de l'environnement.

Le flux de CO₂ est le résultat de la dégradation de la matière organique du sol grâce à l'activité des microorganismes. L'activité microbienne et la production résultante de CO₂ par la respiration sont tributaires des conditions pédologiques et climatiques (Brady et Weil, 1999), de la disponibilité de substrat et de la composition des communautés microbiennes (McCarthy et Brown, 2006).

Le flux du CO₂ est le plus important composant de la respiration totale dans beaucoup d'écosystèmes. Il est important de comprendre les facteurs exogènes contrôlant cet efflux de CO₂, pour évaluer les réponses potentielles des écosystèmes au changement climatique attendu. Comme il a été précédemment mentionné, le flux du CO₂ du sol est la résultante d'une part de l'oxydation des débris végétaux et de la matière organique du sol sous l'action des organismes vivant dans le sol et d'autre part du flux lié à la biomasse racinaire. Ce flux est aussi sous le contrôle de la structure générale du sol. Ainsi, toute modification de l'un ou plusieurs de ces facteurs influe nécessairement sur le taux de CO₂ rejeté à la surface du sol.

Plusieurs études ont été conduites autour de l'impact des perturbations sur les écosystèmes forestiers de par le monde et au Burkina Faso. En effet, un potentiel important de données sont disponibles sur l'impact des feux précoces, du pâturage et de la coupe sélective sur la dynamique de la végétation dans les savanes du Burkina Faso (Savadogo *et al.*, 2007b; Zida *et al.*, 2007; Savadogo *et al.*, 2008 et Dayamba *et al.*, 2010). De même l'effet du feu sur la température du sol, la biomasse des racines, la banque de graines du sol, le flux de CO₂ du sol et les propriétés hydriques du sol ont fait l'objet de plusieurs études (Diawara, 2012 et

Savadogo *et al.*, 2012). Ces études ont essentiellement portées sur l'impact des modes de gestion des forêts et des perturbations sur leur régénération, leur restauration, les propriétés physico-chimiques du sol et l'activité microbienne du sol (Rutigliano *et al.*, 2002 ; Bekku *et al.*, 2003 ; Fioretto *et al.*, 2005 ; Marañón-Jiménez *et al.*, 2011).

Cependant, peu d'informations existent quant à l'impact des feux précoces, de la coupe sélective et du pâturage sur l'activité des organismes vivants du sol à travers la respiration du sol dans les savanes Ouest africaines (Diawara, 2012 ; Savadogo *et al.* 2012). Notre étude intitulée « **Perturbations écologiques et changement d'utilisation des terres dans les agroécosystèmes savaniques : impact sur l'efflux du CO₂ et la respiration du sol** » s'insère donc dans cette logique afin d'enrichir les connaissances sur les effets écologiques des perturbations auxquels sont soumis les agroécosystèmes savaniques en général et celles du Burkina Faso en particulier.

Ainsi donc, le but principal de cette étude était d'analyser les effets des feux précoces et du pâturage sur l'activité des microorganismes du sol dans la couche superficielle du sol dans deux types d'utilisation des terres (formations savaniques et terres sous exploitation agricole) en mesurant le flux de CO₂ et la respiration du sol.

Il s'agira spécifiquement :

- d'évaluer le taux de respiration et les caractéristiques chimiques d'un sol de savane soumis au feu précoce et au pâturage ;
- d'évaluer le taux de respiration d'un sol soumis à la culture continue de céréale avec apport d'amendement.

Cette étude a été réalisée autour des hypothèses suivantes :

- **H1** : La perturbation (feux, pâturage) des écosystèmes de savane influence l'efflux de dioxyde de carbone et les caractéristiques chimiques du sol ;
- **H2** : la mise en culture des terres et l'apport de matières fertilisantes modifient les flux du dioxyde de carbone (CO₂) du sol.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. La respiration du sol

Physiologiquement, la respiration est une série de processus métaboliques qui décomposent (ou catabolisent) les molécules organiques pour libérer l'énergie, l'eau, et le dioxyde de carbone (CO₂) dans un organisme. Tous les organismes vivants, tels que, les plantes, les animaux, et les micro-organismes passent par la respiration pour obtenir l'énergie nécessaire à leur vie tout en libérant du CO₂ (Luo et Zhou, 2006).

La respiration du sol, qui a longtemps été considérée comme un processus strictement hétérotrophique, fonction de la température et de l'humidité du sol (Michael et Beverly, 2005), est un processus écosystémiques qui libère le dioxyde de carbone (CO₂) du sol par l'intermédiaire de la respiration racinaire (composante autotrophe), de la décomposition microbienne de la litière et de la matière organique du sol, et la respiration de la faune (composante hétérotrophe) (Luo et Zhou, 2006). Elle constitue la principale source d'émission de CO₂ à partir des écosystèmes terrestres et représente 60 à 80 % de la respiration totale de l'écosystème forestier (Janssens *et al.*, 2000). C'est un processus important qui régule le cycle du carbone et le changement climatique du système terrestre. En tant qu'un processus principal des écosystèmes, elle est liée à la productivité de l'écosystème, à la fertilité du sol et aux cycles régionaux et globaux du carbone. Ainsi donc, la respiration totale du sol est la somme de ces deux composantes (autotrophe et hétérotrophe) de production, auxquelles il convient d'associer le transport par diffusion du CO₂ au travers des pores du sol (Luo *et al.*, 2006).

La respiration hétérotrophe est représentée majoritairement par la fonction de décomposition de la matière organique réalisée par de nombreux champignons et macro-organismes hétérotrophes du sol (Sulzman *et al.*, 2005). Elle représente le flux majeur dans le cycle global du carbone, et est en grande partie alimentée par les résidus de cultures et plantes auxquels elle est fermement liée. En effet, la contribution hétérotrophique à la respiration du sol correspond à plus de la moitié des flux respiratoires (Luo et Zhou, 2006). Ceci est d'autant plus vrai que le sol est riche en carbone et que son rapport C/N est élevé (Sulzman *et al.*, 2005).

La respiration racinaire est liée à l'activité des racines du sol et constitue la moitié de la respiration totale du sol (Luo et Zhou, 2006). Il faut cependant noter que les contributions respectives des composantes de respiration hétérotrophe et autotrophe peuvent varier de

manière importante (de 10 à 90 %) d'un site à l'autre (Buysse et Aubinet, 2010). Elle consomme approximativement 10 à 50% du stock de carbone total provenant de la photosynthèse journalière. La respiration racinaire est généralement déterminée par la biomasse racinaire et le taux de respiration des différents types de racines (Luo et Zhou, 2006).

II. Facteurs influençant la respiration du sol

La respiration implique un ensemble de processus chimique, physique et biologique qui sont influencés par une gamme de facteurs biotiques et abiotiques. Il s'agit entre autres de la température, l'humidité, la disponibilité en substrat carboné, l'oxygène, l'azote (rapport C/N), la structure du sol (essentiellement la porosité) et l'acidité (pH) du sol. En effet, plusieurs études conduites autour du flux du CO₂ du sol ont montré une dépendance forte de la respiration du sol de deux paramètres essentiels que sont la température et l'humidité du sol. Ainsi, Blanke (1996) montra qu'au levé du soleil la respiration du sol qui est de 2,8 mol CO₂ m⁻² s⁻¹ augmente à 8,4 mol CO₂ m⁻² s⁻¹ à 15h. La respiration augmente suivant une loi exponentielle avec la température d'après l'équation d'Arrhenius (Luo et Zhou, 2006) et ceci jusqu'à l'inhibition de l'activité enzymatique qui se déroule aux alentours de 35- 40°C (Flahaut, 2006). Luo et Zhou (2006) de même que Buysse et Aubinet (2010) mentionnent également qu'à partir de 45-50 °C (températures auxquelles la majorité des enzymes commencent à être dénaturées), la respiration chute abruptement. La respiration du sol étant la somme de la respiration des microorganismes et des racines, la hausse du flux de CO₂ suite à une élévation de la température est aussi associée à l'augmentation de la respiration racinaire. La température influence aussi indirectement la respiration de racine via ses effets sur la croissance de racine (Luo et Zhou, 2006). Kutsch *et al.* (2001) montrent en effet que les racines croissent plus rapidement aux températures élevées. Cependant, à de très hautes températures au dessus de 35° C le protoplasme commence à s'endommager d'où une chute de l'activité respiratoire (Luo et Zhou, 2006).

Outre la température, l'humidité du sol est un autre facteur important influençant la respiration de sol. De nombreuses études ont aboutit aux conclusions selon lesquelles l'efflux du CO₂ du sol qui est bas dans les conditions sèches, atteint le taux maximal dans des niveaux d'humidité de sol intermédiaires (capacité au champ) et diminue à des taux d'humidité de sol élevés (Liu *et al.*, 2002a ; Xu *et al.*, 2004). Les conditions optimums d'humidité pour une activité biologique normale se situeraient aux environs de la capacité au champ où la macropore du

sol est essentiellement occupée par l'air (Luo et Zhou, 2006). Elle influence la respiration du sol par son action directe sur le processus physiologique des racines et des microorganismes ; et indirectement à travers la diffusion des substrats et l'oxygène (Luo et Zhou, 2006).

La respiration du sol est corrélée à la productivité primaire des végétaux, à la densité, la nature et l'activité des organismes vivant du sol (Buysse et Aubinet, 2010). Le flux de CO₂ résulte essentiellement de la dégradation des composés carbonés. Ainsi donc la teneur et la qualité des substrats organiques vont jouer un rôle considérable dans la respiration du sol. En effet, Bosc et Marcon (2002) suite à une expérimentation, affirmaient que les corrélations observées entre teneur en carbone du sol et la respiration, ainsi qu'entre la cartographie des arbres et les variations spatiales de la respiration, laissent penser que la respiration est liée à l'apport de matière organique (litière et racines mortes) et donc à la productivité primaire locale. Une expérience conduite par Högberg *et al.* (2001) dans une forêt de pins en Suède a montré qu'une réduction de l'approvisionnement en substrat carboné par la coupe des arbres entraîne une baisse rapide de la respiration du sol d'environ 50% entre un à deux mois. En outre une réduction de la respiration du sol de près de 70% à été observé en une semaine sur des expérimentations de coupe et d'élagage d'arbres dans des prairies des grandes plaines américaines (Wan et Luo, 2003). Aussi, Hibbard *et al.* (2005) affirmaient que la respiration du sol ne saurait être uniquement associée aux deux facteurs que sont la température et/ou l'humidité du sol ; la disponibilité en substrat joue également un rôle indispensable. De même, le flux de CO₂ échangé à la surface du sol dépend de la vitesse de production de ce gaz dans le sol, fonction de variables édaphiques et climatiques, et de la capacité du sol à stocker le CO₂ respiré, fonction de sa porosité et de la vitesse du vent au-dessus du sol (Perrin *et al.*, 2004).

III. Impact du feu et du pâturage sur la respiration du sol

3.1 Effet du feu

Les perturbations (feux, pâturage, coupe, culture, amendement) subies par les agroécosystèmes, influent sur l'efflux du CO₂ surtout par leurs impacts sur le sol et la matière organique. Les feux, qu'ils soient naturels ou anthropiques peuvent avoir des conséquences énormes sur les écosystèmes. L'impact du feu sur l'environnement est fonction d'un certain nombre de facteurs. D'une part, le climat local, y compris l'humidité du sol, mais aussi du couvert végétal et la vitesse du vent ; et d'autre part la quantité et la qualité du combustible, l'intensité du feu, la durée de combustion et les propriétés du sol, responsables de la

conductivité thermique (Fioretto *et al.*, 2005). Plusieurs études conduites dans des milieux différents ont montré l'impact du feu et d'autres éléments sur les paramètres et les agents de la respiration du sol. En effet les feux selon leur intensité, peuvent rendre les substances nutritives disponibles à la surface du sol ; mais peuvent également mener à des pertes par volatilisation, lixiviation et érosion. Aussi, une diminution de la couverture végétale est observée induisant une hausse de la température du sol, la perturbation du cycle hydrologique et le compactage du sol (Beyer *et al.*, 2011).

En général, le feu réduit la respiration du sol. Michelsen *et al.* (2004) avaient montré que la respiration du sol dans une prairie et une région boisée non soumise au feu était relativement plus haute que celles brûlées. Fioretto *et al.* (2005) et Grady et Hart (2006) sont parvenus au constat selon lequel aucune différence significative n'existait dans le flux de CO₂ du sol entre les parcelles brûlées et non brûlées. Cependant, le taux de respiration du sol varie dans le temps suivant les perturbations. En effet, Grady et Hart (2006) ont rapporté que dans les parcelles non brûlées, la respiration du sol qui était statistiquement égale durant les mois de juin et juillet, augmentait de manière significative du fait de l'amélioration des conditions hydriques.

Il faut noter que l'ampleur de la réduction de la respiration du sol suite au feu est fonction de sa sévérité, de la fréquence et du temps de combustion (O'Neill *et al.*, 2002), de la saisonnalité du feu (Savadoغو *et al.*, 2007, 2012) et du lieu. Cette chute du flux de CO₂ a été associée à la perturbation de la densité et de l'activité des microorganismes. O'Neill *et al.* (2002) affirment que bien que les sols deviennent plus chauds après le feu, les pertes de végétation, de litière et la matière organique superficielle du sol (MOS), conduit à une baisse significative de l'efflux du CO₂ du sol.

Si par ailleurs les impacts des feux et pâturages sont connus comme étant dévastateur des ressources organiques (végétation, la litière, MOS) et biologiques (faune du sol), ayant pour conséquence une réduction significative de la respiration microbienne du sol (O'Neil *et al.*, 2002) ; des études sur la respiration du sol après le passage du feu dans des prairies et savanes africaines ont montré une hausse non négligeable de l'efflux du CO₂ du sol (Knapp *et al.*, 1998 ; Andersson *et al.*, 2004). En effet, Knapp *et al.* (1998) ont observé une hausse du flux du CO₂ du sol au printemps sous l'effet du feu pouvant varier de 20 à 55%. Une variation au cours du temps, liée aux changements survenant dans le stock de substrat disponible, la modification de l'humidité et de la température du sol et l'activité biologique du sol. Savadoغو *et al.* (2012) ont observé en effet une baisse du flux de CO₂ suite au feu avec une baisse évolutive (de 27% à 50%) selon la saison du feu.

Les facteurs entrant en jeu dans le processus de la respiration du sol étant variables, l'impact des perturbations peut être différent d'un site à l'autre. Diawara (2012) avait observé dans son étude dans les forêts classées de Tiogo et Laba (région du centre-ouest du Burkina Faso), une baisse du flux de CO₂ du sol sous l'effet du pâturage à Laba et une hausse de cet efflux suite au pâturage à Tiogo avec une sensible équivalence pour ce qui est de l'effet du feu comparativement au témoin. Les différents résultats parfois contradictoires observés dans différentes études sont surtout liés probablement aux diverses méthodes de mesure utilisées (Fioretto *et al.*, 2005) ou aux conditions pédoclimatiques des divers sites d'études.

3.2 Effet du pâturage

Toute modification de la densité de la végétation (réduction ou augmentation de la biomasse aérienne) peut avoir des répercussions sur le flux du CO₂ du sol. Craine et Wedin (2002) et Wan et Luo (2003), ont constaté en effet que la respiration du sol était très sensible aux changements induits par le pâturage et la coupe sur la biomasse carbonée d'une prairie.

Le pâturage affecte directement ou indirectement la respiration du sol par beaucoup de processus. Plusieurs études ont en effet montré que le pâturage réduit ou supprime la biomasse vivante pendant les périodes de croissance, régule la composition spécifique, modifie la structure de la végétation, de même que la composition chimique de la litière apportée au sol (Craine et Wedin, 2002 ; Luo et Zhou, 2006). Par ailleurs, il entraîne une augmentation ou une diminution des exsudats racinaires (Bargdett *et al.*, 1998) et affecte le microclimat du sol (Luo et Zhou, 2006). Beyer *et al.* (2011) remarquent que le pâturage influe significativement sur la structure des savanes en conséquence à la consommation de la biomasse, aux urines, à la défécation et la compaction du sol par les animaux.

En général, le pâturage réduit la respiration du sol (Stark *et al.*, 2003 ; Cao *et al.*, 2004) ; les espaces pâturés sont marqués par une absence quasi-totale de biomasse aérienne, impliquant ainsi une chute de l'activité racinaire et microbienne. Cependant, Stark *et al.* (2002) ont observé une hausse du flux de CO₂ du sol lors du pâturage de renne dans une Toundra. Cela est surtout lié à l'amélioration du cycle des nutriments, de la proportion des graminées. De même, l'urine et les excréments produits par les mammifères herbivores stimulent les processus microbiens du sol (Beyer *et al.*, 2011). L'effet du pâturage sur l'environnement varie selon la charge de bétail. En effet, le surpâturage influe sur la composition spécifique des plantes et affecte négativement les caractéristiques de sol que sont l'infiltration, la capacité de rétention en eau, la densité, le carbone organique et le capital nutritif du sol (Beyer *et al.*, 2011).

IV. Impact de l'agriculture sur l'efflux du CO₂ du sol

La mise en culture des terres aboutit à une perturbation physique, biologique et chimique du sol, par une modification de la structure du sol (dissociation des agrégats du sol), une modification de la teneur des éléments minéraux et une activation de l'activité biologique du sol (Luo et Zhou, 2006). Généralement, la respiration du sol est accrue avec la mise en culture des terres ; cela par l'amélioration de l'aération du sol, des conditions d'humidité, et par conséquence une amélioration de la décomposition des matières organiques du sol. McGuire *et al.* (2001) conclut que la perte de carbone des terres de culture est estimée à environ 0,8 PgC_{an}⁻¹. Ainsi donc, à court terme l'agriculture aboutit à une stimulation de la respiration du sol. Cependant à long terme, la réduction du stock de la matière organique du sol limite la disponibilité en substrat pour la respiration du sol (Luo et Zhou, 2006). Plusieurs études ont montré une baisse considérable du stock de carbone et de la respiration du sol sur les terres agricoles. En effet, une baisse de l'ordre de 70% du stock de carbone du sol est constatée après mise en culture des terres durant 40 ans (Dalal et Mayer 1986) ; la conversion d'une prairie herbacée en un verger de citron à entrainer après 22 ans de culture une baisse du stock de carbone de 26% et la respiration du sol de 11% (Wang et Admundson, 1999). Ces constats sont liés essentiellement à l'exportation systématique des résidus de culture hors des espaces cultivées. Luo et Zhou (2006) affirment en effet que l'apport de litière au sol dans les champs est faible comparée au sol d'une végétation naturelle, conduisant ainsi à une baisse du stock de carbone.

Il faut noter cependant que la modification des stocks du carbone du sol des terres cultivées varie selon le mode de gestion des terres cultivées; c'est-à-dire, le type de travail du sol, la fertilisation minérale et organique, le type, la quantité et la qualité des fertilisants utilisés, le type de spéculiation cultivée. la pratique agricole sans labour sur des terres cultivées améliore la matière organique du sol (Dao, 1998) et augmente le stockage du carbone dans les régions tempérées, subhumides et humides (Paustian *et al.*, 1997). Cette évolution du stockage de carbone dans le sol est associée à une baisse du taux de l'efflux du CO₂ du sol (Al-Kaisi et Yin, 2005).

La fertilisation des cultures associée à la pratique agricole influe sur la respiration du sol. L'impact de ces fertilisants varie selon le type, la quantité et les conditions de la zone donnée. La respiration du sol augmente avec l'adjonction de fertilisants surtout azotés (Borken *et al.*, 2002). Cette stimulation de la respiration du sol suite à la fertilisation azotée résulte de la croissance végétative induite, surtout de la biomasse racinaire (Craine *et al.*, 2002) et de la

stimulation de l'activité des microorganismes du sol. Cependant, à long terme cette fertilisation induit une réduction de l'émission du CO₂ du sol, liée soit à l'acidification du sol, soit à l'épuisement du stock organique du sol pour cause d'activité microbienne très intense et l'absence de restitution. Persson *et al.* (1989), observent une baisse de l'ordre de 30 à 40% de la respiration du sol suite à une fertilisation azotée durant 17 ans.

V. Respiration du sol et changement climatique

La respiration du sol étant proportionnelle à la température et à l'humidité du sol, le changement climatique contribuant au réchauffement climatique global pourrait contribuer à augmenter les flux du CO₂ du sol. En effet plusieurs études ont montré qu'une augmentation de la température de 10°C entraîne une augmentation de la respiration du sol pouvant atteindre le double (Luo et Zhou, 2006). Les modèles biogéochimiques existants prévoient une perte de carbone du sol suite au réchauffement climatique (Flahaut, 2006). Cependant, le changement climatique peut-être un facteur favorable ou défavorable au flux du CO₂ du sol selon que l'on soit en zone chaude ou humide (Luo et Zhou, 2006). Rustad *et al.* (2001) ont observé que sur 17 sites de différents écosystèmes (haute Toundra, basse toundra, prairie et forêts) soumis à des réchauffements expérimentaux, la respiration du sol augmentait sur 11 sites, diminuait sur un site et restait stable sur cinq (05) sites. Le changement climatique pourrait notamment conduire à une augmentation très significative des émissions de carbone dues au processus de décomposition, auquel est associée la respiration hétérotrophe du sol (Schrumpf *et al.*, 2008). En effet, avec le réchauffement climatique, le risque que le carbone stocké dans le sol soit rejeté vers l'atmosphère serait plus important dans les écosystèmes froids que dans les écosystèmes plus tempérés ou tropicaux (Kirshbaum, 2004). Les effets du réchauffement sur la respiration du sol sont plus grands dans les forêts que dans les prairie (Rustad *et al.*, 2001). D'autre part, les changements climatiques pourraient entraîner la fréquence des perturbations (feux, sécheresses) dans les écosystèmes forestiers. Les longues périodes de stress dues aux sécheresses récurrentes peuvent rendre les écosystèmes plus sensibles à des perturbations comme les incendies. Ainsi, la fréquence de ces perturbations et les conditions favorables à leur déclenchement seront modifiées par les changements climatiques (Hoff et Rambal, 2007). Ces phénomènes, ainsi renforcés auront des effets négatifs notoires sur le stock de carbone du sol. La vitesse de reconstitution dépendra de l'état des réserves carbonées dans la souche après l'incendie et ces réserves dépendent largement de la période et de l'intensité des feux.

De manière générale, le réchauffement induit une augmentation de la respiration du sol du fait de son action sur l'ensemble des processus physique, chimique et biologique dans les écosystèmes. En effet, le réchauffement global entraîne une modification de la phénologie (stades de développement) des plantes (Dunne *et al.*, 2003 ; Fang *et al.*, 2003), stimule la croissance des plantes (Wan *et al.*, 2005), augmente la minéralisation et la disponibilité de l'azote du sol (Rustad *et al.*, 2001) et réduit le contenu d'eau du sol (Wan *et al.*, 2002).

VI. Les méthodes de mesure de la respiration du sol

Depuis l'intérêt porté à son étude, l'efflux du CO₂ du sol a été estimé par diverses méthodes. Il peut être mesuré aussi bien dans les conditions de laboratoire (ex situ) que sur le terrain (in situ) en milieu réel. Au cours des décennies écoulées, les scientifiques ont développé une multitude de méthodes de mesure de la respiration du sol (Luo et Zhou, 2006).

Les méthodes couramment utilisées sont les méthodes à chambre, qui incluent la méthode de chambre dynamique fermée, la méthode de chambre dynamique ouverte et la méthode de chambre statique fermée (Luo et Zhou, 2006). Ces méthodes permettent une mesure directe du flux de CO₂ à la surface du sol. Les méthodes dynamiques, à la différence de celles statiques, permettent de faire circuler l'air entre la chambre et un capteur de mesure, qui est généralement un analyseur à gaz infrarouge (IRGA), pour mesurer la concentration de CO₂ dans la chambre au fil du temps. Les méthodes statiques, isolent ou capturent une quantité donnée de l'atmosphère de l'environnement dans une solution. Dans le cas du CO₂ les solutions de piégeage le plus souvent utilisées sont la Soude (NaOH) et l'hydroxyde de potassium (KOH).

VII. Impact des modes de gestion des savanes sur les propriétés du sol

Les perturbations et les modes de gestion divers (feu, pâture, coupe de bois) des écosystèmes savaniques sont connus pour avoir des impacts sur la richesse spécifique et quantitative de leur végétation (Savadogo, 2007 ; Sawadogo, 2009 ; Beyer *et al.*, 2011). De même que la végétation, ces facteurs affectent également les sols aussi bien sur ses propriétés physique, chimique que biologique (Certini, 2005). Cependant, l'effet du feu et du pâturage sur le sol est fonction de leur intensité, de l'environnement et de la période. En effet, Hiernaux *et al.* (1999) affirmaient que l'impact du pâturage est fonction de la texture du sol, du stade phénologique de la végétation herbacée, du taux de stockage et de l'humidité du sol pendant la période de

pâturation. Le pâturage peut être un facteur d'amélioration de la fertilité des terres du fait du dépôt des fèces et des urines (Sawadogo, 2009 ; Beyer *et al.*, 2011). Savadogo *et al.* (2007) notaient que le feu réduit la couverture végétale induisant une hausse de la température du sol, une perturbation du cycle hydrologique et la compaction du sol. Les feux agissent également sur la teneur en matière organique du sol, sur la chimie du sol (teneurs en cendres, pH) et sur l'importance de l'érosion (Debano *et al.*, 1998). Le régime des feux est très déterminant sur les effets induits. Ainsi, les feux fréquents dénudent le sol et tuent les micro-organismes, favorisant de ce fait l'encroustement et les érosions hydrique et éolienne (Mills & Fey, 2004). Plusieurs études ont néanmoins montré que le feu et le pâturage n'impliquaient pas de changements notables sur les propriétés physico-chimiques du sol (Savadogo *et al.*, 2007 ; Savadogo, 2007 ; Sawadogo, 2009). Les effets de ces perturbations étant limités aux couches superficielles du sol, les résultats souvent contrastants sont surtout associés aux méthodologies d'évaluation des paramètres du sol. En effet, Mills et Fey (2004) remarquaient que les conséquences des feux sont surtout observées sur le premier centimètre du sol.

CHAPITRE II : PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE

I. Localisation des sites d'études

1.1 Site de Tiogo

L'étude a été conduite au Burkina Faso, dans la forêt classée de Tiogo située à une altitude de 300 m. De coordonnées géographiques 12°13'N et 2°42'W, elle est située sur l'axe Koudougou-Dédougou à 40 km de la ville de Koudougou. Selon Fontès et Guinko (1995), elle est située dans la zone de transition entre les zones nord-soudanienne et sud-soudanienne sur le plan phytogéographique (Figure 1). Cette forêt classée (Figure 2) a été délimitée par l'administration coloniale Française en 1940 et couvre une superficie de 30 000 ha (FAO, 2004).

La forêt de Tiogo est située le long du seul fleuve (*Mouhoun, autrefois connu sous le nom de la Volta noire*) à régime permanent du pays. Elle est fréquemment pâturée par le bétail et les animaux sauvages et est brûlée presque chaque année pendant la saison sèche (novembre à mai) longtemps avant le début des expériences. La présence du bétail dans la forêt classée varie dans l'espace et dans le temps, se produisant principalement pendant la saison des pluies (juin à octobre) quand l'herbe est verte et les abords sont cultivés. Pendant la saison sèche, ils pâturent sur des pailles dans les blocs de buisson qui ont échappé au feu aussi bien que les jeunes pousses des herbacés pérennes et le jeune feuillage des ligneux induits par le feu.

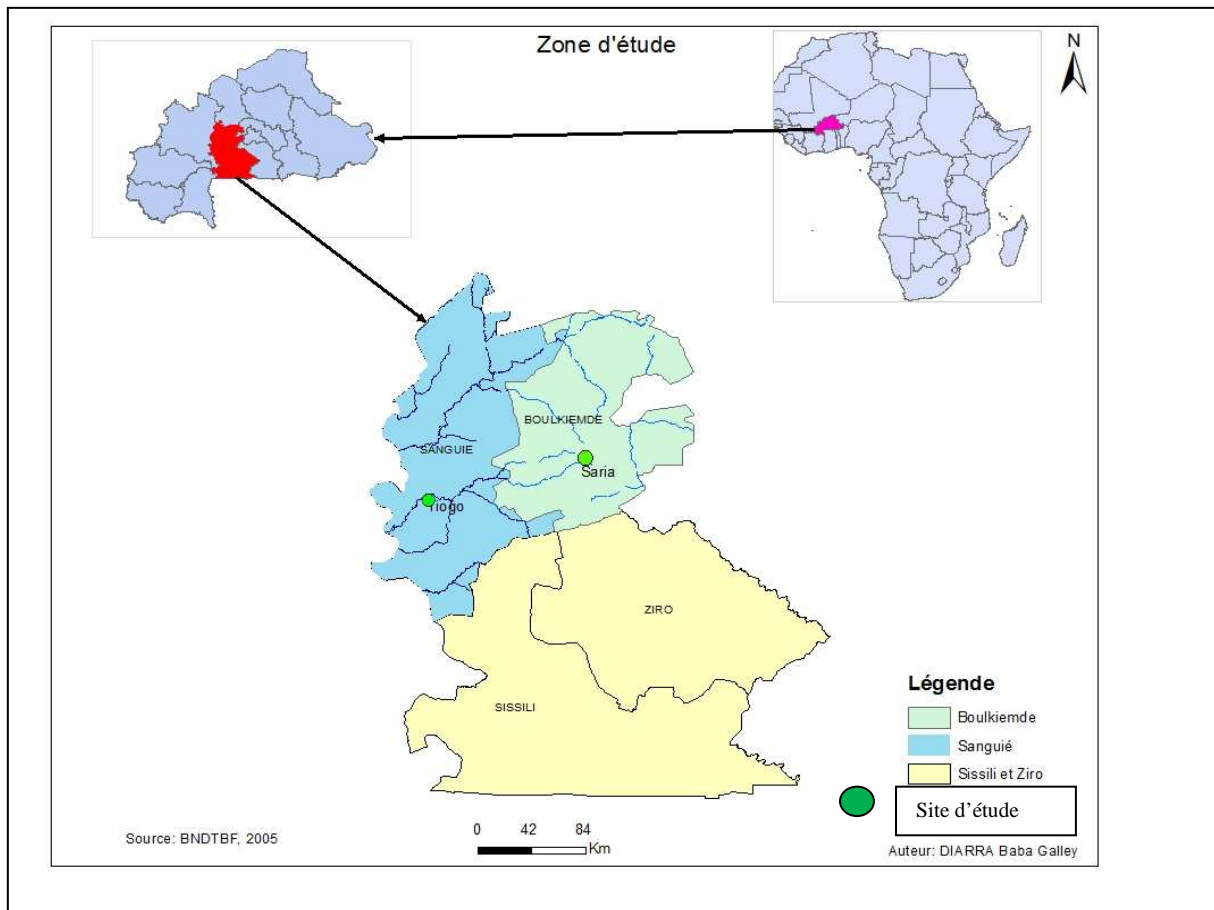


Figure 1 : Localisation des sites d'étude de Tiogo et de Saria

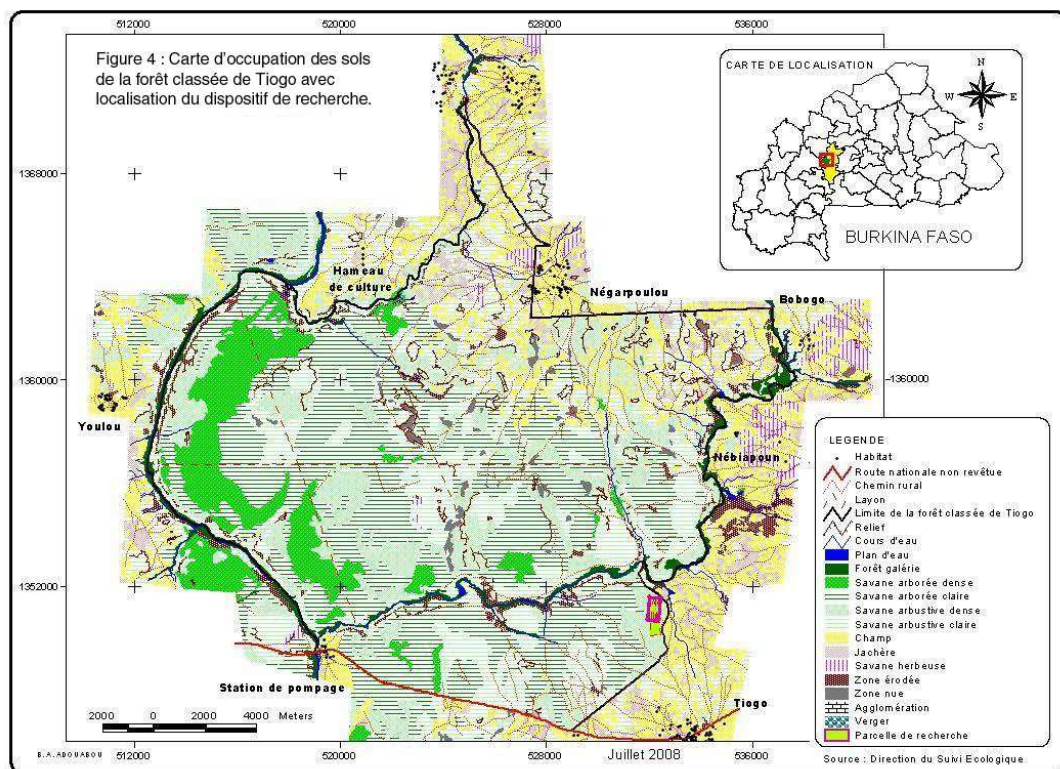


Figure 2: Carte d'occupation des terres de la forêt classée de Tiogo et des terroirs riverains.

(Source: Fontès et Guinko 1995 adapté par BKF 2001).

1.1.1 Climat

La forêt classée de Tiogo appartient au climat soudanien caractérisé par deux saisons: une saison pluvieuse durant environ six (06) mois et allant de Mai à Octobre et une saison sèche de Novembre à Avril. Les données climatiques sont fournies par la mini station météo installée à l'intérieur de la forêt classée par le Département Productions Forestières (DPF) de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA).

1.1.2. Précipitations

La pluviosité de la forêt classée de Tiogo (figure 3) est soumise à des variations interannuelles et intra-annuelles. La hauteur moyenne annuelle d'eau recueillie durant les vingt (20) dernières années (de 1992 à 2012) est de $846,04 \pm 160$ mm à Tiogo. Le nombre de jours de pluie par année est en moyenne de 62 ± 12 . Il faut noter cependant que la répartition spatio-temporelle de la pluviométrie est très inégale d'une année à l'autre.

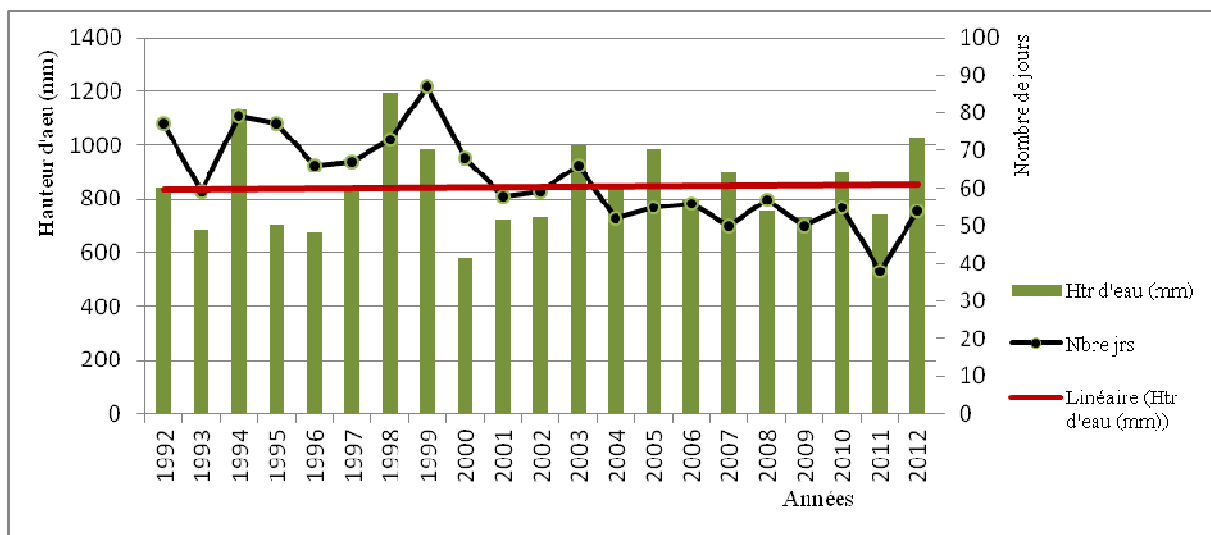


Figure 3 : Evolution pluviométrique de la forêt classée de Tiogo de 1992 à 2012

1.1.3. Températures

Dans la province du Sanguié à laquelle appartient la localité de Tiogo, on assiste à l'alternance d'une période froide et d'une période chaude comme sur l'ensemble du territoire national. Les moyennes journalières des températures minimales et maximales varient entre 16°C à 32°C en janvier (mois le plus froid) et de 26°C à 40°C en Avril (mois le plus chaud).

Durant la période froide qui va de décembre à février, on a des minima variant entre 14 et 15°C . La période chaude (mars à octobre) connaît des maxima variant entre 32 et 40°C . La moyenne annuelle est de 24°C avec une amplitude thermique de 15°C .

1.1.4. Relief et sols

La province du Sanguié possède un relief peu accidenté avec une altitude moyenne de 300 m au-dessus du niveau de la mer. Le relief de la forêt classée est plat et monotone dans l'ensemble avec un certain nombre de buttes cuirassées. Les sols fréquemment rencontrés sont des lixisols (Driessen *et al.*, 2001). Ils sont de type limono-argileux profond (d'une profondeur supérieure à 75 cm). Ces sols sont représentatifs des grandes régions de la zone Soudanienne du Burkina Faso.

Nouvellet et Sawadogo (1995) dans leur étude pédologique sur le dispositif expérimental de la forêt distinguent les principaux types de sols suivants:

- les sols peu évolués : les sols sablo-argileux ou gravillonnaires en surface, gravillonnaires en profondeur;
- les sols hydromorphes rencontrés principalement le long du fleuve Mouhoun et de ses affluents;
- les sols à sesquioxyde de fer de profondeur variable.

Driessen *et al.* (2001) ont trouvé dans la forêt classée les caractéristiques chimiques suivantes de ces sols résumées dans le tableau 1.

Tableau 1: Caractéristiques chimiques des sols de la forêt classée Tiogo (Valeurs moyennes \pm Ecart type) (Driessen *et al.*, 2001).

caractéristiques	teneurs
M.O. totale (%)	1,8 \pm 0,7
N totale (%)	0,1 \pm 0,0
C/N	11,4 \pm 4,6
P assimilable (ppm ¹)	1,4 \pm 0,7

M.O. = Matière Organique ; N : Azote ; P : phosphore

1.1.5. Végétation

La végétation de la forêt classée de Tiogo est une savane arborée et arbustive avec un tapis herbacé dominé aussi bien par des herbacées annuels que pérennes. Les principales espèces

¹ ppm : mg/kg

ligneuses rencontrées dans cette formation sont de la famille de Mimosaceae et Combretaceae: *Detarium microcarpum* Guill. & Perr., *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn., *Burkea africana* Hook., *Anogeissus leiocarpus* Guill. & Perr., *Combretum micranthum* G.Don, *Combretum nigricans* Lepr. ex Guill. & Perr. *Acacia macrostachya* Rchb. ex G.Don., *Entada africana* Guill. & Perr., *Lannea acida* A. Rich. Les Poaceae annuelles les plus dominantes sont : *Andropogon pseudapricus* Stapf, *Loudetia togoensis* (Pilg.) C.E.Hubb., *Pennisetum pedicellatum* Trin., *Rottboellia exaltata* L.f., *Diheteropogon hagerupii* Hitchc., *Microchloa indica* (L.f.) P.Beauv. La strate herbacée vivace est majoritairement représentée par *Andropogon gayanus* Kunth. *Andropogon ascinodis* C.B.Clarke, *Diheteropogon amplexans* (Nees) Clayton. Les phorbes telles que *Cochlospermum planchonii* Hook. F. ex Planch., *Borreria stachydea* (DC.) Hutch et Dalz., *Borreria radiata* DC. et *Wissadula amplissima* Linn., y sont les plus représentées.

1.2 La station de recherche de Saria

1.2.1 Situation géographique

La station de recherches environnementales et agricoles de Saria (figure 1) créée depuis 1920, est située dans la région du centre-ouest du Burkina Faso à 80 km au Nord-ouest de Ouagadougou (la capitale), et à 25 km à l'est de Koudougou son chef lieu de province. Ses coordonnées géographiques sont : latitude, 12°16'N, longitude : 2°9'W, altitude : 300 m

1.2.2 Le climat

Le climat de la région du centre-ouest, à laquelle appartient la station de recherche de Saria est du type nord soudanien avec une saison pluvieuse de six (06) mois (Mai à Octobre) et une saison sèche allant d'octobre à avril. La pluviométrie de Saria (figure 4) enregistre des variabilités inter annuelles et intra-annuelles avec une moyenne annuelle de 800 mm.

La température moyenne annuelle de la station est de 28°C, avec des températures maximales variant entre 25°C et 30°C durant la saison des pluies et peuvent atteindre 45°C en avril et mai en saison sèche. L'évapotranspiration potentielle varie entre 1713 et 2096 mm/an (Zougmore *et al.*, 2004). L'humidité relative de l'air, qui atteint 60 à 80 % entre juin et août, n'est plus que de 15 % en février.

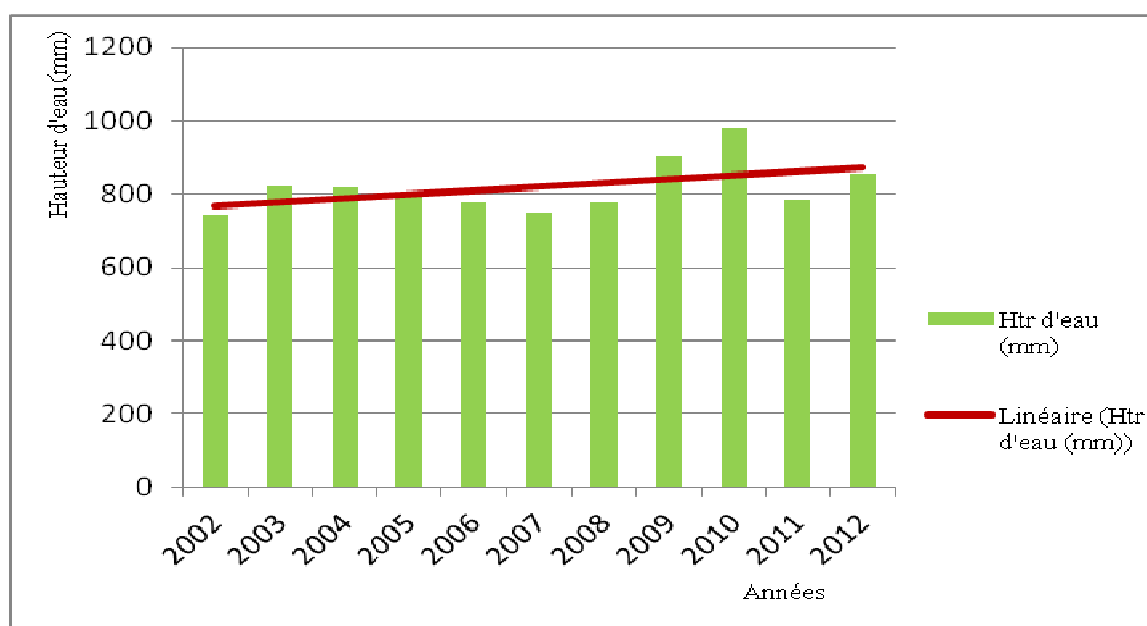


Figure 4 : Variation annuelle de la pluviométrie de la station de Saria de 2002 à 2012

1.2.3 La végétation et les sols

La végétation naturelle est fortement dégradée en raison de la pression démographique. La physionomie du paysage présente l'allure d'un paysage agricole dominé par quelques essences arborées protégées tels que *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Faidherbia albida*, *Lannea microcarpa*, *Tamarindus indica*, *Adansonia digitata*. La strate herbacée est dominée par *Andropogon sp.*, *Pennisetum pedicellatum* et *Loudetia togoensis* (Zougmoré *et al.*, 2004).

Selon la classification des sols utilisée par la FAO (Driessen *et al.*, 2001), les sols de Saria sont de type ferrugineux tropical, lessivé. Ces sols représentent 39% des sols du Burkina. La texture est sablo-limoneuse en surface et argilo-sableuse en profondeur. Ce sont des sols carencés en phosphore et présentant dans certaines conditions des déficiences en azote et potasse. Ils s'acidifient rapidement sous les effets de la culture continue et des apports essentiellement d'engrais chimique.

DEUXIEME PARTIE : ETUDE DU THEME

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

I. Matériel

La présente étude a été conduite sur deux sites de la région du centre-ouest du Burkina Faso. Le matériel utilisé sur ces deux sites est ci-dessous présenté.

✓ Mesure de la respiration du sol

Le taux respiratoire du sol a été mesuré sur le terrain en utilisant un analyseur infrarouge portatif de gaz (photo 1) munie d'une batterie de 12 volt (moniteur environnemental de gaz EGM-4, systèmes PP, Hertfordshire, UK) reliés à une chambre de respiration de sol (modèle ACS025 SRC-1, PP systèmes) couvrant une surface de 170 cm². Cet appareil permet du même coup, la mesure de la température et le taux d'humidité du sol grâce aux senseurs de température et d'humidité qui lui sont associés.

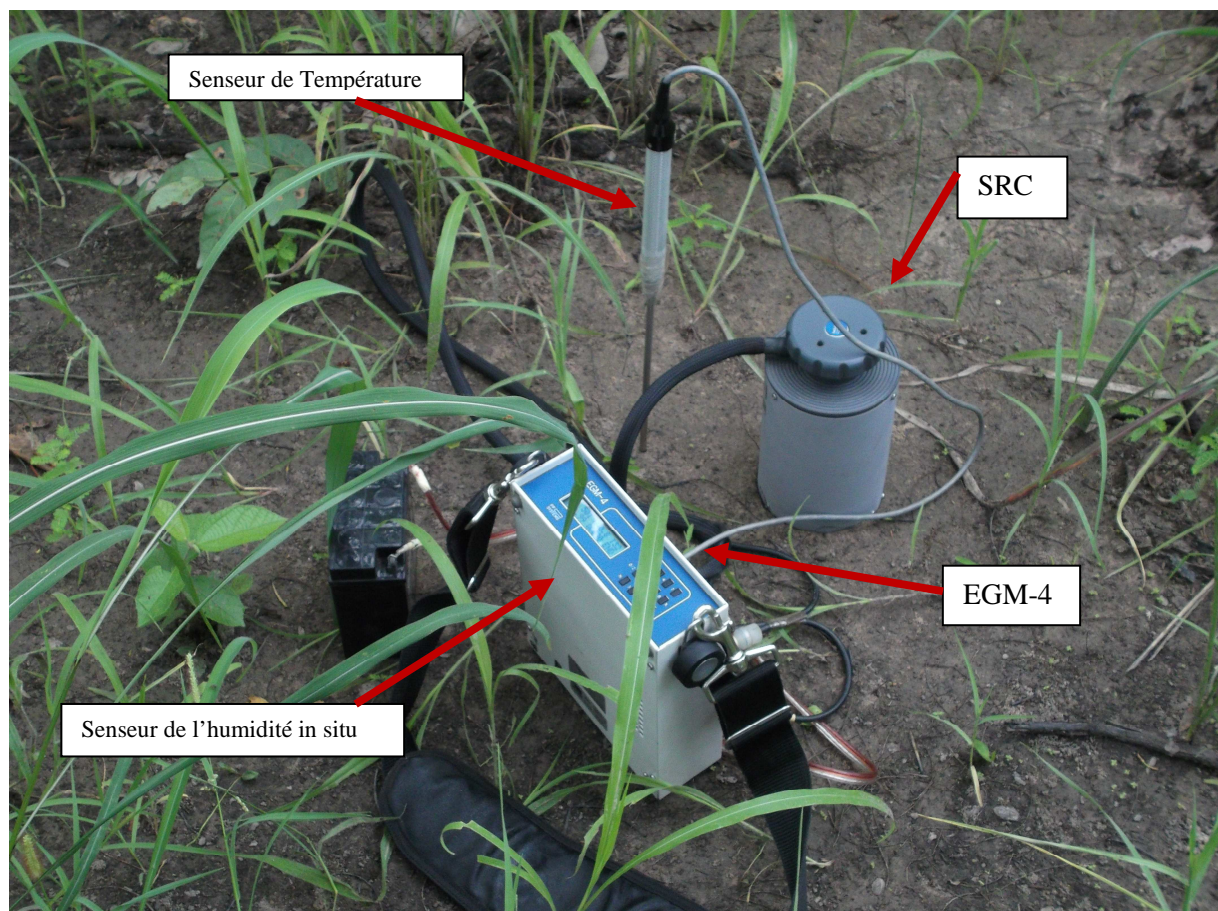


Photo 1 : respiromètre IRGA in situ (photo Diarra, août 2013)

✓ **Echantillonnage du sol**

Les échantillons de sols ont été prélevés à l'aide d'une tarière de diamètre 6 cm, d'une truelle et des sachets plastiques pour le conditionnement du sol prélevé.

✓ **Matériel végétal**

Le matériel végétal est composé du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). La variété mise en place est la Sariasso 11, caractérisée par un cycle semis-maturité de 100 à 105 jours avec un rendement potentiel de 3 à 4t/ha.

✓ **La fumure**

Les fertilisants utilisés sur le dispositif agricole sont de deux types :

- **Fumure minérale**

La fumure minérale est composée 100 kg de l'engrais mélange coton de formulation 14-23-14-6S-1B et de 50 kg d'urée à 46%.

- **Fumure organique**

La fumure organique est composée de 5t/2ans de compost apportée aux parcelles lors de la préparation du sol.

II. Méthodologie

2.1 Dispositifs expérimentaux

2.1.1 Dispositif expérimental du site de Tiogo

Il est important de noter que le dispositif expérimental de notre travail s'insère dans le cadre d'une étude intégrant plusieurs paramètres et traitements. Le dispositif expérimental de la forêt classée de Tiogo (figure 5) a été mis en place en 1992 pour étudier sur le long terme l'impact du pâturage, du feu, de la coupe sélective et de leur interaction sur la composition, l'abondance et la diversité de la végétation herbacée. Il consiste en une expérience factorielle organisée en blocs aléatoires complets avec parcelles divisées. Les facteurs étudiés et leurs modalités sont:

- le feu à deux modalités: sans feu et feu précoce effectué en début de saison sèche (Octobre),
- le pâturage à deux modalités: pâturé et non pâturé.

Ce dispositif expérimental factoriel de 4 répétitions de 18 parcelles de 2500 m² (50 m × 50 m) et d'une superficie de 50 ha a été établis en Mai 1992 par l'Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale (IRBET) en collaboration avec l'Université Suédoise des Sciences Agricoles (SUAS), et le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD-Forêt).

Le site expérimental (18 ha) a été divisé en huit blocs (2,25 ha); dont quatre (04) ont été

clôturées pour exclure le bétail (ci-après visé comme les parcelles de terrain non pâturées) et les quatre autres étaient ouverts pour la pâture (ci-après visé comme les parcelles de terrain pâturée). Chaque bloc a été encore divisé en quatre parcelles de terrain de 0,25 ha (50 × 50 m), séparé l'un de l'autre par 20-30 m de pare-feu (Afin de faciliter les prélèvements de sols chaque parcelle a été subdivisée en placettes de 5 m × 5 m ; soit 100 placettes par parcelle). **Aux quatre parcelles de terrain dans chaque bloc, les traitements suivants ont été aléatoirement assignés: aucune coupe et aucun feu, aucune coupe - feu précoce, coupe sélective - aucun feu, et coupe sélective - et feu précoce.** La coupe sélective a été faite en décembre 1993 à Tiogo par l'enlèvement de 50% du volume de peuplement vendable. Avant la coupe, toutes les espèces ont été classées par catégorie selon leurs utilisations locales en tant qu'espèces protégées, bois de construction, poteaux et bois de feu, et autres (Sawadogo, 1996). Excepté les espèces protégées, les individus d'autres catégories ont été coupés selon les critères suivants de taille: de diamètre de tronc supérieur à 30 centimètres pour les espèces de bois de construction, de diamètre supérieur à 14 centimètres au niveau du tronc pour les poteaux et les espèces de bois de chauffage et de diamètre supérieur à 8 centimètres au niveau de tronc pour les autres. Le feu précoce prescrit est appliqué à la fin de la saison des pluies (octobre – novembre) tous les ans depuis 1993 lorsque l'humidité de la couche d'herbe est approximativement de 40%. Les parcelles destinées au pâturage sur les deux sites d'étude sont ouvertes pour être pâturées par le bétail (un troupeau mélangé de bétail, de moutons et de chèvres). La capacité de charge de bétail dans la forêt de Tiogo était de 1,4 UBT. ha⁻¹ (Sawadogo, 1996) mais, la capacité de charge sur le site était environ la moitié de cette capacité (Sawadogo *et al.*, 2005).

Pour notre étude, le dispositif considéré, comporte les traitements suivants : le Témoin, le feu, feu + pâturage et pâturage seul. Ces quatre (04) traitements sont répétés quatre (04) fois ; d'où 16 parcelles élémentaires.

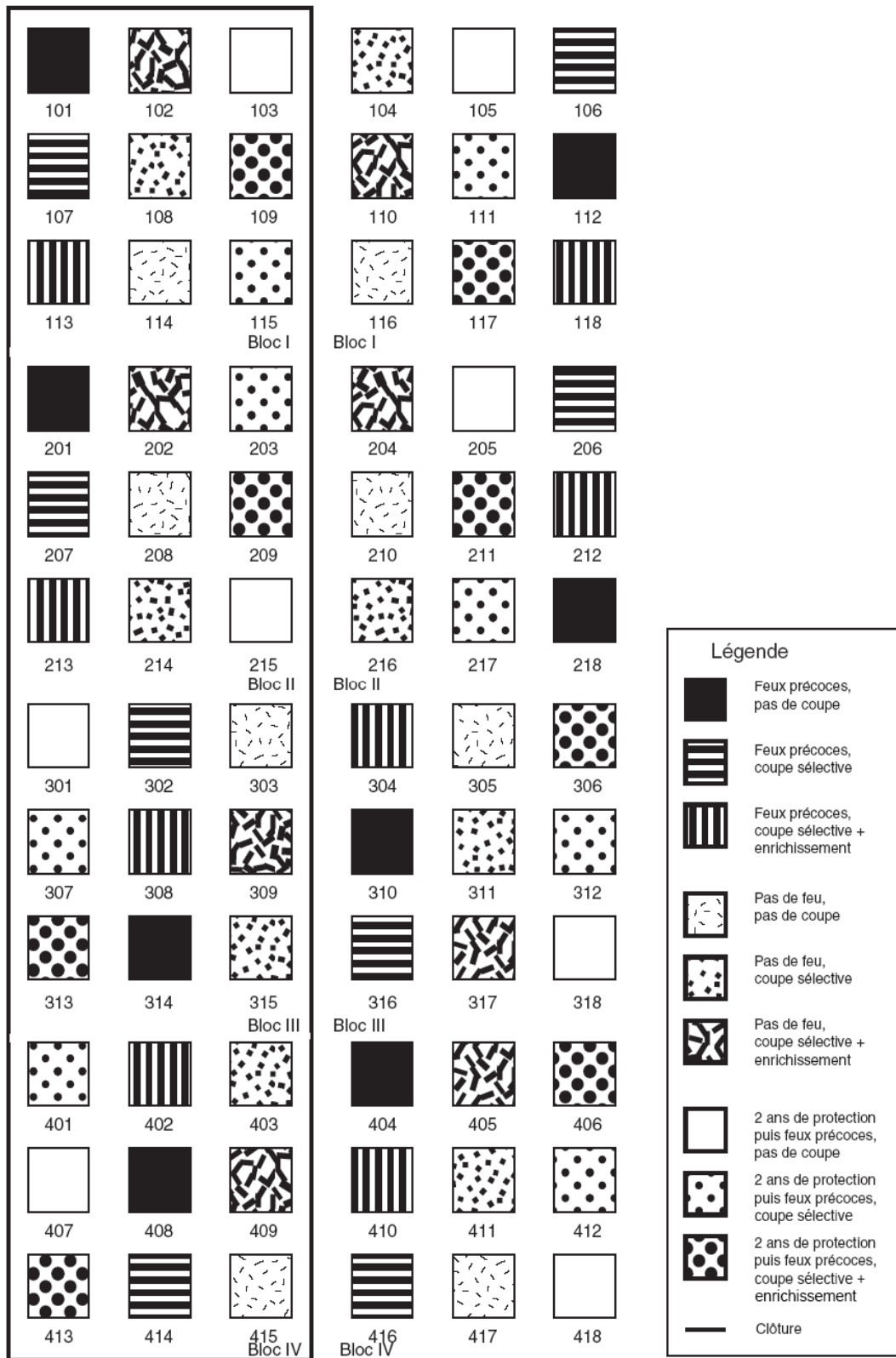


Figure 5: Dispositif expérimental complet du site de Tiogo

2.1.2 Dispositif expérimental du site de Saria

Afin d'estimer le flux de CO₂ du sol sous différents types d'utilisation des terres, des mesures de l'efflux du CO₂ du sol ont été effectuées sur le dispositif de production agricole installé à la station de recherche de Saria.

Le dispositif de la station de recherche de Saria (figure 6) est un dispositif agricole « d'essai d'entretien de la fertilité », mis en place depuis 1960 avec pour objectif d'étudier les effets des différentes fumures minérales et organo-minérales et des successions culturales sur la durabilité des agro-écosystèmes et la préservation de l'environnement. L'essai est réalisé en 06 répétitions sur des parcelles élémentaires de 48 m² (6 × 8m).

- **Trois systèmes de culture sont mis en œuvre :**

Série a : sorgho continu

Série b : rotation sorgho – cotonnier

Série c : rotation sorgho – légumineuse (arachide jusqu'en 1973 et niébé depuis cette date)

- **Six traitements de fertilisation sont appliqués :**

T: Témoin absolu ;

fmr : fumure minérale faible, avec recyclage des résidus des pailles de sorgho ;

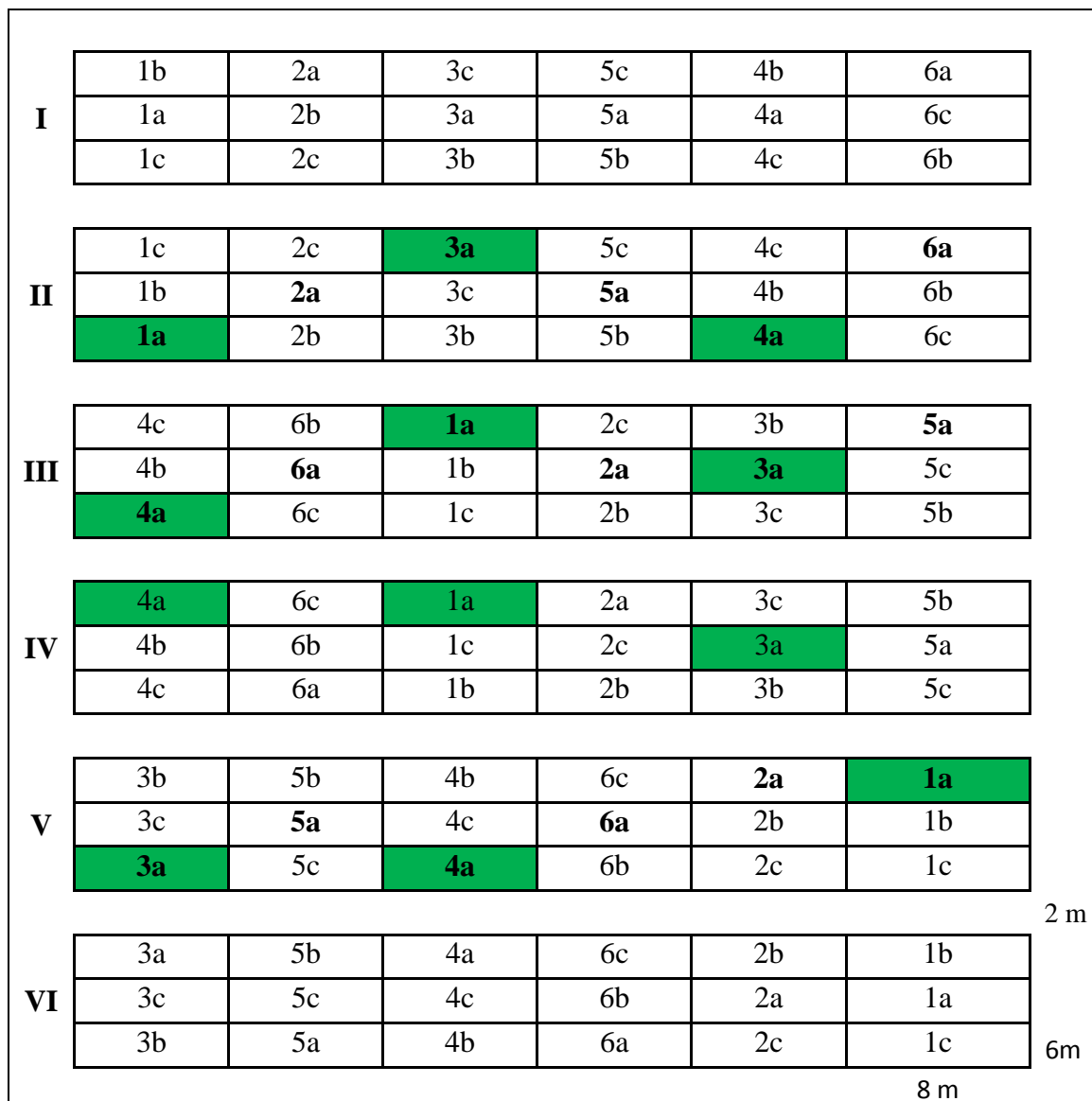
fmo : fumure minérale conventionnelle avec exportation des pailles de sorgho + apport de fumier 5 T/ha tous les 2 ans (année où tout l'essai est en sorgho) ;

fm : fumure minérale conventionnelle seule avec exportation des pailles de sorgho ;

FMO : fumure minérale forte avec exportation des pailles de sorgho + apport de fumier 40 T/ha tous les 2 ans (année où tout l'essai est en sorgho) ;

FM : fumure minérale forte seule avec exportation des pailles de sorgho.

Pour notre étude, les traitements pris en compte sur le site de Saria sont : **fm** (100 kg d'engrais mélange conton 14-23-14-6S-1B au semis et 50 kg d'urée 46% au début de la montaison), **fmo** (5t/ha/2ans à la préparation du sol, 100 kg d'engrais mélange conton 14-23-14-6S-1B au semis et 50 kg d'urée 46% au début de la montaison) et le témoin sur les parcelles en culture continue de sorgho (figure 4 colorée). Le choix de ces traitements pour notre travail se justifie d'une part par le fait que compte tenue de la pauvreté des sols en général et la faiblesse des rendements, l'utilisation des engrais est systématique de nos jours. D'autre part, le choix de cette formulation pour les différentes fumures est lié à la recommandation des structures de recherches pour les doses conventionnelles dans le pays.



NB: 1 : Témoin ; 2 : fmr ; 3 : fmo ; 4 : fm ; 5 : FMO ; 6 : FM

a = monoculture sorgho; b = rotation sorgho-coton; c = rotation sorgho-niébé

I, II, III, IV, V, VI = répétitions ou blocs. Les parcelles coloriées sont celles utilisées dans les essais pour notre étude.

Figure 6 : Dispositif expérimental du site de Saria

2.2 Echantillonnage du sol

Le prélèvement des échantillons de sol pour les différentes analyses de laboratoire s'est fait durant le mois d'août (17/08/2013) sur l'ensemble des parcelles de traitement. Soit 16 parcelles de traitements pour l'ensemble des blocs pâturé et non pâturé. Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une tarière de diamètre 6 cm sur une profondeur de 10 cm (0-10 cm). Le choix de cette profondeur est surtout motivé par le fait que l'essentiel des activités biologiques et du stock d'éléments sont concentrés dans les couches superficielles du sol. Dans le souci de prendre en compte l'hétérogénéité de chaque parcelle, les prélèvements sont

effectués à cinq (05) différents points des placettes (5 m × 5 m) installées dans chaque parcelle et les échantillons correspondant sont homogénéisés puis traités comme un seul échantillon au laboratoire (figure 7). Sur chaque parcelle, le dispositif de collecte des échantillons s'est fait de manière aléatoire suivant les deux lignes médianes ; et sur chaque ligne, l'échantillonnage s'est fait de sorte à obtenir des échantillons représentatifs de la parcelle.

Les échantillons de sol ainsi obtenus sont séchés, broyés et tamisés à l'aide de tamis à maille 2 mm et 0,5 mm avant d'être soumis aux différents tests de laboratoire.

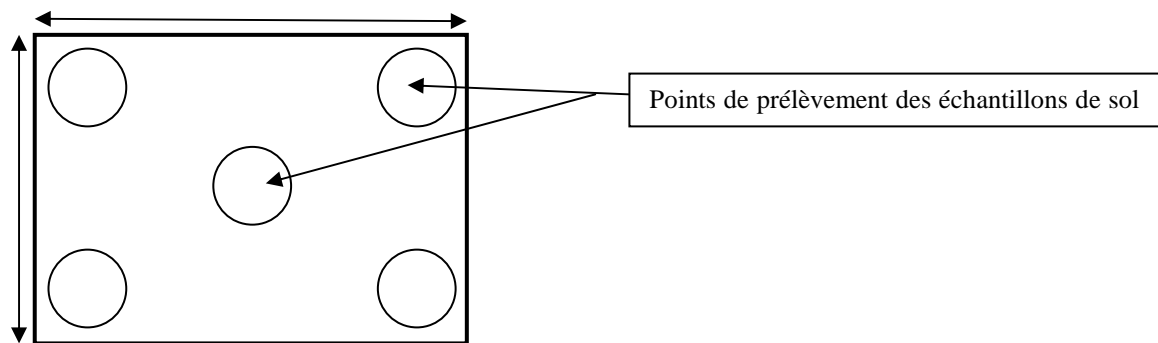


Figure 7 : Disposition des points de prélèvement sur la placette

2.3 Analyses chimiques des sols

2.3.1 Détermination du pH

La mesure du pH du sol (réalisé dans un rapport sol/solution de 1/2,5 selon les normes Afnor, 1981) a été déterminée après agitation pendant 1 h de 20 g d'échantillon de sol tamisé à 2 mm dans 50 ml d'eau distillée pour le pHeau et 50 ml d'une solution molaire de KCl pour le pHKCl. Le pH a été mesuré au pH-mètre HANNA à électrodes en verre.

2.3.2 Détermination du carbone et de la matière organique totale

La méthode Walkley-Black (1934) a été utilisée pour déterminer la teneur des sols en carbone. La méthode consiste en une oxydation à froid du carbone du sol avec un excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) de normalité 1N en présence d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré. L'excès du bichromate est dosé en retour avec le sel de Mohr $[Fe(SO_4)_2(NH)_2]$ en présence d'indicateur coloré (phénolphaléine). Les taux de carbone (C) et de matière organique (MO) sont obtenus par les formules suivantes:

$$C \text{ (mgkg}^{-1}\text{)} = ((10 - VT)/PE) \times 3,9 \quad (1)$$

Avec $T = 10/V'$ (10 = volume de $K_2Cr_2O_7$ pour le blanc et V' = volume de sel de Mohr utilisé

pour le dosage du blanc). T= titre du sel de Mohr ; V= volume du sel de Mohr pour le dosage de l'échantillon (ml) ; PE= prise d'essai de sol (g) ; et

$$\text{MO (\%)} = C (\text{mgkg}^{-1}) \times 0,1724 \quad (2)$$

2.4 Mesure de la respiration du sol, de la température et du taux d'humidité du sol

Le taux respiratoire du sol a été mesurée sur le terrain en utilisant un analyseur infrarouge portatif de gaz (photo 1) munie d'une batterie de 12 volt (moniteur environnemental de gaz EGM-4, systèmes PP, Hertfordshire, UK) reliés à une chambre de respiration de sol (modèle ACS025 SRC-1, PP systèmes) couvrant une surface de 170 cm². Cet appareil permet du même coup, la mesure de la température et le taux d'humidité du sol. Dans une première phase, les différentes mesures ont été effectuées dans la matinée (entre 6h30 et 11h) et l'après midi (entre 14h00 et 18h) afin de minimiser les fluctuations journalières. Dans chaque parcelle de traitement, quatre (04) mesures du taux de respiration du sol sont effectuées aussi bien le matin que l'après midi ; soit 64 points de mesures au total pour l'ensemble des répétitions.

Dans l'optique d'évaluer la variation diurne de l'efflux du CO₂, une seconde phase de mesure est intervenue. Il s'agit ici, d'une série de mesures continues qui a été effectuée durant la journée entre 8h00 et 16h00 à intervalle de temps régulier (chaque deux heures). Il faut noter que durant ces deux phases, la température et l'humidité du sol sont simultanément mesurées avec la concentration et de l'efflux du CO₂ par l'intermédiaire du senseur couplé à l'EGM-4. Avant toute mesure, la litière est enlevée du sol et la chambre de respiration est fermement relié au sol et maintenue durant une période de 2 minutes, suffisante pour obtenir une lecture constante. Le senseur de l'humidité et de la température de type AGA011 et le SRC-1 (Soil Respirometer Chamber ou chambre de la respiration du sol), modèle ACS025SRC-1 sont connectés à l'EGM-4 (Environment Gaz Monitoring ou contrôleur des gaz de l'environnement). Sur chaque point de mesure, le SRC-1, déposé pendant 2 mns au sol, mesure l'efflux de CO₂ du sol (en ppm) sur une surface de 170 cm². L'EGM-4, une fois connecté, enregistre dans sa mémoire la valeur finale du flux de CO₂ du sol, la température et le taux d'humidité du sol durant les 2 minutes. Le taux d'assimilation du CO₂ (R) ou taux de respiration du sol est également donné au cours de cette mesure. Le SRC-1 calcul ce taux de respiration en utilisant la formule suivante et l'enregistre dans l'EGM-4 :

$$R = ((C_n - C_0)/T_n) \times (V_c/A_c) \quad (3)$$

Où R en mg (CO₂).m².h⁻¹ est le flux de CO₂/unité de surface/unité de temps ; C₀ et C_n sont respectivement la concentration en CO₂ (en ppm) de la chambre à T = 0 et à T = n ; T_n le

temps de mesure (120 s) ; V_c le volume de la chambre ($V = 2465 \text{ cm}^3$) et A_c la surface couverte par la chambre ($A = 170 \text{ cm}^2$).

2.5 Analyses statistiques des données

Les données récoltées ont été organisées et compilées par le tableur EXCEL avant d'être soumises à l'analyse statistique par le logiciel IBM SPSS Statistics édition 19. Avant toute analyse la normalité des données a été vérifiée. Dans le cas où les données nécessitaient une normalisation, celle-ci a été faite en utilisant la racine carrée des données primaire (ce fut le cas pour les données de l'efflux du CO_2 du sol sur les deux sites). L'analyse de variance (ANOVA) a été faite par le Modèle Général Linéaire (GLM) univarié (Equation 4) afin d'apprécier l'effet des différents traitements (Feu et pâturage), leur interaction et de la période de mesure (matin et soir) sur la concentration et l'efflux du CO_2 du sol.

$$Y = \mu + T_i + P_j + T_i P_j + \epsilon_{ij} \quad (4)$$

Où Y est l'efflux du CO_2 mesuré, μ est la moyenne générale, T_i est l'effet du traitement, P_j est l'effet de la période de mesure, le produit $T_i P_j$ est l'interaction des deux et ϵ_{ij} est l'erreur. Lorsque l'analyse est appropriée (c'est-à-dire que $P \leq 0,05$ pour la variance), la séparation des moyennes a été effectuée par le test de Tukey au seuil de 5% pour déceler les différences entre les traitements.

Pour les mesures répétées, nous avons utilisé l'analyse de variance des mesures répétées afin de voir si le taux de respiration du sol est fonction du temps, du feu, du pâturage ou de l'interaction de ces différents facteurs. Ainsi, l'analyse de variance a été effectuée suivant le Modèle Général Linéaire (GLM) pour mesures répétées (Equation 5) :

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \lambda_j + (\beta\lambda)_{ij} + \epsilon_{j(i)} + \epsilon_{j(k)} \quad (5)$$

Où, Y_{ijk} est le taux de respiration, μ est la moyenne générale, β_i est l'effet inter-sujets, i est l'ensemble des facteurs (feu, pâturage) et leur interaction, λ_j est l'effet intra-sujet, j représente l'heure de mesure, $(\beta\lambda)_{ij}$ est l'interaction entre les effets inter et intra-sujets, $\epsilon_{j(i)}$ et $\epsilon_{j(k)}$ sont les erreurs standards. Lorsque le coefficient de sphéricité de Mauchly est significatif ($P < 0,05$), le degré de liberté utilisé pour tester la signification de l'analyse est ajusté en utilisant le facteur de correction de Huynh-Feldt qui est le mieux adapté dans ce cas. Afin d'évaluer la relation entre la concentration, l'efflux du CO_2 et les paramètres climatiques (Température et humidité), des analyses de corrélation de Pearson ont été réalisées entre ces divers éléments.

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Impact du feu et du pâturage sur les caractéristiques chimiques et la respiration du sol en savane sud-soudanienne

1.1 Résultats

1.1.1 Caractéristiques chimiques des sols

Les caractéristiques chimiques des différents échantillons de sol indiquées dans le tableau 2 montrent que la composition chimique du sol est fonction du traitement appliqué à chaque parcelle. Bien que le feu et le pâturage aient permis une variation de la teneur des éléments dosés il faut noter que l'analyse de variance n'indique pas de différence significative ($P > 0,05$) entre la teneur de ces éléments suivant les traitements appliqués (annexe 1). Le pH des sols en général est compris dans la gamme des pH acide ($pH < 7$) et varie de $5,78 \pm 0,09$ à $5,95 \pm 0,17$ avec le feu et de $5,83 \pm 0,19$ à $5,89 \pm 0,05$ avec le pâturage (tableau 2).

Tableau 2: Effet du feu et pâturage sur les caractéristiques chimiques du sol de Tiogo

Traitements	pH_eau	pH_KCl	C_Total(%)	MO_totale(%)
FP	$5,946 \pm 0,17$ a	$5,019 \pm 0,14$ a	$3,112 \pm 0,13$ a	$5,366 \pm 0,23$ a
PF	$5,78 \pm 0,09$ a	$4,78 \pm 0,08$ a	$3,084 \pm 0,16$ a	$5,331 \pm 0,27$ a
Probabilités	0,45	0,16	0,9	0,93
C	$5,833 \pm 0,19$ a	$4,87 \pm 0,16$ a	$3,206 \pm 0,13$ a	$5,528 \pm 0,22$ a
NC	$5,894 \pm 0,05$ a	$4,929 \pm 0,06$ a	$2,991 \pm 0,16$ a	$5,169 \pm 0,26$ a
Probabilités	0,74	0,68	0,34	0,35
FPC	$5,968 \pm 0,36$ a	$5,088 \pm 0,28$ a	$3,194 \pm 0,17$ a	$5,507 \pm 0,29$ a
FPNC	$5,925 \pm 0,08$ a	$4,95 \pm 0,08$ a	$3,031 \pm 0,22$ a	$5,226 \pm 0,38$ a
PFC	$5,698 \pm 0,17$ a	$4,653 \pm 0,09$ a	$3,218 \pm 0,21$ a	$5,549 \pm 0,36$ a
PFNC	$5,863 \pm 0,08$ a	$4,908 \pm 0,09$ a	$2,951 \pm 0,26$ a	$5,113 \pm 0,43$ a
Probabilités	0,64	0,24	0,81	0,84

NB: Les valeurs affectées de la même lettre dans le même tableau et la même colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%. FP : Feu Précoce ; PF : Pas de Feu ; C : Clôturé ; NC : Non Clôturé ; FPC : Feu Précoce et Clôturé ; FPNC : Feu Précoce et Non Clôturé ; PFC : Pas de Feu et Clôturé ; PFNC : Pas de Feu et Non Clôturé

1.1.2 Concentration et efflux du CO₂ du sol sous l'action du feu et de la pâture

Tableau 3: Résumé de l'analyse de variance (ANOVA) de l'effet du feu et du pâturage sur la concentration et l'efflux du CO₂ du sol du site de Tiogo

Source	[CO ₂]		SoilResp	
	ddl	Probabilité	ddl	Probabilité
Pâturage	1	0,0001	1	0,793
Feu	1	0,016	1	0,26
Période	1	0,017	1	0,011
Pâturage × Feu	1	0,412	1	0,0001
Pâturage × Période	1	0,681	1	0,287
Feu × Période	1	0,913	1	0,347
Pâturage × Feu × Période	1	0,032	1	0,473
Erreur	120		120	

SoilResp : Respiration du sol

Les résultats issus des mesures de la respiration du sol indiquent globalement que le taux de respiration du sol de la savane de Tiogo soumis à divers traitements depuis 1992 est variable selon la perturbation et suivant la période de la journée. Ainsi, la concentration du CO₂ ([CO₂]) du sol varie selon le traitement de $432,42 \pm 1,91$ à $436,79 \pm 1,74$ pour les parcelles soumises au feu annuel (figure 8 (A)). Cette [CO₂] pour les parcelles pâturées et non pâturées est respectivement de $444,83 \pm 1,47$ et $424,39 \pm 1,16$ (figure 9 (A)). Pour ce qui est de l'efflux du CO₂, il varie de $1,09 \pm 0,02$ et $1,06 \pm 0,02$ selon que la parcelle soit brûlée ou pas (figure 8 (B)) et de $1,07 \pm 0,02$ et $1,08 \pm 0,02$ selon qu'elle soit pâturée ou non (figure 9 (B)). Les résultats de l'analyse statistique (tableau 3) révèlent une hausse significative de la concentration du CO₂ du sol aussi bien avec le feu qu'avec le pâturage (figure 8 (A) et 9 (A)). Cependant, cette hausse de la [CO₂] n'est pas suivi d'un efflux significatif de CO₂ du sol quelque soit le traitement subi par la parcelle (figure 8 (B) et 9 (B)). La variation diurne du taux de respiration du sol a par contre montré d'une part une hausse significative de l'efflux de CO₂ du sol (figure 10 (B)) et d'autre part une baisse significative de la concentration de CO₂ du sol (figure 10 (A)). Les comparaisons multiples effectuées entre les différents traitements et leurs interactions ont montré d'une manière générale, une augmentation

hautement significative ($P = 0,0001$) de la $[CO_2]$ dans les parcelles pâturées et celles brûlées qui sont statistiquement identique aux parcelles témoin (figure 9 (A)). Une augmentation hautement significative de l'efflux du CO_2 est de même observée dans les parcelles pâturées et brûlées par rapport au témoin (Figure 11 (B)). L'étude de la relation entre le taux de CO_2 et les paramètres environnementaux indique une étroite corrélation ($R=0,20$; $P = 0,026$) entre la $[CO_2]$ avec l'humidité, la température du sol et de l'efflux du CO_2 du sol avec la température et la concentration du CO_2 du sol (tableau 4).

Tableau 4: Corrélation de Pearson entre la concentration de CO_2 (ppm) et la respiration du sol ($gCO_2/m^2/h$) avec la $T^\circ C$ et Humidité (%) du sol (; SR = Respiration du sol)

		[CO2]_(ppm)	Humidité_(%)	Température du sol_(°C)	SR_(gCO2/m²/h)
[CO2]	Coefficient de Corrélation	1	-0,401**	-0,349**	0,197*
SR_(gCO2/m²/h)	Coefficient de Corrélation	0,197**	-0,108	0,174*	1

NB : ** : la corrélation est significative au niveau 0,01 ; * : la corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatérale)

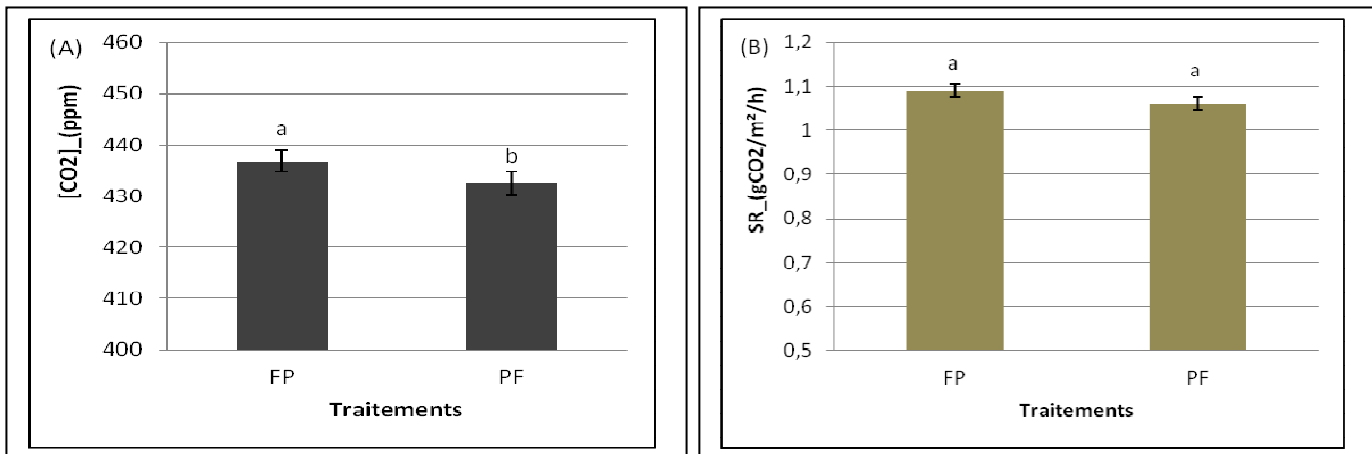


Figure 8 : Effet du feu sur la concentration du CO₂ du sol (a) et sur l'efflux du CO₂ du sol (b) (FP = Feu Précoce ; PF = Pas de Feu) ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.

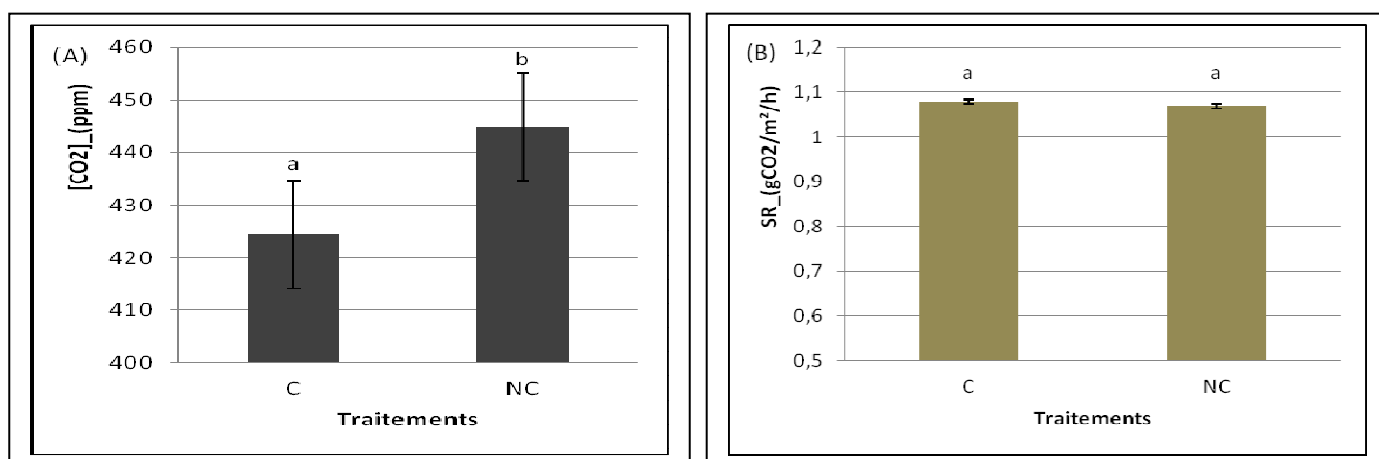


Figure 9 : Effet du pâturage sur la concentration du CO₂ du sol (A) et sur l'efflux du CO₂ du sol (B) (C = Clôturé ; NC = Non Clôturé) ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.

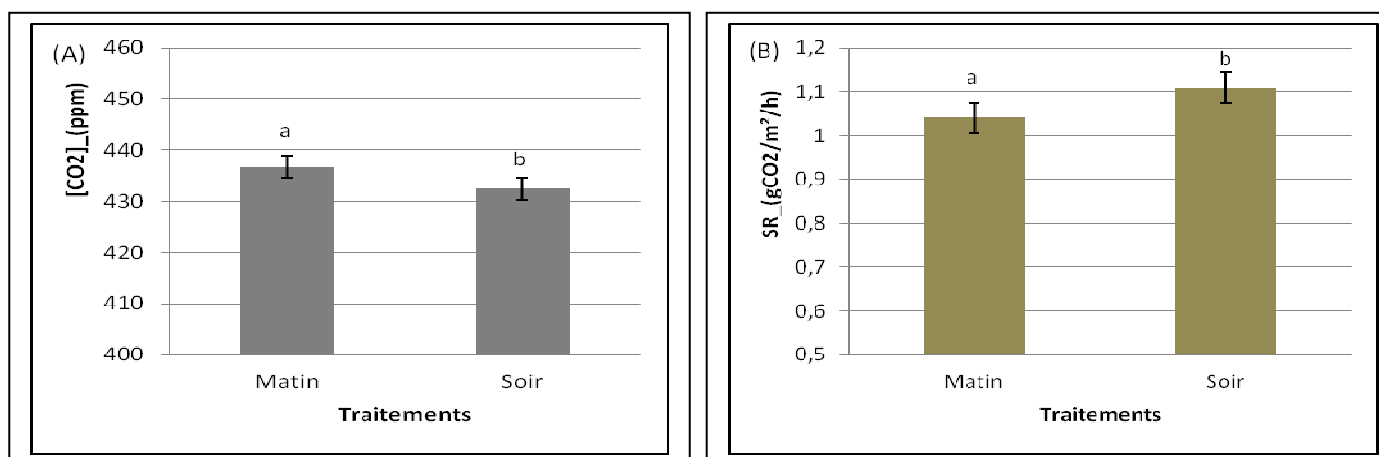


Figure 10 : Effet de la période de mesure sur la concentration du CO₂ du sol (A) et sur l'efflux du CO₂ du sol (B) ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.

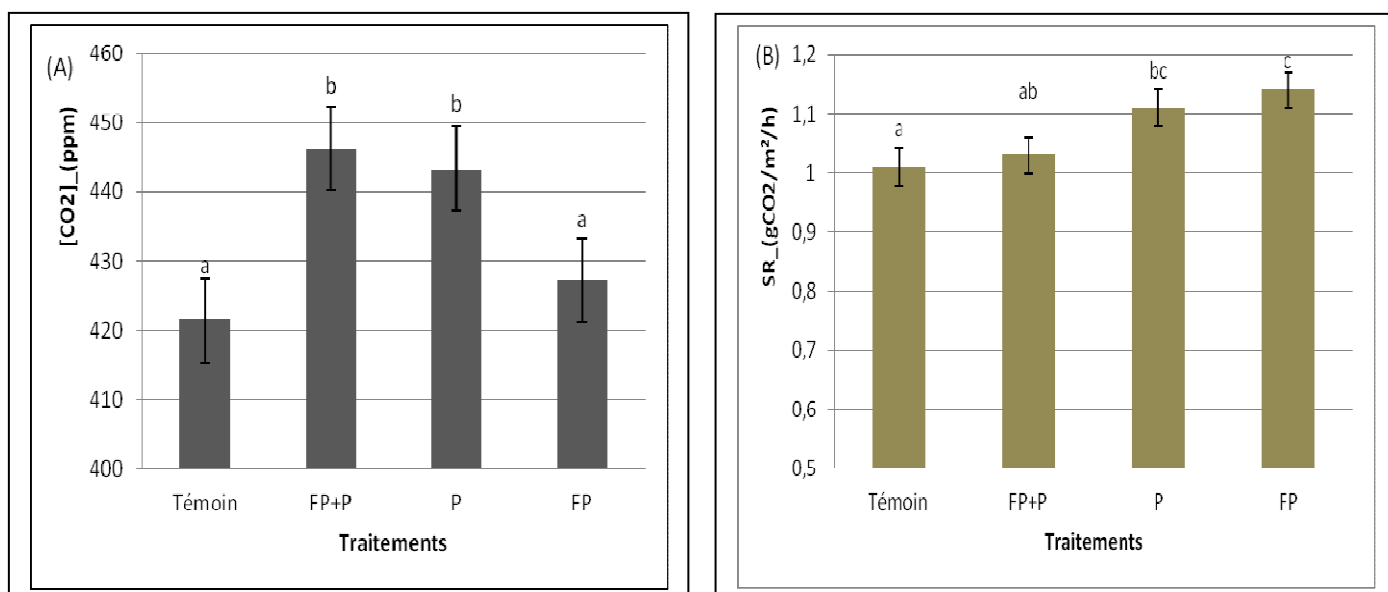


Figure 11: Effet des divers traitements et de leur interaction sur la concentration du CO₂ du sol (A) et sur l'efflux du CO₂ du sol (B) (FP + P = Feu Précoce + Pâturage ; P = Pâturage et FP = Feu Précoce). Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.

1.1.3 Variation temporelle de la concentration et de l'efflux du CO₂ du sol

Les résultats issus de l'analyse des mesures répétées de la concentration et l'efflux du CO₂ du sol ont montré une variation au cours de la journée très fortement significative sur le site d'étude de Tiogo (Tableau 5, effets intra-sujet). L'ensemble des traitements expérimentés (Feu, Pâturage et Feu × pâturage) ont également très significativement ($P < 0,05$) interagi entre eux au cours de la journée pour la concentration du CO₂, cependant pour l'efflux du CO₂ du sol seul le feu et la combinaison feu × pâturage ont interagi significativement dans le temps (Tableau 5, effet inter-sujets). Au niveau des parcelles soumises au feu, la concentration moyenne du CO₂ diminue durant les premières heures de la journée (entre 8h et 12h) avant de croître dans la seconde moitié de la journée (Figure 12 (A)). Pour les parcelles pâturées une chute de la [CO₂] est observée entre 8h et 10h avant d'augmenter durant le reste de la journée (figure 13 (A)). L'efflux du CO₂ du sol quant à lui, est élevé pendant les premières heures de la journée avant de baisser sur les parcelles traitées au feu (Figure 12 (B)). Au niveau des parcelles pâturées, l'efflux du CO₂ varie de manière instable durant la journée (Figure 13 (B)). L'analyse de corrélation a révélé une corrélation hautement significative de la concentration du CO₂ avec la température, l'humidité du sol et à l'efflux du CO₂ du sol ($p = 0,0001$). Quant à l'efflux du CO₂ du sol, il est corrélé significativement avec la température ($p = 0,008$) et la concentration du CO₂ du sol ($P = 0,0001$ (tableau 6)).

Tableau 5 : Résumé des résultats de l'analyse des mesures répétées pour tester la signification des effets intra et inter-sujets sur la concentration (ppm) et l'efflux du CO₂ (gCO₂/m²/h) du sol

Source	[CO ₂](ppm)			SoilResp_(gCO ₂ /m ² /h)		
	ddl	F	P	ddl	F	P
Effets intra-sujets						
Heures	4	10,77	0,0001	4	3,13	0,017
Heure × Feu	4	3,26	0,013	4	4,48	0,002
Heure × Pâturage	4	5,37	0,0001	4	1,19	0,314
Heure × Feu × Pâturage	4	11,66	0,0001	4	4,03	0,004
Erreur	233			220		
Effets inter-sujets						
Feu	1	6,12	0,016	1	0,018	0,895
Pâturage	1	4,87	0,031	1	5,26	0,026
Feu × Pâturage	1	0,53	0,818	1	15,91	0,0001
Erreur	59			58		

NB : le ddl pour les effets intra-sujets est ajusté avec le coefficient de Huynh-Feldt pour la [CO₂]. SoilResp = Respiration du sol

Tableau 6: Corrélation de Pearson entre la concentration de CO₂ (ppm) et la respiration du sol (gCO₂/m²/h) avec la T°C et Humidité (%) du sol. (SR = Respiration du sol)

		[CO2]_(ppm)	Humidité_(%)	Température du sol_(°C)	SR_(gCO2/m²/h)
[CO2]	Corrélation de Pearson	1	-0,294**	-0,201**	0,248**
SR_(gCO2/m²/h)	Corrélation de Pearson	0,248**	-0,073	0,147**	1

NB : ** : la corrélation est significative au niveau 0,01 ; * : la corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatérale)

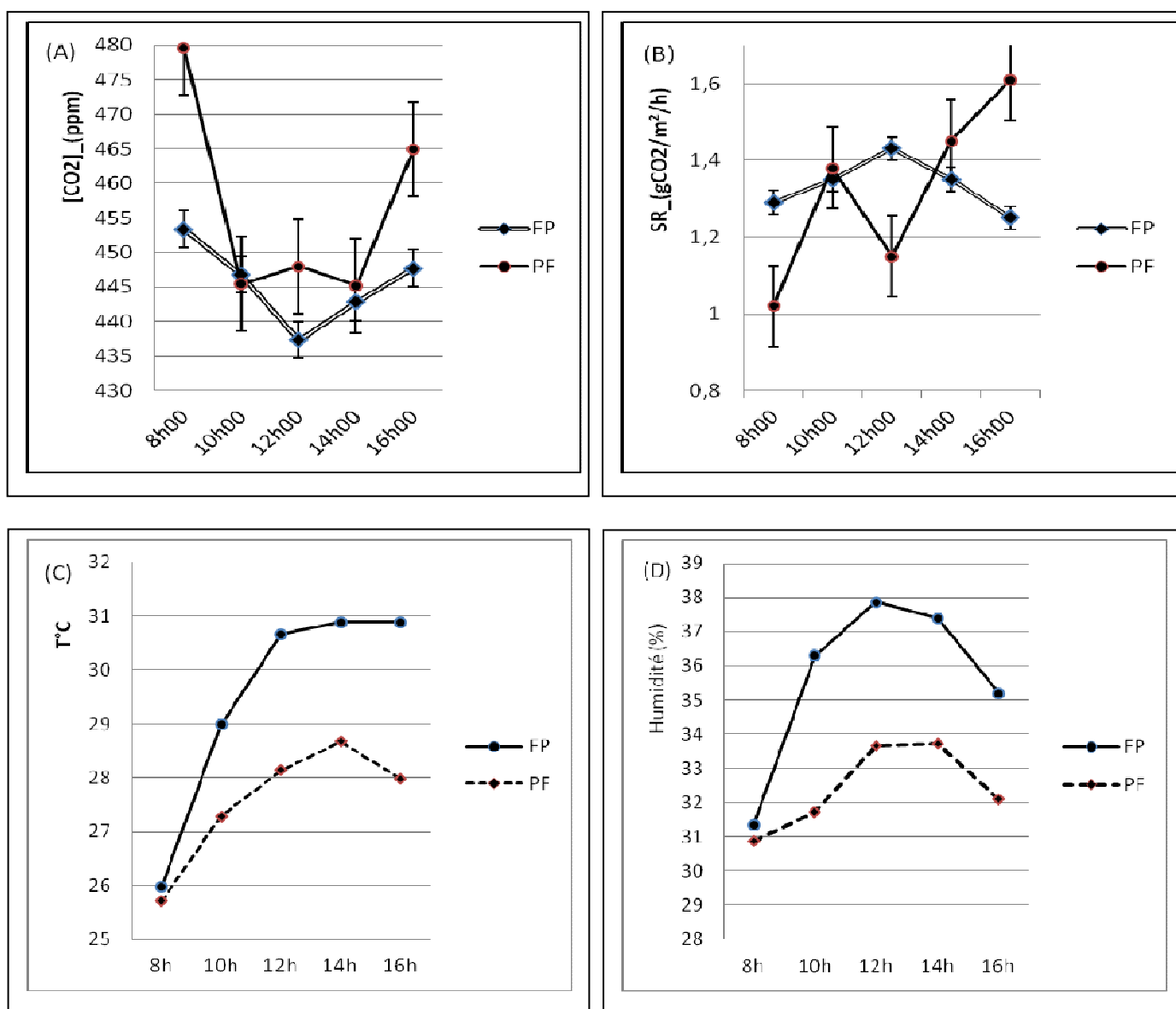


Figure 12: Variation temporelle de la concentration (A) et de l'efflux (B) de CO₂ du sol avec les variations de la T°C (C) et de l'humidité (D) du sol sous l'effet du feu (FP = Feu Précocé ; PF = Pas de Feu)

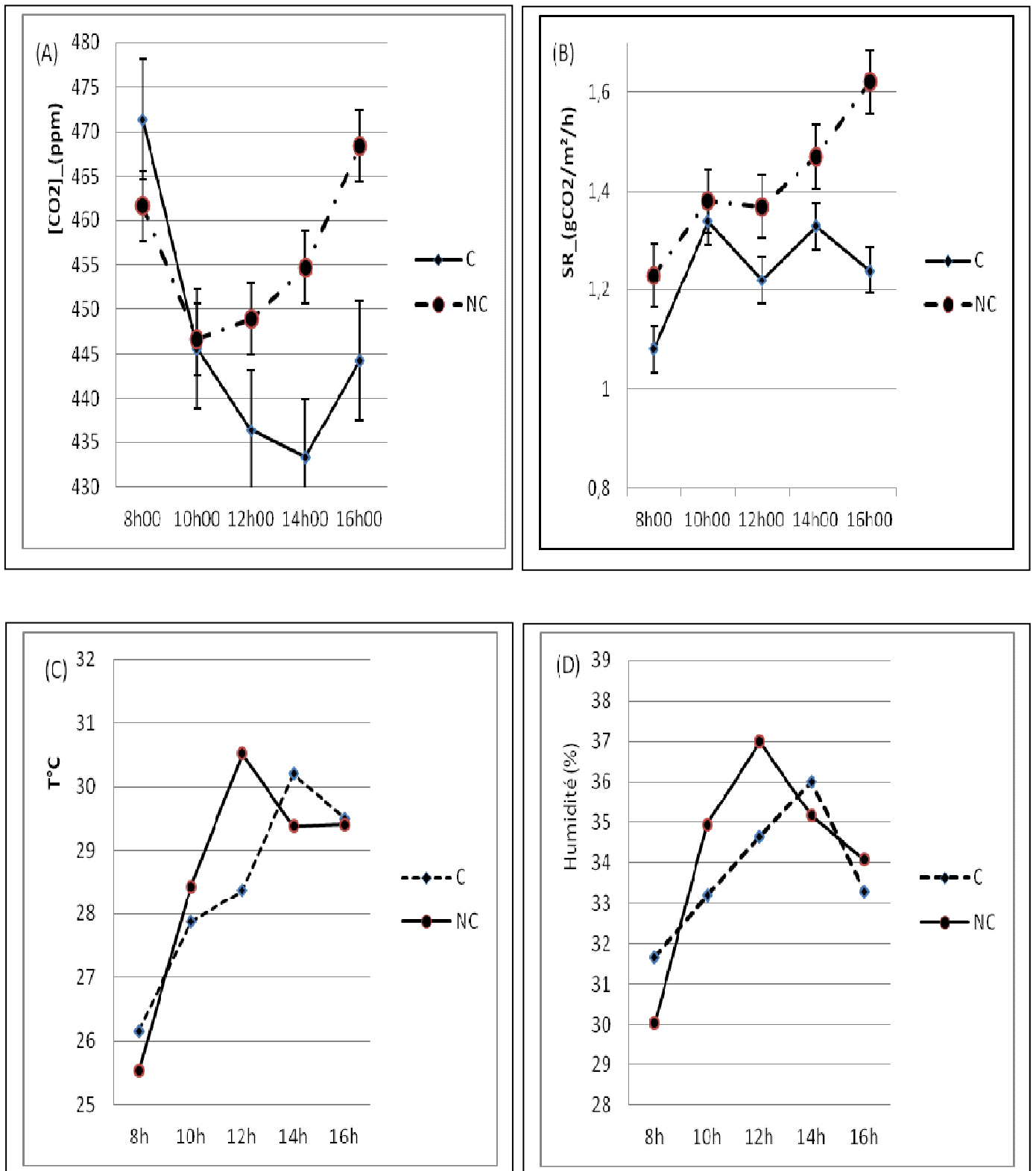


Figure 13: Variation temporelle de la concentration (A) et de l'efflux (B) de CO₂ du sol avec les variations de la T°C (C) et de l'humidité (D) du sol sous l'effet du pâturage (C = clôturé ; NC = Non Clôturé).

1.2 Discussion

1.2.1 Caractéristiques chimique du sol

Les caractéristiques chimiques (pH, teneur en carbone et MO) des 10 premiers cm du sol ne présentent pas de différences significatives entre les traitements appliqués. Les résultats similaires ont été observés par des travaux précédents (Savadogo *et al.*, 2007 ; Diawara, 2012) qui ont, en effet, remarqué que le feu et le pâturage n'induisaient aucune variation statistiquement significative des propriétés physico-chimiques du sol par rapport aux parcelles non brûlées et non pâturées. Ces résultats pourraient se justifier, d'une part, par l'intensité du feu et sa durée de combustion (sévérité), la diffusion de la chaleur à travers le sol, la période des feux ; et d'autre part, par la pression du pâturage sur les ressources. Certini (2005), affirmait que les feux prescrits et précoces sont généralement de faible sévérité. L'étendue et la durée des effets du feu dépendent principalement de la sévérité du feu qui est fonction de plusieurs facteurs environnementaux qui affectent le processus de combustion. Il s'agit entre autre de la nature et l'humidité du combustible, de la température et de l'humidité de l'air, la vitesse du vent et la topographie du site (Certini, 2005). Ces observations peuvent s'expliquer par ailleurs par le processus et la profondeur de prélèvement des échantillons de sols (Savadogo *et al.*, 2007), les dégâts liés au feu variant d'un niveau à l'autre du profil de sol. Les conséquences étant plus marquées sur le premier centimètre du sol (Mills et Fey, 2004).

1.2.2 Respiration du sol

Les résultats de cette étude montrent une augmentation significative de la concentration du CO₂ du sol. L'efflux du CO₂ du sol ou la respiration du sol n'est pas affecté par les différents traitements (feu et pâturage). . Ce constat concorde avec les conclusions de certains auteurs (Fioretto *et al.*, 2005 ; Grady et Hart, 2006 et Diawara, 2012) qui n'ont en effet observé aucune différence significative dans la respiration du sol suite au passage du feu. Cependant ces conclusions sont contraires à la plupart des études de certains auteurs qui ont observé que le feu induit généralement une baisse sensible de la respiration du sol du fait de ses conséquences sur le statut organique et biologique du sol et la survie des racines (O'Neill *et al.*, 2002 ; Michelsen *et al.*, 2004 ; Luo et Zhou, 2006 ; Savadogo *et al.*, 2007 et 2012). L'impact du feu sur l'activité respiratoire du sol est surtout fonction de sa sévérité, de la durée de combustion, de la période, de l'environnement dans lequel il intervient et des propriétés physique et hydrologique du sol qui définissent la conductivité thermique (Fioretto *et al.*, 2005). Les feux précoces ayant lieu immédiatement après l'arrêt des pluies, il se peut que les

effets dévastateurs (dégradation de la végétation et du fonctionnement du sol) soient mineures du fait de l'humidité de la végétation. Aussi, ces résultats peuvent se justifier par le fait que la distribution de la végétation (à dominance herbacée) des savanes étant discontinue, la propagation et l'intensité des feux se trouve limitée et induisant ainsi des dégâts superficielles. Quant à la hausse de la concentration du CO₂ suite au feu précoce et au pâturage, elle s'explique surtout par la régénération de la végétation qui s'accompagne d'une activité racinaire intense. La concentration élevée du CO₂ du sol sur ces parcelles peut s'expliquer également par une libération d'éléments nutritifs suite au feu, aux fèces et aux urines des animaux induisant ainsi les activités biologiques du sol et le développement végétatif. En effet, *Beyer et al.*, (2011) avaient mentionné que les feux selon leur intensité peuvent rendre les substances nutritives disponibles à la surface du sol. Aussi, Rakotoarimanana et Grouzis (2002) observaient que le feu augmente les teneurs en cendres et en matières azotées favorisant ainsi les repousses.

La concentration élevée du CO₂ dans les parcelles pâturées ne s'accompagne pas d'une respiration du sol élevée ni une baisse. Ce constat peut se justifier par la dénaturation de la structure du sol suite au piétinement. En effet, *Beyer et al.*, (2011), souligne que le pâturage influe significativement sur la structure des savanes surtout par les urines, les fèces et la compaction du sol.

L'interaction des traitements feu et pâturage n'induit aucune hausse ni une baisse de la respiration du sol par rapport au témoin, toute situation qui peut se justifier par le fait que le pâturage en réduisant le couvert végétal, réduit du même coup l'intensité des feux.

La variation temporelle et diurne de la respiration du sol observée dans cette étude, a été constaté par d'autres auteurs (Luo et Zhou, 2006 ; Diawara, 2012). Elle est essentiellement associée aux modifications des composantes environnementales, du processus biochimique de la respiration et des conditions de diffusion (Luo et Zhou, 2006). Les variations de concentration et de l'efflux du CO₂ du sol dans la journée sont principalement liées à l'augmentation de la température entre le matin et le soir. Ainsi Luo et Zhou (2006) affirmaient qu'au cours de la journée, l'efflux du CO₂ augmente toujours du matin au soir avec l'augmentation de la température, pour chuter dans la soirée quand la température baisse. Dans la plus part des cas, la variation journalière de la respiration du sol s'explique surtout par la température du fait qu'elle est le paramètre le plus variable dans la journée. En effet, la température moyenne sur le site d'étude variait de 27,94° à 31,27°C entre le matin et le soir.

Outre la température qui est l'un des facteurs explicatif de l'augmentation de l'efflux du CO₂ au cours de la journée ; d'autres paramètres non moins important tels que l'humidité du sol,

les précipitations, la fluctuation de la pression atmosphérique et la photosynthèse, expliqueraient cette variation de la respiration journalière du sol. La température et l'humidité du sol interagissent de manière cruciale dans la régulation de la variation temporelle de la respiration du sol (Scott-Denton *et al.*, 2006). En effet une amélioration de l'humidité du sol favorise l'activité des microorganismes (Baldochi *et al.*, 2001 et Luo et Zhou, 2006).

L'importance de l'efflux du CO₂ au niveau des parcelles brûlées pendant la première moitié de la journée par rapport aux parcelles non brûlées peut-être liée à la sensibilité plus élevée des ces parcelles à la température du fait de la réduction du couvert végétal suite au feu. Ainsi, les différences constatées dans la variation de la respiration du sol entre les parcelles brûlées et pâturées se justifieraient par leur sensibilité au réchauffement du sol. L'activité racinaire des végétaux est accrue aux hautes température (Kutsch *et al.*, 2001). Cependant il faut noter que la respiration du sol augmente avec la température jusqu'à une certaine valeur et commence à baisser avec les hautes températures du fait de l'inhibition de l'activité biologique (Flahaut, 2006 ; Buysse et Aubinet, 2010).

L'efflux du CO₂ du sol étant fonction principalement de la concentration du sol en ce gaz, l'augmentation de l'efflux s'accompagne alors de la baisse de la concentration. Les corrélations de Pearson entre le taux de respiration, la température et l'humidité indiquent en effet une sensibilité significative. Ces résultats sont conformes à ceux reportés par beaucoup d'auteurs (Liu *et al.*, 2002a ; Xu *et al.*, 2004 ; Luo et Zhou, 2006), qui concluent en effet que la température et l'humidité du sol influencent la respiration du sol à travers les différents processus physiologiques et biochimiques des racines et des micro-organismes. La concentration et l'efflux du CO₂ sont beaucoup plus corrélées à l'humidité qu'à la température, probablement du fait de la température naturellement haute dans les zones tropicales et la contrainte au développement végétatif et à l'activité biologique du sol est essentiellement l'humidité du sol. Les mesures étant faites en hivernage, les conditions hydriques du sol sont donc optimales.

1.3 Conclusion partielle

L'étude conduite dans la forêt classé de Tiogo avait pour objectif principal d'évaluer l'impact des perturbations subies par les savanes en général sur les caractéristiques chimiques et la respiration du sol. A la suite de l'analyse de variance des données collectées sur le site, il ressort que les deux facteurs étudiés n'ont pas entraîné une modification des paramètres chimiques évalués. Par contre, une augmentation significative de la concentration du CO₂ du sol des parcelles subissant le pâturage et le feu précoce annuel est observée. Cette

augmentation de la concentration du CO₂ n'est pas par contre consécutive à une augmentation significative de la respiration du sol. Le renouvellement annuel de la végétation et une activité racinaire intense des racines sont associés à cette hausse de la concentration. Cependant les effets néfastes liés à ces perturbations dans les savanes tropicales étant moins importants du fait de la discontinuité de la végétation et de la dominance des herbacées, n'ont induit aucune hausse ni une baisse significative de la respiration du sol.

A l'opposé du traitement appliqué à la parcelle, la période de mesure a montré une baisse significative de la concentration du CO₂ et une hausse de la respiration du sol entre le matin et le soir suivant les variations de la température et de l'humidité du sol entre le matin et l'après-midi. Les variations temporelles sont variables aussi en fonction du traitement appliqué à la parcelle associé primordialement à la densité de la végétation et à la sensibilité à l'élévation de la température et des conditions hydriques du sol. La concentration et l'efflux du CO₂ du sol ont été en effet significativement corrélés avec la température et l'humidité du sol.

Cette étude n'a signalé en général aucune différence significative de la respiration du sol entre les parcelles traitées au feu précoce et celles pâturées comparativement au témoin. Cependant l'impact de ces facteurs sur la concentration et l'efflux du CO₂ du sol étant fonction de leur saisonnalité, de leur intensité et des conditions environnementales, l'utilisation judicieuse et le contrôle de ces modes de gestion seraient importants pour la gestion durable des écosystèmes savaniques.

II. Impact des pratiques agricoles et des modes de gestion de la fertilité des cultures sur la respiration du sol

2.1 Résultats

Tableau 7: Résumé de l'analyse statistique des données de Saria (SoilResp = Respiration du sol)

Source	[CO ₂]		SoilResp	
	ddl	Probabilité	ddl	Probabilité
Traitements	2	0,91	1	0,0001
Période	1	0,37	1	0,46
Traitement*Période	2	0,81	1	0,4
Erreur	90		90	

De manière générale la concentration moyenne de CO₂ sur les parcelles cultivées a varié entre $513,52 \pm 16,18$ à $522,06 \pm 15,53$ ppm (figure 14 (A)) pour l'ensemble des traitements expérimentés et de $524,56 \pm 12,51$ à $508,23 \pm 12,55$ ppm entre le matin et le soir (figure 15 (A)). L'analyse de variance de la concentration de CO₂ n'indique pas de différence significative entre les différents traitements appliqués et la période de mesure ($P > 0,05$, Tableau 7 et figure 14 (A)). De même que la [CO₂], l'efflux du CO₂ du sol n'a montré aucune différence significative ($P > 0,05$) pour la période de mesure et l'interaction Période de mesure \times traitement (tableau 7, figure 15 (B)). Cependant une augmentation très hautement significative de la respiration du sol est observée pour les différents traitements de fertilisation réalisés ($P = 0,0001$) (Tableau 7 et figure 14 (B)). L'analyse post-hoc réalisée, indique une augmentation très hautement significative de la respiration du sol avec le traitement fmo par rapport aux traitements fm et témoin qui sont statistiquement semblable (figure 14 (B)). L'analyse de régression effectuée, a révélé une corrélation hautement significative de la concentration du CO₂ avec l'humidité et l'efflux du CO₂ du sol ($R = 0,43$; $p = 0,0001$). Tandis que l'efflux du CO₂ du sol est significativement corrélé avec la température et la concentration du CO₂ du sol et l'humidité, avec une ampleur significative avec l'humidité du sol (tableau 8).

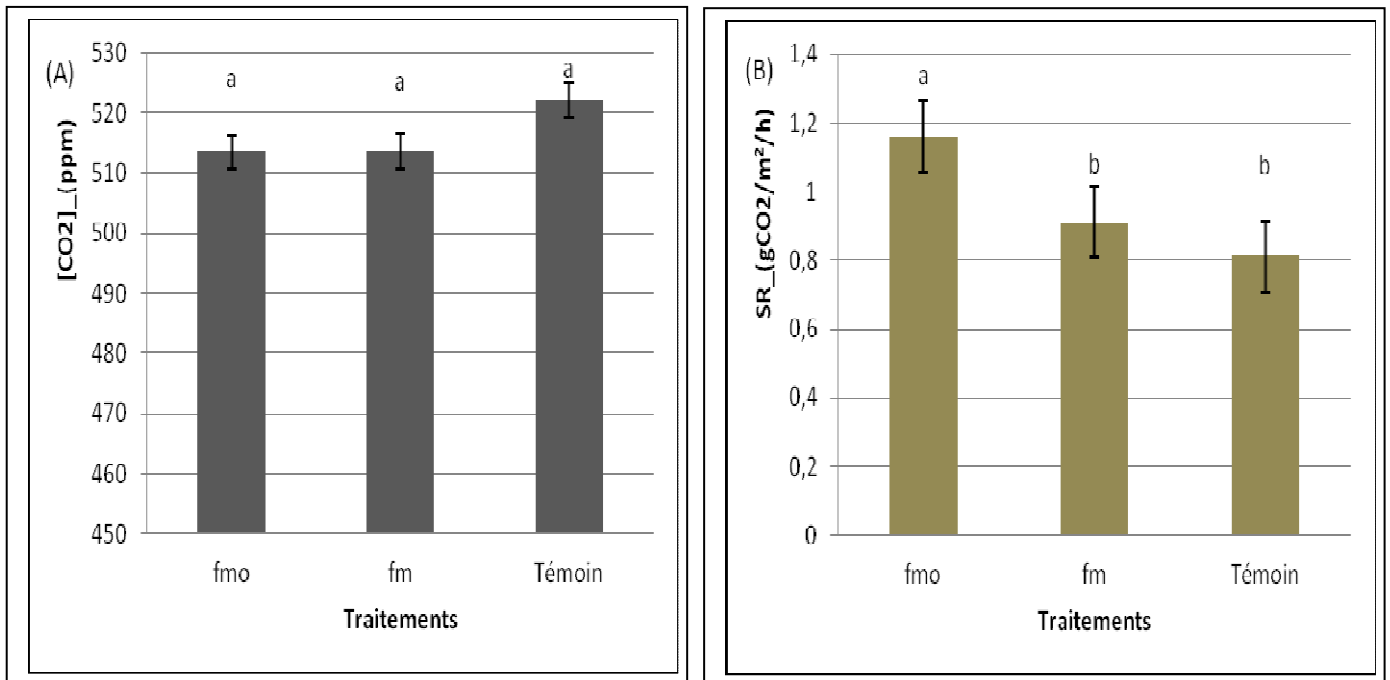


Figure 14: Effet de la fertilisation minérale et organo-minérale sur la concentration (A) et l'efflux du CO₂ (B) du sol (fmo = fumure minérale + fumure organique ; fm = fumure minérale ; Témoin = aucun apport) ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.

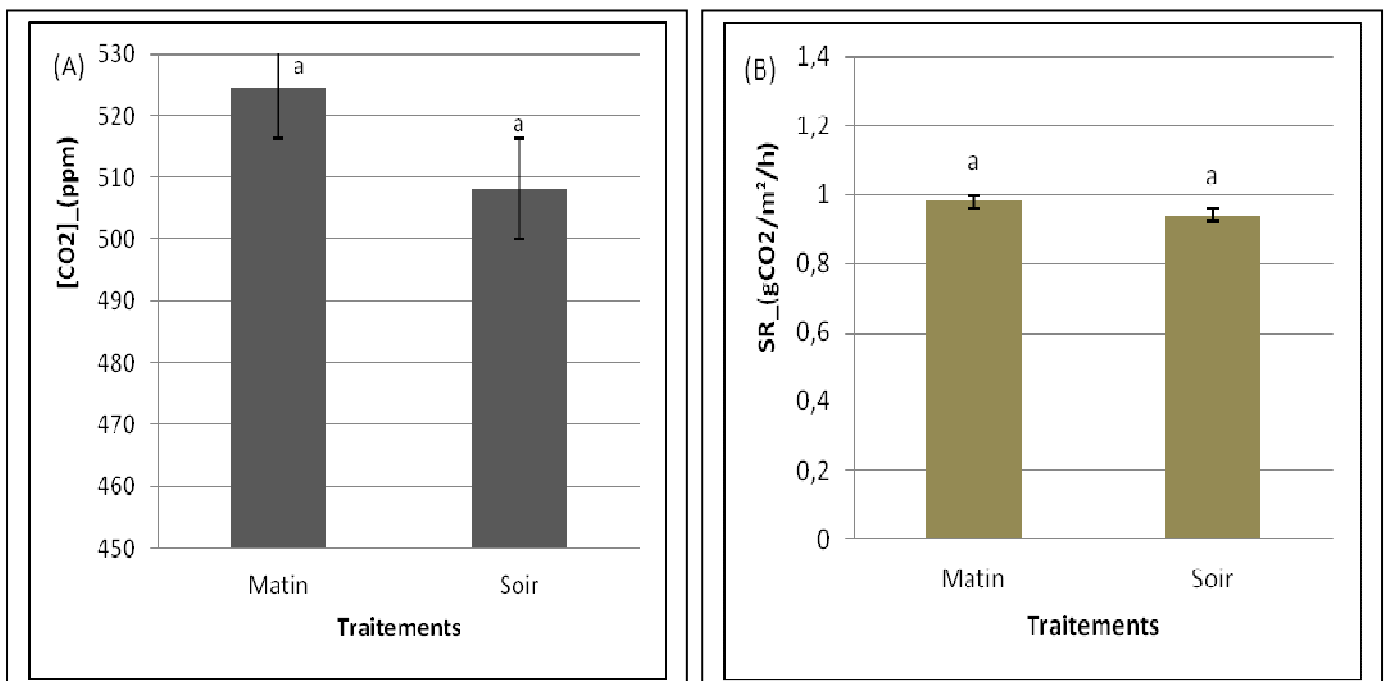


Figure 15 : Effet de la période de mesure sur la concentration (A) et sur l'efflux (B) du CO₂ du sol ; Les histogrammes avec des lettres différentes sont statistiquement significatifs au seuil de 5%.

Tableau 8: Corrélation de Pearson entre la concentration de CO₂ (ppm) et la respiration du sol (gCO₂/m²/h) avec la T°C et Humidité (%) du sol. (SR = Respiration du sol)

Après normalisation		[CO2]_(ppm)	Humidité_(%)	Température du sol_(°C)	SR_(gCO2/m ² /h)
[CO2]	Corrélation de Pearson	1	-0,342**	-0,118	0,434**
SR_(gCO2/m ² /h)	Corrélation de Pearson	0,434**	-0,542**	-0,218*	1

NB : ** : La corrélation est significative au niveau 0,01 ; * : La corrélation est significative au niveau 0,05 (bilatéral)

2.2 Discussion

Les résultats de cette activité indiquent en général une augmentation significative de la respiration du sol suite à l'application de la fertilisation organo-minérale. Ces observations sont conformes à celles d'autres auteurs (McGuire *et al.*, 2001 ; Borken *et al.*, 2002 ; Craine *et al.*, 2002 ; Luo et Zhou, 2006 ; Gnankambary *et al.*, 2008) qui constatent en effet une hausse du flux du CO₂ du sol suite à la pratique agricole et à l'apport d'amendement. Ces résultats s'expliquent d'une part par les modifications physiques induites par le travail du sol et d'autre part l'apport de fertilisants associés à la pratique agricole. Aussi le travail du sol améliore l'aération par la destruction des agrégats du sol et les conditions d'humidité favorisant ainsi l'activité biologique, aboutissant alors à une hausse de la respiration du sol (Luo et Zhou, 2006). La fertilisation des terres entraîne un accroissement du taux d'élément nutritifs disponible du sol (Gnankambary *et al.*, 2008), améliorant ainsi l'énergie disponible à l'activité de décomposition des microorganismes et à la croissance racinaire. Les sols au Burkina Faso en général sont pauvres en élément nutritifs, ainsi tout apport extérieur stimule la croissance végétative et l'activité biologique du sol. La stimulation de la respiration du sol suite à la fertilisation a été observée par plusieurs auteurs (Jia *et al.*, 2012). Elle est la conséquence de la croissance végétative, et de l'abondance de la biomasse racinaire induite par l'apport de fertilisants minéraux et surtout azoté ; mais aussi par la quantité et la décomposition de la litière et la disponibilité de substrat organique pour l'activité racinaire (Craine *et al.*, 2002 ; Xu et Wan, 2008).

L'augmentation significative de la respiration du sol induite par la fertilisation organo-minérale, s'expliquerait par l'amélioration du statut organique du sol et des conditions

d'humidité du sol. En effet l'amélioration du statut organique du sol s'accompagne d'une amélioration de la capacité de rétention en eau du sol, de la limitation de la compaction, et contribue ainsi donc à la structuration et à l'amélioration de la stabilité structurale des sols (Annabi *et al.*, 2009). La hausse de la respiration du sol consécutive à l'application du compost est liée à la décomposition microbienne du carbone apporté, l'augmentation de la décomposition de la matière organique du sol et l'accroissement de la respiration racinaire (Borken *et al.*, 2002).

La fertilisation minérale azotée unique n'implique pas une augmentation significative de la respiration du sol. Cela peut-être due à une indisponibilité de source carbonique pour l'activité microbienne et à la croissance racinaire, ou une acidification des sols suite à l'application de longue durée de la fumure minérale sans apport de matière organique. En effet, les parcelles expérimentales sont sujettes à l'exportation systématique des résidus de culture et ont des pH assez faible (Coulibaly, 2008). Raich et Tufekcioglu (2000) avaient en effet observé une corrélation hautement significative entre la production de litière et la respiration du sol. Bacyé (1993) observait dans la région Nord du pays que les systèmes de production en culture continue sans restitution organique entraînent la baisse du niveau organique de 40 à 50% et minéral de 22 à 56% de la couche superficielle du sol (0 – 10 cm). Par ailleurs les terres cultivées riches en matière organique présentent une richesse macrofaunique diverses, surtout de termites. Cependant, l'action stimulatrice de la respiration du sol peut s'altérer à long terme du fait de l'acidification induisant ainsi l'accumulation de composés toxiques et la perturbation de l'activité microbienne et ainsi donc une dégradation de la respiration hétérotrophique (Janssens *et al.*, 2010 ; Jia *et al.*, 2012). En effet, certaines études ont constaté une réduction de l'émission du CO₂ à l'issue de l'apport de fertilisants (Olsson *et al.*, 2005). D'autres études par contre n'ont observé aucune différence significative dans la respiration du sol consécutive à la fertilisation minérale et organique (Sendor et Opruta, 2012).

L'effet de la fertilisation sur l'efflux du CO₂ du sol est fonction du type, de la quantité et de la qualité du fertilisant, des conditions climatiques et de la nature du sol (Luo et Zhou, 2006). Cependant Ramirez *et al.* (2010) en étaient parvenu à la conclusion selon laquelle que la respiration du sol diminue avec la fertilisation azotée et que cette réduction est liée à la nature du sol et non à la nature du fertilisant utilisé.

La variation journalière de la respiration du sol n'a montré aucune différence significative entre les différents traitements. Ce constat est contradictoire à la plus part des résultats des études menées sous d'autres écosystèmes qui ont observé une augmentation de la respiration

du sol (Luo et Zhou, 2006; Diawara, 2012). Cela suppose que la variation de la température et de l'humidité seule au cours de la journée ne justifie pas la variation de l'émission du CO₂ sur les terres cultivées. Le statut organique de ces sols pourrait être l'élément limitant au processus respiratoire. En effet plusieurs études ont montré une sensibilité de la respiration à l'addition et à l'exportation des résidus végétaux (Raich et Tufekcioglu, 2000 ; Sulzman *et al.*, 2005). Aussi, ce constat pourrait se justifier par la faible couverture végétale du sol entraînant ainsi un réchauffement excessif du sol et donc une inhibition de l'activité biologique du sol et une baisse de l'humidité (Flahaut, 2006 ; Annabi *et al.*, 2009 ; Buysse et Aubinet, 2010). Ainsi donc l'effet de la fertilisation sur la respiration est fonction du site, du type de sol et la couverture végétal (Luo et Zhou, 2006).

La respiration du sol, a montré selon l'analyse de régression une corrélation étroite de la respiration du sol avec l'humidité et la température mais aussi avec la concentration du CO₂ du sol. Ces résultats corroborent avec les conclusions d'autres études (Luo et Zhou, 2006) qui ont constaté que la température affecte tous les aspects (biochimique, physiologiques, etc.) du processus de la respiration. La température stimule la croissance végétative par l'intensification de l'activité racinaire et l'activité biologique du sol. Les racines des cultures annuelles et pérennes croissent rapidement avec la hausse de la température (Kutsch *et al.*, 2001). Tout comme la température, l'humidité du sol influence également la respiration du sol. En effet, Luo et Zhou (2006) ont remarqué que l'efflux du CO₂ qui est faible dans les conditions d'humidité faible, atteint son taux maximum lorsque le niveau d'humidité est intermédiaire (capacité au champ) et décroît dans les conditions d'humidité extrême.

2.3 Conclusion partielle

Les résultats de cette étude indiquent que l'addition de fertilisants a entraîné une augmentation significative de la respiration du sol. L'analyse de variance n'a montré aucune différence significative entre les traitements pour ce qui est de la concentration du CO₂ du sol. La fertilisation organo-minérale a occasionné une hausse sensible de la respiration du sol comparativement à la fertilisation minérale azotée qui est statistiquement identique aux parcelles non traitées. Ces résultats montrent ainsi l'importance de la matière organique dans le processus respiratoire du sol. Ainsi, pour une gestion durable des espaces agricoles et une production soutenue, de même qu'une protection de l'environnement, il est indispensable de promouvoir une utilisation associée des fumures minérales et organiques dans des proportions convenables.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

La respiration du sol est un processus biochimique naturel mettant en jeu plusieurs composantes environnementales. Elle constitue le plus important composant du cycle du carbone des écosystèmes. Les perturbations des sols des écosystèmes de savane et des agro-écosystèmes peuvent induire des modifications dans l'efflux du CO₂ du sol. Il est donc important de disposer des connaissances sur les facteurs de contrôle de la respiration du sol afin de limiter toute modification climatique préjudiciable.

Notre étude avait pour but d'évaluer les effets à long terme des perturbations écologiques (feu et pâture) et des changements d'utilisation des terres sur la respiration du sol et les paramètres chimiques du sol. Les résultats indiquent sur le site de Tiogo que les facteurs feu précoce et pâture ne modifient pas le pH ni le carbone organique du sol. Ces résultats sont contraires à notre hypothèse 1 (H1) d'étude ; mais corroborent avec des études précédentes de certains auteurs (Savadogo *et al.*, 2007 et Diawara, 2012) qui ont travaillé sur le même site.

Ces facteurs entraînent par contre, une augmentation significative de la concentration du CO₂ du sol des parcelles subissant le pâturage et le feu précoce annuel séparément. Ces résultats confirment notre première hypothèse (H1) d'étude. A l'opposé de la concentration du CO₂ du sol, l'efflux du CO₂ des parcelles brûlées et celles pâturées ne présentent aucune différence significative comparativement aux parcelles non traitées.

L'estimation de la variation journalière de la respiration du sol a révélée une augmentation significative de la respiration du sol et une baisse significative de la concentration entre le matin et le soir. La respiration du sol est significativement corrélée avec la température et l'humidité du sol avec cependant une ampleur plus importante avec l'humidité qui est le facteur limitant dans la zone. Ces constats sont conformes aux résultats observés sur le même site par les auteurs ci-dessus cités.

Les variations temporelles de la respiration du sol sont aussi fonction du traitement appliqué à la parcelle. La respiration du sol au niveau des parcelles subissant le feu précoce présente un pic au environ de 12h avant de chuter, tandis que les parcelles pâturées présente une hausse quasi continue de la respiration du sol au cours de la journée. Les parcelles non traitées présentent une variation assez instable de l'efflux du CO₂ durant la journée.

La pratique agricole associée à une fertilisation organo-minérale et minérale sur le site de Saria indique une hausse significative de l'efflux du CO₂ avec un amendement organo-minéral ; ce qui confirme notre seconde hypothèse (H2) d'étude. Contrairement aux résultats obtenus sur le site de Tiogo, l'évaluation de la variation journalière de la respiration du sol n'a

indiqué aucune différence significative au cours de la journée. La différence de la couverture végétale, du statut organique, de l'humidité et de l'intensité du rayonnement du soleil parvenant au sol peuvent justifier ce constat.

Au vu des résultats de cette étude, l'utilisation judicieuse du feu précoce de même que le pâturage peuvent être un bon outil de gestion durable des écosystèmes de savane et des sources organiques du sol compte tenu des effets non significatifs sur l'efflux du CO₂ du sol.

La pratique agricole associée à l'utilisation de la fumure organo-minérale doit être raisonnée et associée à la conservation des résidus de récoltes sur les terres cultivées afin d'améliorer leur statut organique.

Compte tenu de la conduite de l'étude en station, comme perspective, nous suggérons d'autres études sur l'impact de la pratique agricole sur la respiration du sol en milieu paysan et avec des formules de fumure diverses et différents types de spéculation agricole. Aussi, compte tenu de la variation spatio-temporelle de l'efflux du CO₂, une « approche selon le paysage sentinelle » pourrait améliorer les connaissances quant à l'efflux du CO₂ suivant le type de paysage et de dégradation observée.

BIBLIOGRAPHIE

Afnor, 1981. Détermination du pH. Association Française de Normalisation NF ISO 103 90. In : AFNOR Qualité des sols, Paris, 339-348.

Al-Kaisi M. M. et Yin X., 2005. Tillage and Crop Residue Effects on Soil Carbon and Carbon Dioxide Emission in Corn–Soybean Rotations. *Environmental Quality* 34, 437-445

Andersson M., Michelsen A., Jensen M. et Kjøller A., 2004. Tropical savannah woodland: effects of experimental fire on soil microorganisms and soil emissions of carbon dioxide. *Soil Biology & Biochemistry* 36, 849–858

Annabi M., Bahri H. et Latiri K., 2009. Statut organique et respiration microbienne des sols du nord de la Tunisie. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **13**(3), 401-408

BACYE B., 1993. Influence des systèmes de cultures sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina-Faso). Thèse de doctorat en sciences, université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix Marseille III. 243 p.

Baldocchi D., Falge E., Gu L., Olson R., Hollinger D., Running S., Anthoni P., Bernhofer C., Davis K., Evans R., Fuentes J., Goldstein A., Katul G., Law B., Lee X. H., Malhi Y., Meyers T., Munger W., Oechel W., U, K. T. P., Pilegaard K., Schmid H. P., Valentini R., Verma S., Vesala T., Wilson K., et Wofsy S., 2001. FLUXNET: A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor, and energy flux densities. *Bulletin of the American Meteorological Society* 82 (11), 2415–2434.

Bardgett R. D., Wardle D. A., et Yeates G., 1998. Linking above-ground and below-ground interactions: How plant responses to foliar herbivory influence soil organisms. *Soil Biology and Biochemistry* 14, 1867–1878.

Bekku Y.S., Nakatsubo T., Kume A., Adachi M. et Koizumi H., 2003. Effect of warming on the temperature dependence of soil respiration rate in arctic, temperate and tropical soils. *Applied Soil Ecology* 22, 205–210.

Beyer S., Kinnear A., Hutley B. L., McGuinness K. et Gibb K., 2011. Assessing the relationship between fire and grazing on soil characteristics and mite communities in a semi-arid savanna of northern Australia. *Pedobiologia-International Journal of Soil Biology* 54; 195-200.

Blanke M. M., 1996. Soil respiration in an apple orchard: Environmental and Experimental Botany 36, 339-348

Bond W.J., Woodward F.I. et Midgley G.F., 2005. The global distribution of ecosystems in

a world without fire. *New Phytologist* **165**, 525–538.

Borken W., Muhs A. et Beese F., 2002. Application of compost in spruce forest : effect on soil respiration, basal respiration and microbial biomass. *Forest Ecology and management* **159**, 49-58

Breman H. et Kessler J. J., 1995. Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions, with an emphasis on the Sahelian countries. Springer Verlag, Berlin. 340 p

Buyse P. et Aubinet M., 2010. La respiration hétérotrophe dans les sols agricoles : description des facteurs importants et comparaison de modèles semi-mécanistes existants. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **14**(4), 707-717

Cao G., Tang Y., Mo W., Wang Y., Li Y. et Zhao X., 2004. Grazing intensity alters soil respiration in an alpine meadow on the Tibetan plateau. *Soil Biology & Biochemistry* **36**, 237–243

Certini G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia* **143**, 1–10
DOI 10.1007/s00442-004-1788-8

Coulibaly K., 2008. Effet des modes de gestion de la fumure et de l'utilisation des pesticides sur les paramètres physicochimiques et biologiques du sol et la pollution des eaux de ruissellement. Mémoire DEA Science du sol; Institut du Développement Rural (IDR) Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.

Craine M. J. et Wedin D. A., 2002. Determinants of growing season soil CO₂ flux in a Minnesota grassland. *Biogeochemistry* **59**, 303–313.

Craine M. J., Tilman D., Wedin D., Reich P., Tjoellker M. et Knops J., 2002. Functional traits, productivity and effects on nitrogen cycling of 33 grassland species. *Functional Ecology* **16**, 563–574

Dalal R. C. et Mayer R. J., 1986. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland: II, Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. *Australian Journal of Soil Research* **24**, 281–292.

Dao T. H., 1998. Tillage and crop residue effects on carbon dioxide evolution and carbon storage in a Paleustoll. *Soil Science Society of America Journal* **62**, 250–256.

Dayamba S. D., Savadogo P., Zida D., Sawadogo L., Tiveau D. et Oden P. C., 2010. Fire temperature and residence time during dry season burning in a Sudanian savanna-woodland of West Africa with implication for seed germination. *Journal of Forest Research* **21**, 445–450. doi:10.1007/s11676-010-0095-y

DeBano L. F., Daniel G. N. et Peter F. F. (1998). Fire's effects on ecosystems New York John Wiley. 333p.

- DeBano L.F. et Neary D.G., 2005.** Effects of fire on soil. In “Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soil and water”. General Technical Report RMRS-GTR-42. Vol. 4. (Eds DG Neary, KC Ryan, LF DeBano) pp. 21–92. (USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station: Fort Collins, CO)
- Decaens T., Jimenez J.J., Barros E., Chauvel A., Blanchart E., Fragoso C. et Lavelle P., 2004.** Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. *Agriculture Ecosystems & Environment* 103, 301-312
- Diawara S., 2012.** Perturbations écologiques dans les écosystèmes savanicoles : impact sur la banque de semences et les propriétés physico-chimiques du sol en zone soudanienne du Burkina Faso. Editions Universitaires Européennes, 141 pages.
- Driessen P., Deckers J. et Spaargaren O., 2001.** Lecture notes on the major soils of the world. FAO World Soil Resources Reports-94. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Dunne J., Harte J., et Taylor K., 2003.** Response of subalpine meadow plant reproductive phenology to manipulated climate change and natural climate variability. *Ecological Monograph* 73, 69–86.
- Fioretto A., Papa S. et Pellegrino A., 2005.** Effects of fire on soil respiration, ATP content and enzyme activities in Mediterranean maquis. *Applied Vegetation Science* 8, 13-20.
- Fontes J., Guinko S., 1995 :** Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative. Toulouse : Ministère de la coopération française, 53 p.
- Gnankambary Z., Ilstedt U., Nyberg G., Hien V. et Malmer A., 2008.** Nitrogen and phosphorus limitation of soil microbial respiration in two tropical agroforestry parklands in the south-Sudanese zone of Burkina Faso: The effects of tree canopy and fertilization. *Soil Biology & Biochemistry* 40, 350-359.
- Grady K. C. et Hart S. C., 2006.** Influences of thinning, prescribed burning, and wildfire on soil processes and properties in southwestern ponderosa pine forests: A retrospective study. *Forest Ecology and Management* 234, 123–135.
- Hibbard K. A., Law B. E., Reichstein M. et Sulzman J., 2005.** An analysis of soil respiration across northern hemisphere temperate ecosystems. *Biogeochemistry* 73(1), 29–70.
- Hibbard K. A., Law B. E., Reichstein M., et Sulzman J., 2005.** An analysis of soil respiration across northern hemisphere temperate ecosystems. *Biogeochemistry* 73, 29 – 70.
- Högberg P., Nordgren A., Buchmann N., Taylor A. F. S., Ekblad A., Högberg M. N., Nyberg G., Ottosson-Löfvenius M., et Read D. J., 2001.** Large-scale forest girdling shows that current photosynthesis drives soil respiration. *Nature* 411, 789–792.

- Janssens I. A., Kowalski A. S., Longdoz B. et Ceulemans R., 2000.** Assessing forest soil CO₂ efflux: An in situ comparison of four techniques. *Tree Physiology* 20, 23–32.
- Janssens I. A., Kowalski A. S., Longdoz B., et Ceulemans R., 2000.** Assessing forest soil CO₂ efflux: An in situ comparison of four techniques. *Tree Physiology* 20, 23–32.
- Janssens I.A., Pilegaard K., 2003.** Large seasonal changes in Q₁₀ of soil respiration in a beech forest. *Global Change Biology*, 9, 911-918.
- Jia X., Shao M. et Wei X., 2012.** Responses of soil respiration to N addition, burning and clipping in temperate semiarid grassland in northern China. *Agricultural and Forest Meteorology* 166–167, 32– 40
- Kirschbaum M.U.F., 2004.** Soil respiration under prolonged soil warming: are rate reductions caused by acclimation or substrate loss? *Global Change Biology*, 10, 1870-1877
- Knapp A.K., Conard S.L. et Blair J.M., 1998.** Determinants of soil CO₂ flux from a sub-humid grassland: effects of fire and fire history. *Ecological Applications* 8, 760–770.
- Kutsch L. W., Staack A., Wötzel J., Middelhoff U. et Kappen L., 2001.** Field measurements of root respiration and total soil respiration in an alder forest. *New Phytologist* 150, 157–168.
- Liu X., Wan S., Su B., Hui D. et Luo Y., 2002a.** Response of soil CO₂ efflux to water manipulation in a tallgrass prairie ecosystem. *Plant and Soil* 240, 213–223.
- Lloyd J. et Taylor J. A., 1994.** On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*, 8, 315–323.
- Luo Y. et Zhou X., 2006.** Soil respiration and the environment. Elsevier, 316p.
- Luo Y., Hui D. et Zhang D., 2006.** Elevated carbon dioxide stimulates net accumulations of carbon and nitrogen in terrestrial ecosystems: Results of meta-analysis. *Ecology* (inpress).
- Maranón-Jiménez S., Castro J., Kowalski A.S., Serrano-Ortiz P., Reverter B.R., McCarthy D.R. et Brown K.J., 2006.** Soil respiration responses to topography, canopy cover, and prescribed burning in an oak-hickory forest in southeastern Ohio. *Forest Ecology and Management* 237, 94–102.
- McCulley L. R., Boutton W. T. et Archer R. S., 2007.** Soil Respiration in a Subtropical Savanna Parkland: Response to Water Additions. *Forest, Range & Wildland soils. SSSAJ*, 71 (3), 820-828.
- McGuire A. D., Sitch S., Clein J. S., Dargaville R., Esser G., Foley J., Heimann M., Joos F., Kaplan J., Kicklighter D. W., Meier R. A., Melillo J. M., Moore Prentice I. C., Ramankutty N., Reichenau T., Schloss A., Tian H., Williams L. J., et Wittenberg U., 2001.** Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century: Analyses of CO₂,

climate and land use effects with four process-based ecosystem models. *Global Biogeochemical Cycles* 15 (1), 183–206.

Menaut J.C., Lepage M. et Abbadie L., 1995. Savannas, woodlands and dry forests in Africa. In: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E.E. (Eds.), *Seasonally dry tropical forests*. 64–92. Cambridge University Press, The Pitt Building, Trumpington Street, Cambridge CB2 1RP, England; Cambridge University Press, 40 W. 20th Street, New York, New York 10011-4211, USA.

Michael G. R. et Beverly E. L., 2005. Interpreting, measuring, and modeling soil respiration. *Biogeochemistry* 73, 3 – 27

Michelsen A., Andersson M., Jensen M., Kjøller A. et Gashew M., 2004. Carbon stocks, soil respiration and microbial biomass in fire-prone tropical grassland, woodland and forest ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry* 36, 1707-1717.

Mills A.J. et Fey M.V., 2004. Frequent fires intensify soil crusting: physicochemical feedback in the pedoderm of long-term burn experiments in South Africa. *Geoderma* 121 (1/2), 45–64.

Moureaux C., 2008. Mesure des flux de CO₂ et bilan carboné d'une rotation de quatre cultures. Mémoire de doctorat de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. Académie Universitaire Wallonie-Europe. 178p

Neary D. G., Ryan K. C., DeBano L. F., 2005. Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.4. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 250 p

Nouvellet Y. et Sawadogo L., 1995. Recherches sur l'aménagement des formations naturelles dans la région du centre ouest du Burkina Faso. SUAS/CNRST-IRBET/CIRAD-Forêt. 88 p.

O'Neill K. P., Kasischke E. S. et Richter D. D., 2002. Environmental controls on soil CO₂ flux following fire in black spruce, white spruce, and aspen stands of interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research* 32, 1525–1541.

Ohtonen R. et Vare H., 1998. Vegetation composition determines microbial activities in a boreal forest soil. *Microbial Ecology* 36(3), 328–335.

Olsson P., Linder S., Giesler R. et Högberg P., 2005. Fertilization of boreal forest reduces both autotrophic and heterotrophic soil respiration. *Global Change Biology* 11, 1745–1753, doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.01033.x

Paustian K., Andréon O., Janzen H. H., Lal R., Tian G., Tiessen H., Van Noordwijk M. et Woormer L. P., 1997. Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. *Soil use and*

management 13, 230-255

Paustian K., Six J., Elliott T. E. et Hunt W. H., 2000. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry* 48, 147-163

Perrin D., Laitat E., Yernaux M. et Aubinet M., 2004. Modélisation de la réponse des flux de respiration d'un sol forestier selon les principales variables climatiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 8 (1), 15–25

Persson T., Lundkvist H., Wiren A., Hyvönen R. et Wessen B., 1989. Effects of acidification and liming on carbon and nitrogen mineralisation and soil organisms in mor humus. *Water, Air and Soil Pollution* 45, 77–96.

Raich W. J. et Tufekcioglu A., 2000. Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. *Biogeochemistry* 48, 71–90.

Rakotoarimanana V. et Grouzis M., 2008. Effets à court terme du feu et du pâturage sur la qualité fourragère d'une savane à *Heteropogon contortus* du sud-ouest de Madagascar. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.* 61 (2), 81-88

Ramirez S. K., Craine M. J. et Fierer N., 2010. Nitrogen fertilization inhibits soil microbial respiration regardless of the form of nitrogen applied. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 2336-2338

Rustad L. E., Campbell J. L., Marion G. M., Norby R. J., Mitchell M. J., Hartley A. E. et Gurevitch J., 2001. A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. *Oecologia* 126, 543–562.

Rutigliano F.A., Fierro A.R., De Pascale R.A., De Marco A. et Virzo De Santo A. 2002. Role of fire on soil organic matter turnover and microbial activity in a Mediterranean burned area. In: Violante, A., Gianfreda, L., Bollag, J.M.& Huang, P.M. (eds.) *Soil mineral-organic matter microorganisms interactions and ecosystems health*. Elsevier, London, UK.

Sandor M. et Opruta C., 2012. The Effects of Mineral and Organic Fertilizers on Soil Respiration in a Potato Field. *Bulletin UASVM Agriculture* 69 (2), 1843-5246

Savadogo P., 2002. Pâturage de la forêt classée de Tiogo: diversité floristique, productivité, valeur nutritive et utilisation pastorale. Mémoire d'Ingénieur du développement rural. IDR, UPB, Burkina Faso. 105 p

Savadogo P., 2007. Dynamics of sudanian savanna woodland ecosystem in response to disturbances. PhD thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. 53 p.

Savadogo P., Santi S., Dayamba S.D., Nacro H.B. et Sawadogo L., 2012: Seasonal variation in fire temperature and influence on soil CO₂ efflux, root biomass and soil water

properties in a Sudanian savanna-woodland, West Africa. *Australian Journal of Soil Research* 50: 195-206.

Savadogo P., Sawadogo L. et Tiveau D., 2007b. Effect of grazing intensity and prescribed fire on soil physical and hydrological properties and pasture yield in the savanna woodland of Burkina Faso. *Agriculture Ecosystem & Environment* 118: 80-92.

Savadogo P., Tiveau D., Sawadogo L. et Tigabu M., 2008. Herbaceous species responses to long term effects of prescribe fire, grazing and selective cutting tree in the savanna-woodland of west Africa. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 10, 179–195

Savadogo P., Zida D., Sawadogo L., Tiveau D., Tigabu M. et Oden P.C., 2007b. Fuel and fire characteristics in savanna-woodland of West Africa in relation to grazing and dominant grass type. *International Journal of Wildland Fire* 16, 531–539.

Sawadogo L., 1996. Evaluation des potentialités pastorales d'une forêt nord soudanienne du Burkina Faso (cas de la forêt classée de Tiogo). Thèse de doctorat de 3ème cycle, option Biologie et Ecologie Végétales. Université de Ouagadougou. 125 p.

Sawadogo L., 2009. Influence de facteurs anthropiques sur la dynamique de la végétation des forêts classées de Laba et de Tiogo en zone soudanienne du Burkina Faso. Doctorat d'Etat ès Science Naturelles. Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (U.F.R./S.V.T.), Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales ; Université de Ouagadougou. 142 p

Sawadogo L., Tiveau D. et Nygård R. 2005. Influence of selective tree cutting, livestock and prescribed fire on herbaceous biomass in the savannah woodlands of Burkina Faso, West Africa. *Agriculture Ecosystems & Environment* 105: 335-345.

Schrumpf M., Schumacher J., Schöning I. et Schulze E.-D., 2008. Monitoring carbon stock changes in European soils: process understanding and sampling strategies. In: *The continental-scale greenhouse gas balance of Europe. Ecological Studies* 203. New York, USA: Springer

Stark S., Strömmer R. et Tuomi J., 2002. Reindeer grazing and soil microbial processes in two suboceanic and two subcontinental tundra heaths. *Oikos* 97, 69–78.

Stark S., Tuomi J., Strömmer R. et Helle T., 2003. Non-parallel changes in soil microbial carbon and nitrogen dynamics due to reindeer grazing in northern boreal forests. *Ecography* 26, 51–59.

Sulzman E.W., Brant J.B., Bowden R.D. et Lajtha K., 2005. Contribution of aboveground litter, belowground litter and rhizosphere respiration to total soil CO₂ efflux in an old growth coniferous forest. *Biogeochemistry* 73, 231-256.

- Tang J., Misson L., Gershenson A., Cheng W. et Goldstein A.H., 2005.** Continuous measurements of soil respiration with and without roots in a ponderosa pine plantation in the Sierra Nevada Mountains. *Agricultural and Forest Meteorology* 132, 212–227.
- Vagen T.G., Lal R. et Singh B.R., 2005.** Soil carbon sequestration in sub-Saharan Africa: A review. *Land Degradation & Development*, 16(1): 53-71
- Van der Werf, G.R., Randerson, J.T., Collatz, G.J., Giglio, L., 2003.** Carbon emissions from fires in tropical and subtropical ecosystems. *Global Change Biology* 9, 547–562.
- Wan S. et Luo Y., 2003.** Substrate regulation of soil respiration in a tallgrass prairie: Results of a clipping and shading experiment. *Global biogeochemical cycles* 17 (2), 1054, doi:10.1029/2002GB001971
- Wan S., Luo Y. et Wallace L., 2002.** Changes in microclimate induced by experimental warming and clipping in tallgrass prairie. *Global Change Biology* 8, 754–768,
- Wang Y. et Amundson R., 1999.** The impact of land use change on C turnover in soils. *Global Biogeochemical cycles*, 13 (1), 47-57
- Xu L., Baldocchi D. D. et Tang J., 2004.** How soil moisture, rain pulses, and growth alter the response of ecosystem respiration to temperature. *Global Biogeochemical Cycles* 18, 1-10. GB4002, doi: 10.1029/2004GB002281.
- Xu W. et Wan S., 2008.** Water and plant mediated responses of soil respiration to topography, fire, and nitrogen fertilization in a semiarid grassland in northern China. *Soil Biology & Biochemistry* 40, 679-687
- Zhou X., Sherry B., An Y., Wallace L. L., et Luo, Y., 2006.** Main and interactive effects of warming, clipping, and doubled precipitation on soil CO₂ efflux in a grassland ecosystem. *Global Biogeochemical Cycles* (in press).
- Zida D., Sawadogo L., Tigabu M., Tiveau D. et Oden P.C., 2007.** Dynamics of sapling population in savanna woodlands of Burkina Faso subjected to grazing, early fire and selective cutting for a decade. *Forest Ecology and Management* 243, 102–115.
- Zougmore R., Ouattara K., Mando A. et Ouattara B., 2004.** Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zai et demi-lunes) au Burkina Faso. *Sécheresse* 15 (1) : 41-48 ;

WEBOGRAPHIE:

Bosc A. et Marcon E., 2002 : Etude des liens entre la respiration du sol et la productivité primaire. <http://www.ecofog.gf/fr/enseignement/fth2002/projets/respiration/presentation.pdf>
consulté le 01-05-2013

FAO (2004). Situation et évolution de la Vulgarisation Agricole: Etude de cas sur le Burkina Faso. Disponible sur <http://www.fao.org/docrep/009/j2623f/J2623F00.htm#Contents>,
(consulté le 29-04-2013).

Flahaut C., 2006 : Etude des facteurs de variation de la respiration du sol en milieu alpin : mesures in situ, en conditions contrôlées et modélisation. **Laboratoire d'Ecologie Alpine, Grenoble.** <http://sajf.ujf-grenoble.fr/IMG/pdf/stage2006FLAHAUT.pdf> (consulté le 01-05-2013)

http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/40067/1/Th%C3%A8se_C%20Moureaux_2008.pdf
(consulté 05-04-2013)

Hoff C. et Rambal S., 2007. Les écosystèmes forestiers méditerranéens face aux changements climatiques

Sawadogo L., 2006. Adapter les approches de l'aménagement durable des forêts sèches aux aptitudes sociales, économiques et technologiques en Afrique. Le cas du Burkina Faso. Jakarta, Indonesia: Center for International Forestry Research. 59p.
http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BSawadogo0601.pdf (consulté le 29-04-2013)

Vigot M. et Fort J.L., 2012: Le carbone organique des sols cultivés de Poitou-Charentes.
http://www.sols-et-territoires.org/fileadmin/user_upload/Produits_Reseau/documents_etudes/resultats_Axe3/spatialisationMO/Carbone_des_sols_PC.PDF (Consulté le 05-04-2013)

ANNEXES

ANNEXE 1 : Résumé de l'analyse de variance des caractéristiques chimiques du sol de Tiogo

Tests des effets inter-sujets				
Source	Variables	ddl	F	P
Feu	pH_eau	1	0,609	0,45
	pH_KCl	1	2,239	0,16
	C_total(%)	1	0,016	0,9
	MO_total(%)	1	0,009	0,93
Pâturage	pH_eau	1	0,12	0,74
	pH_KCl	1	0,178	0,68
	C_total(%)	1	0,984	0,341
	MO_total(%)	1	0,951	0,349
Feu × Pâturage	pH_eau	1	0,228	0,64
	pH_KCl	1	1,5	0,24
	C_total(%)	1	0,058	0,81
	MO_total(%)	1	0,044	0,84
Erreur	pH_eau	12		
	pH_KCl	12		
	C_total(%)	12		
	MO_total(%)	12		

ANNEXE 2 : Aperçu sur les sites de Tiogo et Saria

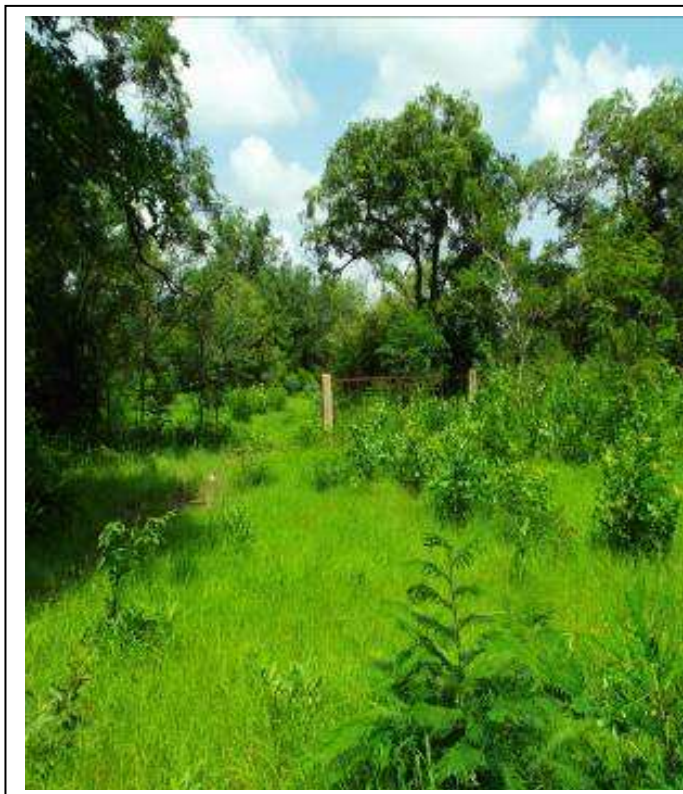
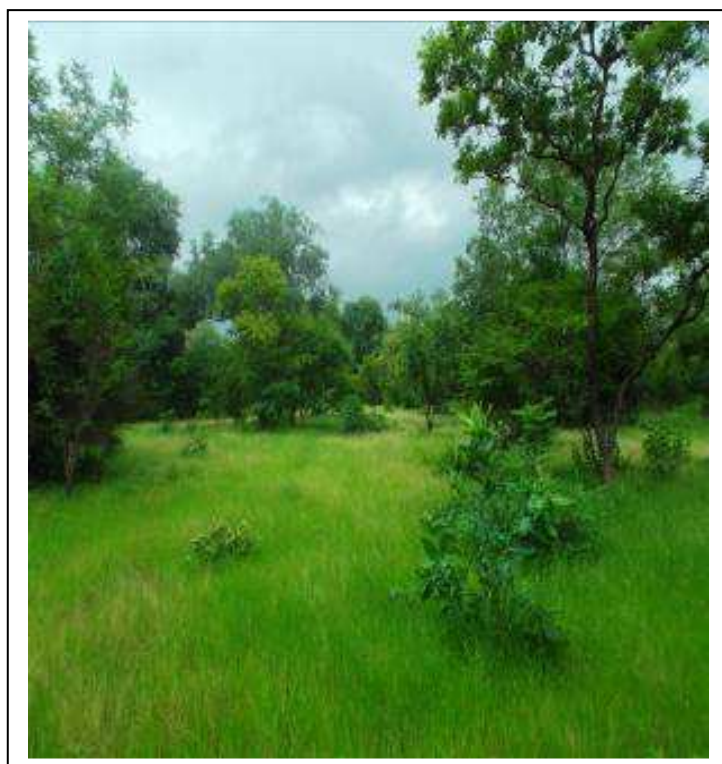


Photo 2 : Vue de la forêt classée de Tiogo



Photos 3 : Vue du site de Saria et de la forêt de Tiogo