



Research Paper

Feux tardifs et dynamique de la matière organique en zone soudanienne du Burkina Faso

Sabine W.M.F. DOAMBA¹, Patrice SAVADOGO, Edmond HIEN

¹(Laboratoire Sols-Matériaux et Environnement (SME)/IJKZ, Institut Supérieur du Développement Durable (ISDD)/Université de Fada N’Gourma, BP 54 Fada N’Gourma, Burkina Faso)

²(Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Sénégal)

³(Université de Ouagadougou, Laboratoire Sols et Matériaux/IJKZ, Université de Ouagadougou, UFR/SVT 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

Corresponding Author: Sabine W.M.F. DOAMBA

ABSTRACT

L'augmentation de la population couplée aux changements climatiques entraîne une forte diminution de la superficie des formations naturelles dans les zones tropicales. La savane, principale formation végétale de ces zones subit chaque année le passage régulier du feu. Plusieurs études réalisées par des scientifiques admettent que les feux jouent un rôle important dans la structuration des paysages et des sols. L'objectif de cette étude était de mesurer l'effet de l'intensité du feu tardif sur les paramètres du sol. Plus spécifiquement, il s'agissait de mesurer l'effet de la variation de la quantité de combustible sur l'activité respiratoire du sol et la chimie du sol. Pour atteindre ces objectifs un dispositif à intensité hiérarchisée du feu (modérée, normale et intensifié) a été installé dans la forêt classée de Dindéresso (Burkina Faso). Les résultats de l'étude ont d'abord montré des biomasses faibles variant de 0,64 à 1,64t/ha. En outre, les résultats ont relevé une augmentation de l'activité microbienne du sol après le passage du feu tardif qui varie respectivement de 203,90 mg/kg de sol après feu, de 172,54 mg/kg de sol avant feu, et seulement de 129,43 mg/kg de sol au niveau du témoin (sans feu). La variation du combustible n'a pas eu d'effet significatif prononcé sur les paramètres chimiques du sol mais ces paramètres ont beaucoup varié en fonction de la profondeur. Le pH a varié de 6,11 à 5,47 respectivement dans des profondeurs 0-5cm et 10-15cm et le C-organique et le Nt ont diminué respectivement de près de 1,6 g/kg et de 0,12 g/kg entre les profondeurs 0-5cm et 10-15cm. Ces résultats confirment en effet la restriction et la non recommandation des feux tardifs dans la gestion des écosystèmes savaniques au Burkina Faso.

Mots clés : Feu tardif, sol, paramètres chimiques, respirométrie du sol, forêt classée de Dindéresso, Burkina Faso.

Received 08 May, 2023; Revised 17May, 2023; Accepted 19 May, 2023 © The author(s) 2023.

Published with open access at www.questjournals.org

I. INTRODUCTION

En Afrique de l'ouest, le feu est un outil essentiel d'aménagement de l'espace dans le mode traditionnel et actuel d'utilisation des terres car les populations l'exploitent pour les ressources biologiques (chasse, cueillette et agricole), la prévention des feux et les rites traditionnels. La pratique de l'utilisation du feu est ancestrale. En effet, le feu peut être utilisé pour des rites traditionnels, en aménagement dans le domaine agricole [1, 2]. Les savanes d'Afrique sont sujettes aux passages réguliers du feu, un facteur écologique qui continue de maintenir et de structurer les milieux naturels des régions soudanaises [3]. Une grande partie des savanes d'Afrique est fréquemment brûlée de façon délibérée ou accidentelle [4, 5]. Dans le cas des feux délibérés, les activités humaines telles que: la défriche sur brûlis, la gestion des pâturages, la chasse et les feux de nettoyage, etc. sont les principales causes [6]. Les conséquences des feux sur l'environnement sont d'ordre multiple. Au cours de son avènement, le feu détruit la litière et la biomasse herbacée au-dessus du sol, ainsi que certaines semences végétales [7]. A cela s'ajoute la destruction de certaines faunes épigées du sol [8]. Il influe également sur le cycle des nutriments organiques [9]. Au Burkina Faso, les feux se localisent particulièrement à l'Ouest et à l'Est du pays et environ 1/3 de la superficie totale du pays est parcourue chaque année par les feux de brousse [10]. Deux régimes principaux du feu sévies particulièrement au Burkina Faso; les feux précoces

allumés à titre préventif et sous contrôle au début de la saison sèche [1] et les feux tardifs qui sont allumés en pleine saison sèche ou au début de la saison des pluies [11].

Bien que les populations soient conscientes de certains effets néfastes liés à la pratique du feu et que des restrictions aient été prises, les savanes restent toujours parcourues précocement et souvent tardivement par les feux. Des études sur le feu ont beaucoup concerné son impact sur la végétation quel que soit son régime (précoce ou tardif). En outre, le caractère tardif du feu et son impact nocif relevé par des études précédentes sur la végétation [12, 13] font que très peu d'études se soient beaucoup focalisées vers son effet sur le sol. Pourtant, malgré son interdiction, les feux tardifs continuent de sévir dans les savanes Ouest africaines et plus particulièrement au Burkina Faso. Cette présente étude, vise en effet à contribuer à analyser les modifications induites au niveau du sol par les feux tardifs. Pour ce faire, il s'agit (i) déterminer les modifications induites dans les propriétés physico-chimiques et (ii) analyser l'effet de ce type de feu sur l'activité respiratoire du sol.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. ZONE D'ÉTUDE

Les travaux de terrain se sont déroulés dans la forêt classée de Dindéresso (11.225°N, 4. 447° O, altitude 359 m) (**Figure 1**). Le climat est du type sud soudanien avec l'alternance de deux saisons; une saison pluvieuse allant de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril [14]. La pluviosité moyenne (2009-2011) est de 1010±145 mm (moyenne, erreur standard). Les sols sont légèrement profonds (> 85 cm) et reposent sur des roches sédimentaires et sont classés comme des Lixisols (système de classification de la FAO)[15]. La végétation du site d'étude est du type savane arborée/arbustive avec une couche d'herbe dominée par les graminées annuelles *Andropogon pseudapricus* Stapf. et *Loudetia simplex* (Pilger) C.E. Hubbard ainsi que des graminées vivaces *Andropogon gayanus* Kunth. et *Andropogon ascinodis* C.B.Cl. La proximité de la forêt classée de Dindéresso avec quelques villages et du centre urbain de Bobo Dioulasso rend sa gestion difficile du fait de la pression anthropique. Ainsi, la forêt est souvent sujette à de nombreux prélèvements tels que le bois de chauffe, le bois d'œuvre, la fauche des graminées, le pâturage et le prélèvement d'organes pour la pharmacopée. La forêt est aussi confrontée à des feux de brousse qui sont appliqués pour stimuler la repousse des graminées.

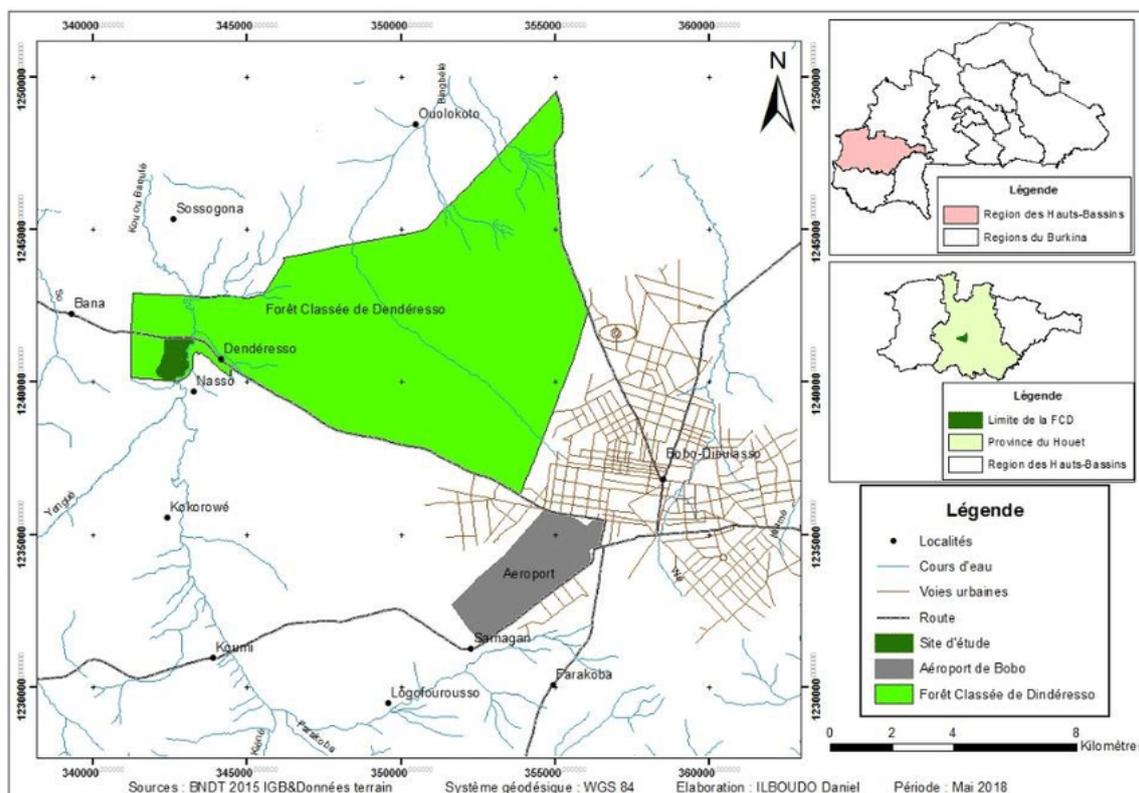


Figure 1: Localisation de la forêt classée (FC) de Dindéresso

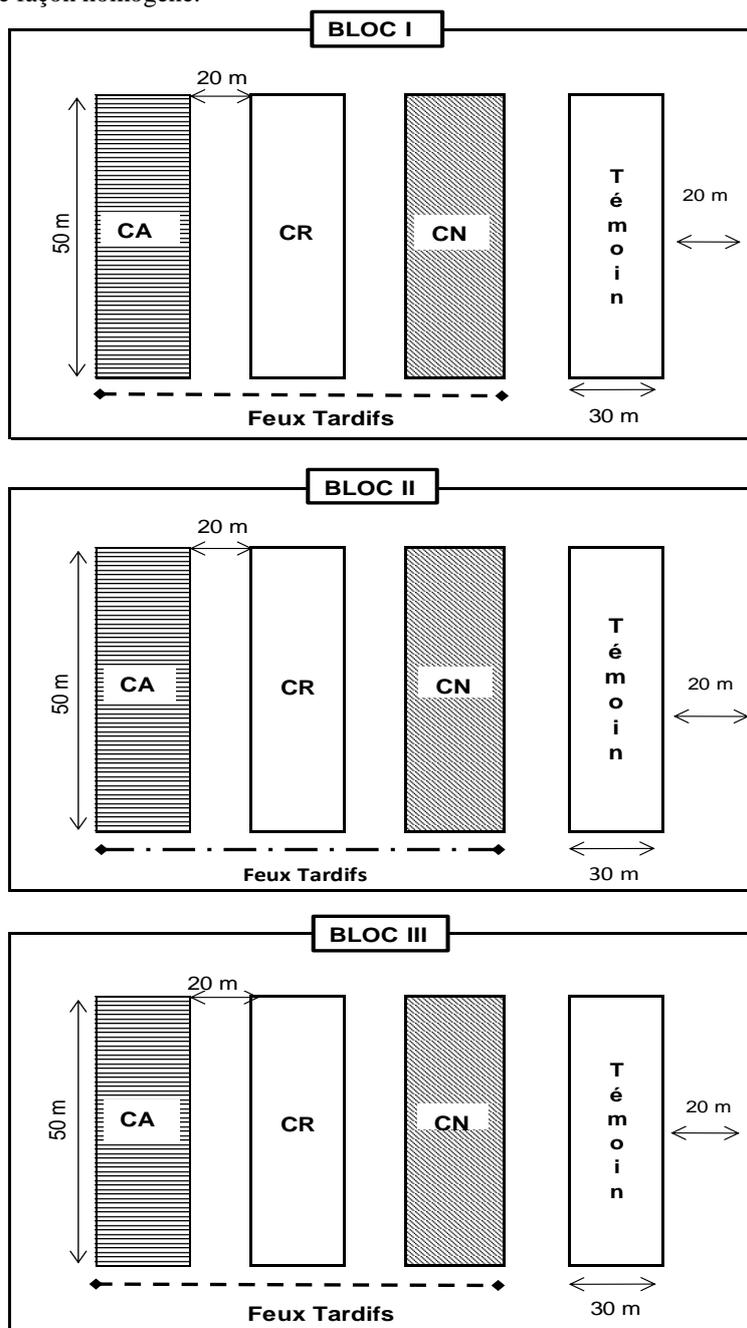
2.2. Dispositif expérimental

Le dispositif couvre une superficie totale de 1,8 ha et comprend trois blocs non contigus de 0,72 ha chacun (**Figure 2**). Les blocs d'étude ont été installés sur des terrains plats afin d'éviter l'influence de la pente sur le comportement du feu [16]. Chaque bloc a été subdivisé en trois (3) parcelles de 0,24 ha (80 × 30 m)

(**Figure 2**). Les parcelles sont séparées les unes des autres par des pare-feux de 10 m de large et chaque bloc est entouré d'un pare-feu de 20 m de large. Tous les blocs sont ouverts au pâturage modéré.

La variation de la charge du combustible a été effectuée de la manière suivante: premièrement, à l'exception du témoin (sans feu), la végétation herbeuse a été coupée à la base, approximativement à 10 cm du sol. La biomasse récoltée ainsi que la litière disponible ont été pesées par parcelle. Un échantillon de cette biomasse est prélevé pour la détermination au laboratoire du taux d'humidité du combustible après qu'il a été placé pendant 48h à l'étuve à 105°C. Sur la base du poids de la matière sèche de chaque parcelle, trois traitements de combustible ont été considérés [8, 17].

1. Combustible normal (CN), le combustible initial a été coupé et réparti de façon uniforme afin d'assurer 100% de la continuité du feu;
2. Combustible réduit (CR): la moitié du combustible initial a été soustrait et supprimé de cette parcelle;
3. Combustible augmenté (CA): la seconde moitié soustraite en CR a été rajoutée au combustible initial, et le tout a été réparti de façon homogène.



**CN: Combustible normal CR: Combustible Réduit
CA: Combustible augmenté**

Figure 2 : Dispositif expérimental

2-3. Mesure des caractéristiques du combustible

Le combustible est constitué par la litière (herbe et feuilles mortes des arbres au sol), la biomasse herbacée (herbe verte toujours sur pied) et la nécromasse herbacée (herbe sèche sur pied). Pour caractériser ce combustible, les paramètres tels que sa masse avant le feu (kg/m^2) et son taux d'humidité (%) ont été évalués.

✓ La quantité disponible de combustible a été contrôlé et mesuré expérimentalement ;

✓ Le feu a été appliqué le matin (entre 6h et 9h) quand la vitesse du vent et la température de l'air sont les plus faibles de la journée. Le feu est allumé le long d'un côté de chaque parcelle et dans le sens contraire du vent pour éviter que le feu ne puisse aller au-delà des pare feux et atteindre la cime de la strate ligneuse. Bien que le combustible non consommé par le feu n'ait pas été évalué, les observations après le passage du feu montrent une combustion quasi complète.

2-4. Collecte des données météorologiques et du comportement du feu

Au cours des expérimentations du feu, les données météorologiques (vitesse du vent, l'humidité et la température de l'air) ont été relevés à la station météorologique station météorologique synoptique de l'aéroport de Bobo Dioulasso (ASECNA-Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar, de coordonnées $11^\circ 09' 36 \text{ N}$ et $4^\circ 19' 51'' \text{ W}$) du site. Les paramètres du comportement du feu, la vitesse de propagation (m.S^{-1}), la température ($^\circ\text{C}$) et l'intensité du feu ($\text{Kj.m}^{-1}\text{S}^{-1}$) ont été aussi évalués. La température du feu a été mesurée à l'aide d'un pyromètre à laser de capacité comprise entre -50°C à 1000°C et une résolution de 30:1 (model TP6 TROTEC, MIS instrumentation, France). Les valeurs de ces paramètres ont permis de calculer l'intensité du feu en utilisant l'équation proposée par Byram's [18]:

Dans cette étude, les caractéristiques du combustible et le comportement du feu ont été examinés en relation avec le recouvrement ligneux, l'humidité de l'air et la vitesse du vent.

$$I = H \times w \times r \quad (1)$$

Où I est l'intensité du feu ($\text{kJ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$), H = la constante exprimant la chaleur dégagée (kJ kg^{-1}), w est la masse sèche du combustible disponible par unité de surface (kg m^{-2}), r = est la vitesse de progression (ms^{-1}). La valeur (H) est estimée à $17\,781 \text{ kJ kg}^{-1}$ selon [19].

2.5. Analyses statistiques

Pour les paramètres physico-chimiques, les données ont été collectées sur la base des observations avant et après le passage du feu mais aussi dans la parcelle témoin. Pour déceler l'effet immédiat du feu, les données collectées avant et après passage du feu ont été soumises à une analyse de variance en utilisant la méthode « BACI-Before After Control Impact » [20].

Les données du feu tardif le modèle (2) a été utilisé en conséquence:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Traitement}_i + \text{Profondeur}_j + \text{Testk} + \text{Traitement}_i \times \text{Profondeur}_j + \text{Profondeur}_j \times \text{Testk} + \text{Traitement}_i \times \text{Profondeur}_j \times \text{Testk} + e_{ijk} \quad (2)$$

Où Y_{ijk} et Y_{ij} représentent les réponses des variables;

μ est la moyenne générale;

β_i est l'effet inter-sujets;

i (la quantité du combustible, la profondeur de prélèvement, l'environnement avant-après feu et leur interaction);

λ_j est l'effet à l'intérieur des facteurs

j représente l'année;

$(\beta\lambda)_{ij}$ est l'effet appelé « entre et à l'intérieur des facteurs »;

$e_j(i)$, $e_j(k)$ et e_{ijk} représentent l'erreur.

Les données ont été analysées en utilisant le modèle Linéaire Généralisé des mesures répétées à l'aide du logiciel SPSS 19.0 for Windows (IBM Corporation, USA). La normalité et l'homogénéité de variance des données ont été vérifiées avant de procéder aux analyses de variance. Lorsqu'une différence est détectée, le test de comparaison de Tukey au seuil de 5% est utilisé par la suite pour des comparaisons multiples.

RESULTATS

2.3. Caractéristiques du combustible et comportement du feu (vitesse et intensité du feu)

Les résultats ont montré des différences dans la biomasse allant de 330 kg entre CA et CN et d'une tonne (1t) entre CA et CR. Par contre la vitesse de progression du feu est sensiblement égale dans les traitements (environs $0,02 \text{ m.s}^{-1}$). Les résultats ont montré que les intensités du feu mesurées en CA et CN sont sensiblement égales. Cependant, l'intensité du feu est presque le double en CA ($68,02 \text{ Kj.m}^{-1}\text{s}^{-1}$) comparé à CR ($37,20 \text{ Kj.m}^{-1}\text{s}^{-1}$). Cependant, l'analyse statistique ne montre pas de différences significatives entre les différents traitements.

Tableau I: Caractéristiques du combustible et comportement du feu (vitesse et intensité du feu)

Paramètres du feu	CR	CN	CA	P	Significativité
Biomasse (t.ha ⁻¹ MS)	0,64 ±0,18	1,31±0,65	1,64±0,82	0,226	NS
Vitesse du feu (m.s ⁻¹)	0,029±0,012	0,02±0,009	0,025±0,007	0,914	NS
Intensité (Kj.m ⁻¹ .s ⁻¹)	37,20±18,53	62,2±26,14	68,02±26,80	0,566	NS

CN: Combustible Normal; CR: Combustible réduit; CA: Combustible Augmenté.

2.4. Paramètres physico-chimiques du sol

2.4.1. Environnement avant et après passage du feu

Les résultats sur la protection intégrale (témoin sans feu) et du passage du feu sont présentés dans le Tableau II. La comparaison d'avant le passage du feu et après ont montré une baisse de de 0,78 pour le pH; 0,0113 pour le Nt et de 3,69 pour le Pt. Le passage du feu a induit une diminution en ces éléments. L'analyse de variance a montré des baisses significatives après le passage du feu du pH (F [1,42] =160,174, p<0,001) du Nt (F[1,42]=28,6, p<0,001). Le phosphore total n'a pas varié significativement après le passage du feu (F[1,42]=3,780, p=0,570). Par contre, une augmentation au niveau du C-Organique de 1,1g/kg (F[1,42]=10,79, p<0,002) et du C/N (F[1,42]=10,79, p<0,002) a été observée après le passage du feu. Dans les parcelles sans feu (témoin), le pH, le C-Organique, et le Nt sont significativement plus élevées (p<0,001). Le Nt dans les parcelles sans feu a une valeur de près de 0,2 g/kg de différence par rapport aux parcelles brûlées. Ce qui dénote des pertes d'azote assez élevées avec le passage du feu. En outre, les valeurs de Pt sont les plus faibles dans les parcelles sans feu comparativement aux parcelles d'avant feu et celles brûlées. Il en est de même au niveau du rapport C/N qui demeure le plus faible dans les parcelles sans feu.

2.4.2. Effet du combustible sur les paramètres chimiques du sol

Tableau II: Effet de la protection intégrale et du feu sur les paramètres du sol

Paramètres chimiques	Témoin (Sans feu)	Avant le passage du feu	Après le passage du feu
pH	6,39 ^a ±0,08	6,13 ^b ±0,27	5,35 ^c ±0,43
C-organique (g/kg)	6,3 ^b ±0,10	5,7 ^c ±0,11	6,8 ^a ±0,18
Nt (g/kg)	0,6 ^a ±0,007	0,53 ^b ±0,01	0,4 ^a ±0,01
C/N	10 ^c ±0,80	10,9 ^b ±1,44	17,91 ^a ±3,06
Pt (mg/kg)	74,45 ^a ±21,21	84,62 ^a ±24,7	80,93 ^a ±20,14
RM(mg CO ₂ .g ⁻¹ sol sec.j ⁻¹)	2,14 ^a ±0,5	2,61 ^a ±0,90	2,13 ^a ±0,53

C-organique: Carbone organique; Nt: Azote total; Pt: Potassium total; Les valeurs affectées de la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey.

Les valeurs du pH sont statistiquement similaires (F[1,33]=2,412, p=0,105) dans les parcelles à combustible réduit (CR), combustible normal (CN) et combustible augmenté (CA) (Tableau III) . En outre, aucune différence significative n'a aussi été observée entre les différents traitements pour le carbone organique du sol (F[1,33]=2,096, p=0,139). Les teneurs du taux de respiration moyen (RM) sont statistiquement similaires dans toutes les parcelles. Seuls, le Nt et le Pt ont varié significativement et respectivement (F[1,33]=5,023, p<0,01; F[1,33]=3,557, p<0,04) en fonction de la variation du combustible (CA, CR et CR). Dans les deux cas (Nt et Pt), les valeurs sont plus élevées au niveau de CA (combustible augmenté) comparativement à CN et CR.

Tableau III: Quantité du combustible (biomasse) sur les paramètres chimiques du sol

Paramètres chimiques	CR	CN	CA
pH eau	5,79 ^a ±0,51	5,66 ^a ±0,54	5,76 ^a ±0,55
C-Org (g/kg)	6,0 ^a ±1,0	6,0 ^a ±1,6	6,8 ^a ±2,0
Nt (g/kg)	0,45 ^{ab} ±0,1	0,41 ^b ±0,08	0,52 ^a ±0,1
C/N	14,17 ^a ±3,98	15,31 ^a ±4,87	13,74 ^a ±3,93
Pt (mg/kg)	77,04 ^b ±14,77	76,01 ^c ±14,31	95,28 ^a ±29,87
RM (mg CO ₂ .g ⁻¹ sol sec.j ⁻¹)	2,36 ^a ±0,7	2,3 ^a ±0,93	2,44 ^a ±0,7

Ct: Carbone total; MO: Matière organique; Nt: Azote total; Pt: Potassium total; RM: Taux de respiration moyen, CN: Combustible Normal; CR: Combustible réduit; CA: Combustible Augmenté. Témoin: sans feu. Les valeurs affectées de la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey.

1.1.1. Variation de la profondeur sur les paramètres chimiques du sol

Les paramètres tels que le pH, C-organique, le Nt, le Pt, le RM sont significativement plus élevés en surface 0-5cm qu'en profondeur 10-15cm (Tableau IV). Le pH varie de 6,11 à 5,47 respectivement dans des profondeurs 0-5cm et 10-15cm. Sa valeur a diminué significativement ($F[1,42]=23,921$, $p<0,001$) de 0-5 cm à 10-15 cm. En outre, le C-organique et le Nt ont diminué respectivement de près de 1,6 g/kg et de 0,12 g/kg entre les profondeurs 0-5cm et 10-15cm. Aussi, le Pt et le taux de respiration moyen ont aussi diminué respectivement de 5,38 mg/kg à 1,026 mg CO₂.g⁻¹ sol sec. j⁻¹ entre les profondeurs 0-5 cm et 10-15 cm. Le C/N est similaire au niveau des différentes profondeurs.

Tableau IV: Effet de la profondeur sur les paramètres chimiques après le passage du feu tardif

Paramètres chimiques	[0-5]	[5-10]	[10-15]
pH eau	6,11 ^a ±0,28	5,68 ^b ±0,27	5,47 ^c ±0,14
C-Organique (g/kg)	6,9 ^a ±1,3	6,37 ^b ±1,7	5,3 ^c ±0,2
Nt (g/kg)	0,52 ^a ±0,07	0,46 ^{ab} ±0,1	0,4 ^b ±0,05
C/N	14,02 ^a ±1,94	14,53 ^a ±2,98	13,92 ^a ±4,06
Pt (mg/kg)	85,54 ^a ±19,37	83,85 ^b ±25,7	80,16 ^c ±14,28
RM (mg CO ₂ .g ⁻¹ sol sec.j ⁻¹)	3,13 ^a ±0,6	2,103 ^b ±0,35	2,104 ^c ±0,73

Ct: Carbone total; MO: Matière organique; Nt: Azote total; Pt: Potassium total; RM: Taux de respiration moyen. Profondeur du sol: [0-5cm]; [5-10 cm] et [10-15 cm]. Les valeurs affectées de la même lettre sur la même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Tukey.

1.2. Feu tardif et activité respiratoire du sol

Les résultats sur l'activité respiratoire du sol avant et après le passage du feu ainsi que celle des parcelles protégées des feux des horizons [0-5]; [5-10], [10-15] cm sont présentés dans la Figure 3. Sur l'horizon [0-5], les résultats ont montré que les quantités cumulées de CO₂ après le passage du feu sont élevées par rapport aux quantités cumulées avant feu et celles du témoin (sans feu). Les valeurs moyennes varient respectivement de 203,90 mg/kg de sol après feu, de 172,54 mg/kg de sol avant feu, et seulement de 129,43 mg/kg de sol au niveau du témoin (sans feu). Cependant, sur l'horizon [5-10] et [10-15]; les quantités cumulées de CO₂ avant feu sont plus élevées qu'après le passage du feu ainsi que celles du témoin sans feu. En outre, les valeurs dans les témoins (sans feu) sont les plus faibles dans toutes les profondeurs [0-5]; [5-10]; [10-15]. Les valeurs varient de 93,43 mg/kg au niveau de [10-15] à 123,43 mg/kg [0-5]. Avant feu, les valeurs varient de 13,89 à 172,54 mg/kg sol. Après feu, les valeurs cumulées moyennes sont comprises entre 115,97 mg/kg sol sur [5-10] contre 203,90 mg/kg sol sur [0-5].

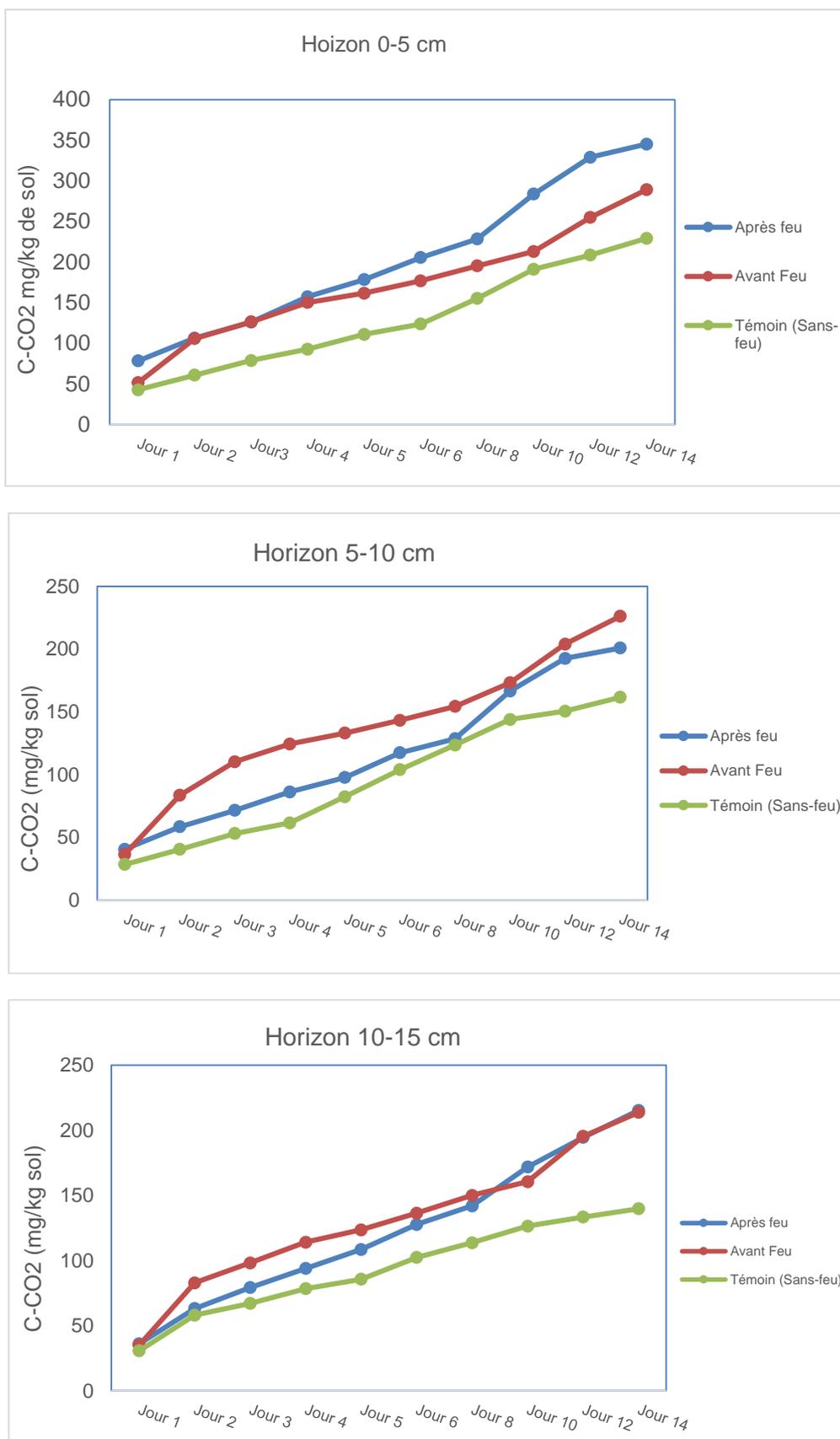


Figure 3: Evolution cumulée du C-CO₂ (mg/kg sol) dégagé avant-feu, après-feu, témoin (sans-feu) et selon les horizons (0-5; 5-10 et 10-15 cm).

III. Discussion

Les Résultats d'analyse ont relevé des quantités de biomasse sensiblement égale dans les parcelles et variant de 0,64 à 1,64t/ha. Ces quantités restent tout de même faible comparées aux quantités relevées dans la forêt classée de Tiogo au Burkina Faso où les biomasses atteignaient 7,3t/ha. En forêt Guinéenne à Lamto (Cote d'Ivoire) les quantités de biomasse avoisinent les 20t/ha pour les feux précoces mais sont autour de 1t/ha en période de feux tardifs [21]. Ces faibles biomasses entraînent aussi de faibles vitesses de progression du feu ainsi que de faibles intensités du feu (de 37,20 à 68,02 $\text{kJm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$). Des travaux précédents ont montré des corrélations significatives entre la quantité de biomasse et la vitesse de progression du feu ainsi que son intensité [22, 23]. En outre, l'intensité du feu est une partie intégrante de sa sévérité et varie en fonction de la quantité et de la qualité du combustible [24]. Concernant les paramètres physico-chimiques, les résultats ont montré que le pH était significativement inférieur dans les parcelles brûlées comparativement à la parcelle témoin. Ces résultats sont contraires à ceux de certains travaux montrant plutôt une augmentation du pH après le passage du feu dû à la dénaturation d'acides organiques et à la libération des bases dans le sol [25, 26]. L'augmentation du pH et des cations échangeables associés avec les cendres, prouvent que les cendres étaient la principale cause. Toutefois, une diminution du pH a également été rapportée par d'autres auteurs dans le chauffage expérimental du sol [27, 28]. En outre, la valeur de l'azote total a drastiquement chuté après le passage du feu de 0,2 unités. Cependant, la comparaison d'avec la protection intégrale (témoin) a montré que les valeurs du pH et du Nt sont beaucoup plus élevées au niveau du témoin par rapport à la prise avant feu et surtout après le passage du feu. Par ailleurs, la variation du combustible n'a pas entraîné une variation significative des paramètres du sol tels que le pH, Corg, C/N. Cependant, le Nt et le Pt ont diminué significativement en fonction de la variation du combustible. Le phosphore total était significativement plus élevé dans les parcelles à combustible augmenté comparativement aux autres traitements (combustible réduit, combustible normal et le témoin). Ceci suggère que la combustion de la matière organique pourrait être une source d'apport de phosphore au sol [29]. Le sol peut se retrouver jusqu'à trois (3) fois plus riche en potassium (K), magnésium (Mg) et calcium (Ca) qu'avant le feu [30]. En fonction de la profondeur, les résultats ont montré que les valeurs des paramètres chimiques (pHeau, Corg, Nt, Pt, RM) du sol ont diminué significativement des surfaces vers les profondeurs. En outre, les résultats sur l'activité respiratoire du sol ont abouti à une élévation des quantités cumulées de CO_2 après le passage du feu par rapport aux quantités cumulées avant feu et celles du témoin.

Cette légère augmentation juste après le passage du feu peut être due au dépôt de cendre riche en éléments nutritifs, stimulant aussi la croissance microbienne [31]. L'effet du feu sur les paramètres chimiques du sol est complexe et variable mais généralement les changements sont prononcés sur les couches superficielles [32].

IV. Conclusion

Cette étude s'est inscrite dans une évaluation de l'effet des feux précoces et répétés sur les modifications induites dans l'environnement en vue de générer des connaissances qui permettront d'aider dans la gestion des écosystèmes savanicoles. De ce fait, le présent travail de recherche a concerné principalement les deux (2) points de recherche suivants :

- ✓ L'étude des caractéristiques du combustible et comportement du feu;
- ✓ La détermination des effets des feux tardifs sur les paramètres chimiques du sol;
- ✓ L'analyse des modifications induites dans la respiration du sol.

Sur la base des résultats obtenus de ce travail, nous pouvons déduire que les feux tardifs contrairement aux feux précoces ont des effets significatifs sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Le dépôt des cendres à la surface du sol constituent un apport qui élève l'activité microbienne. Cependant, avec le contexte climatique de la zone soumis à l'harmattan et aux pluies torrentielles qui dégradent et emportent énormément durant leur passage, ce dépôt, reste instable et variable sur les parcelles brûlées entraînant de susceptible pertes. Ainsi donc, avec les effets avérés sur le couvert végétal du feu tardif et ceux décelés par cette étude sur le sol, cela justifie les restrictions et la non recommandation de la pratique des feux au Burkina Faso et dans les régions savanicoles en générale. Toutefois, il serait recommandable d'élargir ces études sur les savanes humides et d'aller jusqu'à la modélisation qui pourrait prendre en compte les quantités de biomasse variable d'une région à l'autre, d'une saison à l'autre mais aussi des variations climatiques qui sévit dans les zones savanicoles.

Références

- [1]. Sawadogo, L., D. Tiveau, and R. Nygård, Influence of selective tree cutting, livestock and prescribed fire on herbaceous biomass in the savannah woodlands of Burkina Faso, West Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment International*, 2005. **105**: p. 335–345.
- [2]. Ekblom, A. and L. Gillson, Fire history and fire ecology of Northern Kruger (KNP) and Limpopo National Park (PNL), Southern Africa. *The Holocene* 20, 2010: p. 1063–1077.
- [3]. Devineau, J.L., A. Fournier, and S. Nignan, Savanna fire regimes assessment with MODIS fire-data: their relations with land cover and plant species distribution in western Burkina Faso (West-Africa). *Journal of Arid Environments* 2010. **74**: p. 1092-1101.

- [4]. Yameogo, U.G., Le feu, un outil d'ingénierie écologique au Ranch du Gibier de Nazinga au Burkina Faso, in Thèse, Université d'Orléans. 2005. p. 257p.
- [5]. Jensen, M., A. Michelsen, and M. Gashaw, Responses in plant, soil inorganic and microbial nutrient pools to experimental fire, ash and biomass addition in a woodland savanna. *Oecologia*, 2001. **128**: p. 85-93.
- [6]. Vallea, F. and A. Ballouche, Les feux de brousse en Afrique de l'Ouest: contraintes environnementales ou outil de gestion environnementale? L'exemple du Burkina Faso. Bushfires in West Africa: environmental constraints or environmental management tool? The example of Burkina Faso. *Territoires d'Afrique*, 2012. **3**: p. p. 36-47.
- [7]. Dayamba, S.D., et al., Effects of aqueous smoke solutions and heat on seed germination of herbaceous species of the Sudanian savanna-woodland in Burkina Faso. *Flora*, 2010. **205**: p. 319-325.
- [8]. Doamba, S.W.M.F., Feux et propriétés biogéochimiques des sols en savanes boisées, in Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. 2014, Thèse de doctorat unique en développement rural. p. 122 p.
- [9]. Doamba, W.M.F., P. Savadogo, and B.H. Nacro, Modifications induced in soil physico-chemical properties by repeated fire at different seasons and fuel load treatment in a West African savanna-woodland. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2020. **11(4)**: p. 164-175.
- [10]. Dolidon, H., L'espace des feux en Afrique de l'Ouest. L'analyse spatio-temporelle d'un phénomène d'interface nature/société. 2005, Université de Caen/Basse-Normandie. p. 414 p.
- [11]. Laris, P., et al., The early/late fire dichotomy: time for a reassessment of Aubreville's savanna fire experiments. 2017, *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* p. 68-94.
- [12]. Louppe, D.O., N.K. Ouattara, and A. Coulibaly, Effet des feux de brousse sur la végétation. *Bois et Forêts des tropiques*. 1995. **245**: p. 59-74.
- [13]. Bond, W.J. and J.E. Keeley, Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution* 2005. **20**: p. 387-394.
- [14]. Fontès, J. and S. Guinko, Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso 1995. p. 67p.
- [15]. Van Straaten, O., et al., Impacts of burning on soil trace gas fluxes in two wooded savanna sites in Burkina Faso. *Journal of Arid Environments* 89, 2019. **165**: p. 132-140.
- [16]. Trollope, W.S.W. and L.A. Trollope, Fire behaviour a key factor in the fire ecology of African grasslands and savannas. *Forest Fire Research et Wildland Fire Safety*, ed. V. (ed.). 2002, Rotterdam: Millpress.
- [17]. Doamba, S.W.M.F., P. Savadogo, and B.H. Nacro, Modifications induced in soil physico-chemical properties by repeated fire at different seasons and fuel load treatment in a West African savanna-woodland. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2020. **11(4)**: p. 164-175.
- [18]. Byram, G.M., Combustion of forest fuels, in: Davis K.P. (Ed.), *Forest fire: control and use*, McGraw-Hill, New York., 1959. 90-123.
- [19]. Trollope W. S. W. and Potgieter A. L. F., Fire behaviour in the Krugger National Park. *Journal of the Grassland Society of South Africa*, 1985. **2**: p. 17-22.
- [20]. Hewitt, J.E., S.E. Thrush, and V.J. Cummings, Assessing environmental impacts: Effects of spatial and temporal variability at likely impact scales. *Ecological Applications*, 2001. **11**: p. 1502-1516.
- [21]. Guiguindibaye M., et al., Impact of early fires on soil physicochemical properties in Sudan Savanna in Chad. *International Journal of Research Studies in Agricultural Science*, 2019. **5(2)**: p. 7-17.
- [22]. Savadogo, P., et al., Fuel and fire characteristics in savanna-woodland of West Africa in relation to grazing and dominant grass type. *International Journal of Wildland fire*, 2007. **16**: p. 531-539.
- [23]. Doamba, W.M.F.S., et al., Facteurs écologiques et intensité du feu en savane soudanienne au Burkina Faso. *Afrique Science*, 2020. **17** (6): p. 236-246.
- [24]. Flannigan, M., et al., Global wildland fire season severity in the 21 st century. *Forest Ecology and Management*, 2013. **294**: p. 54-61.
- [25]. Frost, P.G.H. and F. Robertson, The ecological effects of fire in savannas, in *Determinants of tropical savannas*. 1987, Ed. BH Walker: Oxford. p. 93-140.
- [26]. Snyman, H.A., Short-term response of rangeland following an unplanned fire in terms of soil characteristics in a semi-arid of south Africa. *Journal of Arid Environments*, 2003. **55**: p. 160-180.
- [27]. Badía, D. and C. Martí, Plant ash and heat intensity effects on chemical and physical properties of two contrasting soils. *Arid Land Res. Manage.*, 2003. **17**: p. 23-41.
- [28]. Terefe, T., et al., Influence of heating on various properties of six Mediterranean soils. A laboratory study. *Geoderma*, 2008. **143(3-4)**: p. 273-280.
- [29]. Kutiel, P. and M. Inbar, Fire impacts on soil nutrients and soil erosion in a Mediterranean pine forest plantation. *Catena*, 1993. **20(1-2)**: p. 129-139.
- [30]. Gillon, D. and M. Rapp, Nutrient losses during a winter low intensity prescribed fire in a Mediterranean forest. *Plant and soil*, 1989. **120**: p. pp 69-77.
- [31]. Christensen, N.L., Fire and the nitrogen cycle in California chaparral. *Science* 250, 1973. **181**: p. 66-68.
- [32]. Pereira, P., Effects of fire intensity in an ash chemical and physical characteristics of Mediterranean species and their impact in water quality. 2010, University of Barcelona.