

# Caractérisation spatio-temporelle de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagée par les décharges publiques de la ville de Kisangani (RD Congo)

J. MOBUNDA<sup>1</sup>, C. J. P. AZENGE<sup>1</sup>, G. MONDE<sup>1</sup>, A. ANGBONGA<sup>1</sup>, J. P. P. MENIKO<sup>1</sup>

(Reçu le 23/12/2019; Accepté le 27/05/2020)

## Résumé

Une étude sur la caractérisation spatio-temporelle de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagée par les décharges publiques a été réalisée dans la ville de Kisangani en République Démocratique du Congo. La méthode de collecte de données utilisée est le système de chambres respirométriques fermés et statistiques qui a consisté à piéger et absorber chimiquement les flux de CO<sub>2</sub> dégagés par les différentes décharges publiques à l'aide de la chaux sodée. Les résultats révèlent que le flux moyen de CO<sub>2</sub> dégagé à travers les différentes décharges publiques à partir du mois de novembre 2015 jusqu'au mois de mars 2016 est de 14,6 g C/j/m<sup>2</sup>. Le mois de mars a dégagé un flux moyen important de CO<sub>2</sub> soit, 24,7 g C/j/m<sup>2</sup> avec une humidité pondérale élevée (22,7 %) et une température faible (27,2 °C). Le mois de février a dégagé un flux moyen faible de CO<sub>2</sub> soit 5,78 g C/j/m<sup>2</sup> avec une humidité pondérale faible (11,5 %) et une température du sol élevée (31,8 °C) que tous les autres mois. La relation entre les flux de CO<sub>2</sub> dégagés par les décharges publiques et leur humidité pondérale est forte (R=0,77) et cette dernière explique significativement ce dégagement de CO<sub>2</sub>. Par contre, celle de la température est faible (R=0,31) et elle n'explique pas significativement ce dégagement de CO<sub>2</sub>.

**Mots clés:** Flux de CO<sub>2</sub>, respiration du sol, décharges publiques

## Spatio-temporal characterization of the amount of CO<sub>2</sub> released by public discharges in the city of Kisangani (DR Congo)

### Abstract

A study on the spatio-temporal characterization of the amount of CO<sub>2</sub> released by public discharges was carried out in the city of Kisangani, DR Congo. The method of data collection is a system of closed and static respiration chambers that chemically trap and absorb CO<sub>2</sub> fluxes from public discharges with lime soda. The released CO<sub>2</sub> from discharges, from November 2015 to March 2016 was of 14.6 g C/d/m<sup>2</sup>. The month of March had an average CO<sub>2</sub> flux of 24.7 g C/d/m<sup>2</sup> with high water content (22.7%) and low temperature (27.2 °C). The month of February had a low CO<sub>2</sub> flux of 5.78 g C/d/m<sup>2</sup> with low water content (11.5 %) and a high soil temperature (31.8 °C) compared to other months. The relationship between CO<sub>2</sub> flux from public discharges and their water content was strong (R=0.77) which significantly affects CO<sub>2</sub> flux. On the other hand, the relationship with temperature is weak (R=0.31) and it doesn't significantly explain CO<sub>2</sub> flux.

**Keywords:** Flux of CO<sub>2</sub>, soil respiration, public discharges

## INTRODUCTION

L'écologie, le climat et l'augmentation de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone sont à l'heure actuelle au cœur des préoccupations sociétales nationales, régionales et internationales. L'importance d'analyser de manière objective l'impact des activités humaines sur l'évolution du climat et ses répercussions sur le fonctionnement des écosystèmes sont apparues au niveau international en 1988, avec la réaction du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) par l'organisation météorologique mondiale et le programme des Nations Unies pour l'environnement (GIEC, 2013).

Par ailleurs, les activités anthropiques dont les plus importantes sont la combustion des énergies fossiles et les changements d'utilisation des sols, sont à l'origine d'un changement climatique sans précédent sur l'échelle de temps géologique. Ce phénomène est la conséquence manifeste de l'augmentation de la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Ago *et al.*, 2015).

Le dioxyde de carbone est un gaz à l'origine de l'effet de serre naturel (IPCC, 1998). Le CO<sub>2</sub> n'a pas le pouvoir réchauffant le plus important, mais il est le gaz à effet de serre le plus produit par les activités anthropiques. Appelé parfois, de façon impropre (gaz carbonique) est un composé chimique constitué d'un atome de carbone et deux atomes d'oxygène. L'augmentation de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), gaz qui par-

tipice au renforcement de l'effet de serre, a mis en évidence la nécessité de mieux comprendre le cycle de carbone et sa dynamique au sein des écosystèmes terrestres, étant donné que des larges incertitudes sont actuellement associées aux échanges entre les écosystèmes et l'atmosphère (Ago *et al.*, 2014).

L'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère est maintenant reconnu pour être la principale cause de réchauffement planétaire qui, selon plusieurs études, se traduiront par une augmentation de la température terrestre et de la fréquence d'événements météorologiques extrêmes, ainsi que par une élévation du niveau des océans (Gonzalez *et al.*, 2012). Les sols sont soumis à des pertes importantes de carbone via les phénomènes de décomposition de la matière organique (Grace *et al.*, 2014), de l'érosion et au lessivage des composés organiques.

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 (Payeur-Poirier, 2011).

Le sol représente le puits carbone terrestre le plus important dans le monde et le carbone organique stocké en son sein constitue le double du carbone de l'atmosphère et le triple de ce qui est stocké dans la biomasse des forêts (Boika, 2014).

<sup>1</sup> Institut Facultaire d'Études Agronomiques, Kisangani, RD Congo

A l'inverse, le déstockage du carbone organique de 30 premiers centimètres du sol, par biodégradation jusqu'à la minéralisation de l'humus du sol, pourrait annuler tous les efforts que l'on fait pour réduire la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère terrestre (Abdi *et al.*, 2014).

Les facteurs liés aux caractéristiques du sol et de la végétation permettent d'expliquer les variations spatiales et temporelles de la respiration du sol à l'échelle d'une forêt et ceux liés uniquement aux caractéristiques du sol permettront d'expliquer les variations spatiales et temporelles de la respiration du sol sur le sol non forestier, et plus particulièrement, le cas de décharges publiques (Ajonina *et al.*, 2014).

Face à ce défi, il est important de quantifier la part encore mal connue de flux de CO<sub>2</sub> dégagés par les décharges publiques issues de déchets à usage domestique et des immondices entreposés dans la ville de Kisangani.

Tenant compte de la problématique soulevée, l'objectif général de la présente étude consiste à caractériser spatialement et temporellement la respiration du sol entre les différentes décharges publiques de la ville de Kisangani et les variables explicatives qui lui sont associées.

Pour atteindre cet objectif général, il nous faut déterminer les flux de CO<sub>2</sub> dégagés par les différentes décharges publiques à l'échelle spatiale et temporelle, la similarité entre elles et analyser les facteurs climatiques (la température, l'humidité du sol), si lequel de ce deux expliquerait mieux le dégagement de carbone dans les différentes décharges publiques.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Milieu

Notre recherche sur terrain a été effectuée dans l'enceinte de l'I.F.A Yangambi à Kisangani et de la Faculté de Médecine et Pharmacie de l'Université de Kisangani, situées dans la commune de la Makiso au quartier plateau médical dans la ville de Kisangani.

La ville de Kisangani est située dans la cuvette centrale congolaise près de l'Equateur à 25°11' de longitude Est et à 0°31' latitude Nord. Son altitude est comprise entre 396 et 410 m. La figure 1 représente la ville de Kisangani. Elle jouit du climat de type A<sub>r</sub> selon la classification de Koppen et par conséquent, il pleut pratiquement tous les mois de l'année. Les fluxions pluvio-thermométriques sont cependant importantes, entre 1500-2000 mm (avec une moyenne de 1750 mm) de pluies et 20-30°C (soit une moyenne de 25°C), mais leur répartition n'est nullement uniforme pour chaque année. L'humidité atmosphérique est toujours voisine de la saturation et les orages sont très fréquents (Okungo, 2011).

### Installation de chambres respirométriques

Les formats des chambres respirométriques ont été opaques, de couleur blanche de préférence, de 18 litres, d'une hauteur interne de 26,2 cm et externe de 26,5 cm. Les diamètres minimum et maximum sont respectivement 30 cm et 31 cm. Avant leur installation dans le sol, les seaux ont été découpés de leur extrémité basale afin de permettre leur insertion dans le sol. Pour empêcher l'entrée de flux de carbone (de l'extérieur vers l'intérieur) et la sortie (de l'intérieur vers l'intérieur), les seaux ont été insérés dans le sol à une profondeur de 2 à 5 cm sur une surface relative

ment plane. Cette insertion a été faite de manière à n'est pas endommagée l'activité microbienne en place. L'horizontalité de chaque chambre est vérifiée par un niveau de maçon. Pour chacune des occupations du sol dans des poubelles, ces chambres respirométriques ont été placées une ou deux par poubelle et isolées dans l'espace sur une distance de ± 5 mètres en fonction de la grandeur de la poubelle. L'emplacement des chambres respirométriques a été fonction de l'opérationnalité de chaque poubelle sans tenir compte de la biomasse microbienne occupant l'endroit.

Deux chambres respirométriques ont été installées sur la poubelle des déchets à usage domestiques derrière le home N.P.K (en abrégé CHA<sub>6</sub> et CHA<sub>7</sub>), une devant le home N.P.K (en abrégé CHA<sub>5</sub>), une à côté de la Faculté de Médecine et Pharmacie (en abrégé CHA<sub>1</sub>), deux autres dans la petite ruelle à l'entrée de la Faculté de Médecine et Pharmacie (en abrégé CHA<sub>2</sub> et CHA<sub>3</sub>) et une derrière la banque du sang (en abrégé CHA<sub>4</sub>). En plus de ces 7 chambres respirométriques, une autre chambre à blanc (témoin) a été utilisée pour tenir compte de CO<sub>2</sub> absorbé par la chaux sodée lors de la procédure expérimentale. Il convient aussi de signaler que les chambres ont été insérées dans le sol dix jours avant la prise des mesures de flux de carbone du sol afin que la structure du sol soit stabilisée et l'activité microbienne soit aussi régularisée après les perturbations causées au cours de l'insertion de chambres respirométriques (Eduard, 1989; Hanson *et al.*, 1993; Schlesinger *et al.*, 2000; Sotta *et al.*, 2004). A l'intérieur de chaque chambre et dans toutes les occupations du sol dans chacune des poubelles, la présence des plantes vertes a été évitée afin d'empêcher l'absorption du CO<sub>2</sub> et la respiration hors sol.

### Préparation de la chaux sodée au laboratoire

Les boîtes de Pétri avec leurs couvercles sont d'abord lavées, marquées et séchées dans l'étuve pendant ± 6 heures à 105°C pour obtenir leur poids sec. Après ce séchage, 60 g de la chaux sodée sont mis dans chaque boîte de pétri, séché dans l'étuve à 105°C (durant 24 heures) jusqu'au poids constant. En les sortants de l'étuve, elles sont directement mises dans le dessiccateur durant 15 minutes en vue d'un refroidissement rapide. Les boîtes de pétri sont ensuite pesées sur la balance de précision et leurs poids secs respectifs (boîte +chaux sodée) sont notés et directement couvertes et scellées avec le parafilm.

### Mesure de la respiration du sol sur le terrain

Les mesures de flux de carbone ont été collectées durant cinq mois de prélèvement (novembre et décembre 2015; janvier, février et mars 2016).

### Dépôt de la chaux sodée dans les chambres respirométriques

Sur le terrain, chaque boîte de pétri est ouverte et avant son exposition dans la chambre respirométriques, 8 ml d'eau sont aspergés sur la chaux sodée à l'aide d'une pissette de manière à mouiller uniformément celle-ci dans la boîte de pétri car, une source d'humidité est nécessaire à la chaux exposée pour faciliter la réaction d'hydrolyse avec le CO<sub>2</sub> sortant du sol. La boîte contenant la chaux sodée est alors déposée dans la chambre ouverte au-dessus d'une tablette pour ne pas obstruer le flux de CO<sub>2</sub> de la surface du sol dans la chambre. Cette dernière est directement fermée tout en plaçant un poids au-dessus pour assurer sa bonne

étanchéité au sol dans le souci d'éviter les fuites de flux de carbone et maintenir la stabilité de la chambre. Le numéro de la boîte de pétri, la date et l'heure du dépôt de la chaux sodée dans la chambre sont aussi notés sur la fiche du terrain. La mesure à vide (témoin) était également effectuée pour tenir compte du CO<sub>2</sub> absorbé par la chaux sodée lors de la procédure expérimentale.

#### Retrait de la chaux sodée dans les chambres respirométriques

Les boîtes de pétri sont retirées de chambres respirométriques 24 heures après leur exposition. Ces boîtes de pétri sont couvertes et scellées à nouveau avec le parafilm et l'heure du retrait de la boîte de pétri dans les chambres respirométriques est également notée sur la fiche du terrain.

#### Séchage de boîtes de pétri au laboratoire

Arrivée au laboratoire, les boîtes contenant la chaux sodée sont ouvertes et soumises au séchage dans l'étuve à 105°C jusqu'au poids constant. Après refroidissement à travers le dessiccateur, le poids sec (boîte + chaux sodée) après l'incubation est pesé et noté sur la fiche du laboratoire.

#### Mesure de la température du sol

La mesure de la température du sol a été effectuée le même jour que la mesure de la respiration du sol. À côté de chaque chambre respirométrique, la sonde du thermocouple est enfoncée dans le sol de part et d'autre de celle-ci sur une profondeur de 10 cm (horizon A) où l'activité biologique est prépondérante (Hanson *et al.*, 1993). La température du sol qui apparaît sur l'écran du thermocouple est notée sur la fiche du terrain.

#### Mesure de la teneur en eau du sol

Au laboratoire, on a procédé au marquage des cylindres de Kopecky à l'aide d'un marqueur indélébile. Après leurs séchages dans l'étuve à 105°C, leur refroidissement au dessiccateur et leur pesée sur la balance de précision, le poids sec correspondant à chaque cylindre de Kopecky est noté sur la fiche du laboratoire préparée à cette fin. Sur le terrain, on a procédé avant tout au dégagement de la couche de déchets non décomposée sur deux points opposés par rapport à la chambre respirométriques. À l'aide d'un marteau, le cylindre de Kopecky est enfoncé complètement dans le sol et à l'aide d'une machette, le cylindre est alors retiré du sol après avoir enlevé la partie de la terre autour de ce dernier pour faciliter cet enlèvement. Le capuchon du cylindre de Kopecky est placé sur sa surface supérieure et le surplus de la terre est retiré à l'aide d'un couteau sur la face inférieure du cylindre, pour ne garder que le volume de la terre représenté par le cylindre. Au retour du terrain, chaque cylindre contenant le sol est directement pesé sur la balance de précision et son poids frais est noté. Après cette pesée, ces cylindres sont alors séchés dans l'étuve à 105°C jusqu'à l'obtention du poids constant et leurs poids secs sont aussi notés sur la fiche du laboratoire.

#### Analyse des données

##### Calcul de flux de CO<sub>2</sub>

Cette méthode est basée sur l'absorption de CO<sub>2</sub> par la chaux sodée qui est mesurée par un gain de poids. Les réactions d'absorption suivantes se produisent:



Pour chaque mole de CO<sub>2</sub> qui réagit chimiquement avec la chaux sodée, une mole d'eau est formée et qui ensuite évaporée pendant le séchage. Ainsi, l'augmentation de la masse sèche après l'exposition sous-estime le CO<sub>2</sub> absorbé par un facteur de  $18/44 = 40,9\%$ . Cela s'explique à partir de l'équation ci-dessus par le fait que pour chaque mole de CO<sub>2</sub> (44 mg) absorbé par la chaux sodée, il perd une mole d'eau (18 ml)  $(44 - 18) = 1,69$ . Le facteur de correction de 1,69 que reconnu par Grogan (1998) au lieu de 1,41 comme initialement préconisé par Eduard (1989) sera intégré dans le calcul pour tenir compte de l'eau formée au cours de l'absorption chimique de CO<sub>2</sub> par la chaux sodée et libéré pendant le séchage.

Le gain de poids de la chaux sodée (g) après l'exposition est le flux de CO<sub>2</sub> dégagé du sol en l'exprimant par g C/j/m<sup>2</sup>. Il est obtenu par les relations suivantes:

- Poids sec initial (avant l'exposition) de la chaux sodée (g) Pi; Poids sec final (après l'exposition) de la chaux sodée (g): Pf; Poids final (échantillon à blanc) de la chaux sodée (g): Pb et le Poids final après la chaux sodée après correction par le témoin (g): Pc = Pf - Pb
- Le gain de poids de la chaux sodée (g): Pg = Pc - Pi et le CO<sub>2</sub> absorbé par la chaux sodée (g) de CO<sub>2</sub> = Pg x 1,69
- La respiration du sol = gramme de carbone du sol absorbé/jour/superficie (g C/j/m<sup>2</sup>).
- L'humidité pondérale du sol (cm<sup>3</sup> d'eau/cm<sup>3</sup> sol) et la température du sol est obtenue à partir des mesures de cette dernière, prises de part et d'autre de la chambre respirométriques.

#### Analyse statistique

Les analyses statistiques utilisées dans cette étude ont été essentiellement axées sur l'analyse de la variance de comparaison de plusieurs moyennes (ANOVA à un seul facteur), la corrélation et le test de comparaison de deux moyennes (test t de Student). Les logiciels statistiques qui nous ont permis de réaliser ces tests statistiques sont le tableur Excel, Statistica et Jmp pour les analyses de données.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Variation spatiale de CO<sub>2</sub> dégagé entre les différentes décharges publiques

La moyenne générale de flux de carbone du sol dégagé au sein de chacune des chambres respirométriques à travers les décharges publiques (poubelles) est de 14,6 g C/j/m<sup>2</sup> et varie grandement d'une chambre respirométrique à une autre dans chacune des poubelles en fonction de la durée de mesure. Un important flux de 44,5 g C/j/m<sup>2</sup> a été enregistré dans la chambre respirométrique (P33) et un faible flux de 4,9 g C/j/m<sup>2</sup> dans la chambre respirométrique (P09). Les flux de CO<sub>2</sub> obtenus dans le cadre de cette étude, sont largement différents de ceux obtenus par d'autres chercheurs dans les autres types d'occupation du sol.

Il ressort de l'analyse de variance que le flux de carbone moyen dégagés entre les différentes décharges publiques ne sont pas significativement différents. La différence non significative observée se justifierait par le fait que la nature des immodices déversés dans ces différentes poubelles ont été de même nature (produits à usage alimentaires) et de même stade de décomposition qui sont supposées partagées

les mêmes propriétés (densité des organismes décomposeurs comme les vers de terre, activité microbienne, pH, texture et structure de ces décharges publiques) susceptibles d'influencer la variabilité spatiale de flux de CO<sub>2</sub> dégagés (Ago, 2015; Buchmann, 1997; Janssens, 1998).

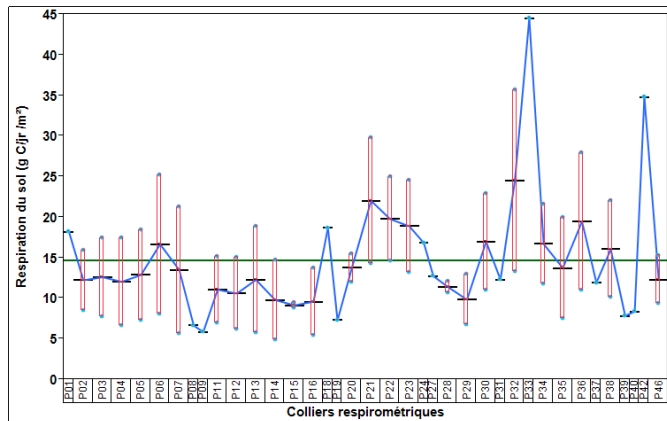


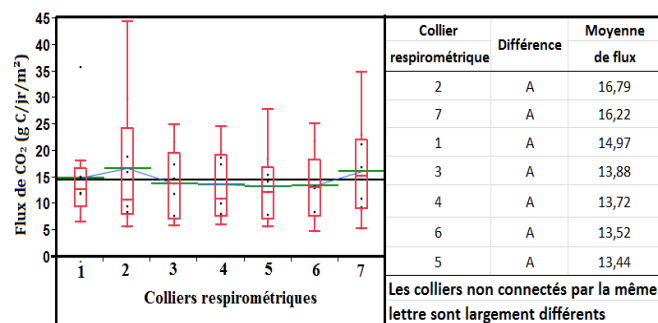
Figure 1: Variations spatiales de flux de CO<sub>2</sub> du sol dégagé dans chacune des chambres respirométriques installées dans les différentes décharges publiques

**Variation temporelle des flux de CO<sub>2</sub> dégagés entre les différentes périodes de mesure**

Les flux de CO<sub>2</sub> dégagés par les décharges publiques varient sensiblement d'une période et/ou saison à un autre. Le mois de mars présente le flux le plus important, soit une moyenne de 24,7 g C/j/m<sup>2</sup>, suivi du mois de novembre avec une moyenne de 17,7 g C/j/m<sup>2</sup> et le mois de février présente le flux de CO<sub>2</sub> le moins important soit une moyenne de 5,78 g C/j/m<sup>2</sup>.

Les flux de carbone du sol dégagés au cours de cinq mois de prélèvement à travers les différentes décharges publiques (novembre, décembre, janvier, février et mars) varient faiblement, hormis le mois de Mars, d'une chambre respirométrique à une autre au cours d'une même période. En outre, les flux de CO<sub>2</sub> dégagés au mois de février sont presque similaires entre les différentes chambres respirométriques.

Il se dégage de l'analyse de variance que les flux moyens de CO<sub>2</sub> dégagés dans chacune des périodes de mesure sont significativement différents (p < 0,05). La différence observée entre les mois pourrait être expliquée par la disponibilité du substrat, de la température et de l'humidité du sol qui sont reconnues par plusieurs auteurs (Davidson *et al.*, 1998; Subke *et al.*, 2003; Davidson *et al.*, 2006; Xu et Qi, 2011) comme les facteurs qui influencent largement la variabilité temporelle et saisonnière des flux de carbone du sol.



La figure 2: La comparaison de flux de carbone moyen dégagés entre les différentes décharges publiques

La teneur du sol en carbone dépend des principaux facteurs à long terme de la formation du sol, mais elle peut être fortement modifiée, dégradée ou améliorée par les changements d'utilisation du sol et la gestion du sol comme observée dans d'autres régions en Afrique par d'autres chercheurs (Weber *et al.*, 2009; Jung *et al.*, 2011) et dans le monde (Law *et al.*, 2002; Luysaert *et al.*, 2007).

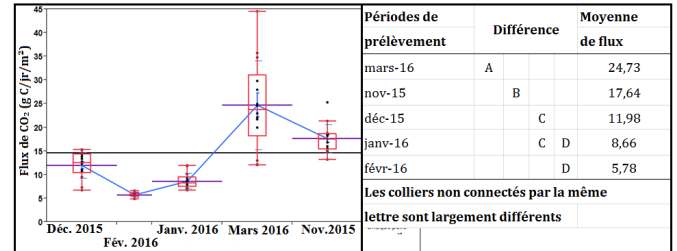


Figure 3: Variation temporelle des flux de CO<sub>2</sub> dégagés entre les différentes périodes de mesure

**Évolution de flux de CO<sub>2</sub> dégagés par les décharges publiques en fonction de leurs températures et humidités**

Au cours de cinq mois d'observation *in situ* (Novembre, Décembre, Janvier, Février et Mars), le mois de Février présente la température la plus haute que les autres mois, réduisant ainsi, l'humidité u sol. Par contre, le mois de Mars présente une température faible et occasionne une forte teneur en humidité à travers les différentes décharges publiques, suivi du mois de Novembre et de Décembre. La relation entre le flux de carbone dégagé dans chacune des différentes décharges publiques et la température de celles-ci est décroissante. Ceci signifie que le dégagement de flux de carbone de décharges publiques diminue avec l'augmentation de la température du sol. Cela revient à dire que les flux de carbone dégagés varient nécessairement avec l'augmentation de la teneur en eau du sol. Donc, la teneur en eau du sol explique jusqu'à 60% le dégagement de CO<sub>2</sub> des décharges publiques et les 40% restant seraient expliqués par d'autres facteurs non mesurés dans cette étude.

Comme l'on fait remarqué Hanson *et al.*, (1993) et Widen (2002), la température influe de manière prépondérante l'activité biologique notamment la croissance microbienne qui favorise la respiration hétérotrophe surtout au niveau des horizons de surface. Ces résultats sont en accord à ceux trouvés par Buchmann (1997) et Jansseus (1998) qui ont mené dans une coupe claire où la densité des arbres était nulle. Ils ont observé que la température du sol était très élevée et avait influencée significativement le dégagement de CO<sub>2</sub>. De nombreuses études ont montré qu'un grand nombre de facteur influencent sur la respiration, entre autre l'humidité du sol (Pargade, 2000). Buchmann (1997) a testé l'humidité du sol liée aux précipitations saisonnières et il a démontré que le flux de CO<sub>2</sub> dans le sol semble beaucoup plus important en saison sèche qu'en saison des pluies.

Nous constatons qu'en considérant la température de décharges publiques, il existe une corrélation forte entre les flux de CO<sub>2</sub> dégagés par les décharges publiques et la température au mois de mars avec une valeur de R= 0,62 et R<sup>2</sup> de 38 et la P-valeur de 0,0183\* qui montre une corrélation significative et atteste que la température a été un facteur explicatif de la respiration de ces décharges publiques pour ce mois de mars. Pour toutes périodes qui restent, les corrélations sont faibles et non significatives.

En considérant l'humidité de décharges publiques, nous constatons que la corrélation est forte entre les flux de CO<sub>2</sub> dégagés au mois de décembre (R=0,75; R<sup>2</sup>=0,57; P=0,0018\*), janvier (R=0,76; R<sup>2</sup>=0,58; P=0,0015\*), février (R=0,67; R<sup>2</sup>=0,45; P=0,0989) et mars (R=0,89; R<sup>2</sup>=0,79; P< 0,0001\*) et l'humidité de décharges publiques. Parmi lesquelles celles des mois de décembre, janvier et mars sont très significatives. Ceci atteste que l'humidité a été un facteur explicatif de la respiration de ces décharges publiques pour ces mois de décembre, janvier et mars.

#### Comparaison de nos résultats à ceux d'autres chercheurs

Il se dégage de l'analyse de comparaison de nos résultats à ceux d'autres chercheurs que nos résultats présentent une moyenne plus importante des flux de carbone, soit 14,9 g C/j/m<sup>2</sup> par rapport aux flux de carbone dégagé sous d'autres types d'occupations du sol et les différentes forêts. Les flux de CO<sub>2</sub> obtenus dans le cadre de notre étude, sont le double, le triple et le quadruple de ceux obtenus par d'autres chercheurs dans les écosystèmes forestiers. Ces résultats confirment que les décharges publiques sont des grands émetteurs de CO<sub>2</sub>.

Cette différence par rapport à d'autres occupations du sol peut s'expliquer par le degré de décomposition des immondices où la biomasse microbienne sont en permanence, en modifiant considérablement la morphologie de profil pédologique. Généralement, par les activités de fouissage ou de cimentation, par les transferts de sol qu'ils sont susceptible d'effectuer, par leur action sur la dégradation des débris végétaux et peuvent modifier la porosité, la structure, le pouvoir de rétention d'eau et la nature des éléments chimiques libre ou absorbés du sol qui favorise un fort dégagement de CO<sub>2</sub> correspondant à la rehumidification, et cela conditionne en effet la respiration du sol.

Ceci est soutenu par Ago *et al.*, (2015) et Abdi *et al.*, (2014) qui confirment que la quantité, la qualité et l'état de décomposition de matières organiques peuvent avoir une influence considérable sur la variation spatiale du dégagement de CO<sub>2</sub>. Cette variabilité peut aussi être expliquée par les différents facteurs biotiques tels que la biodiversité du sol et surtout la biomasse microbienne et le type de population qui la compose (Ago *et al.*, 2015) et abiotiques tels que la texture et la porosité du sol (Grace *et al.*, 2014).

**Tableau 1: Analyse de corrélation entre les flux de CO<sub>2</sub> dégagés par les décharges publiques en fonction de leurs températures et humidités du sol**

Périodes de prélèvement	Température du sol			Humidité du sol		
	R	R <sup>2</sup>	p-valeur	R	R <sup>2</sup>	p-valeur
Novembre 2015	0,17	0,029	0,557	0,36	0,13	0,2125
Décembre 2015	0,48	0,23	0,0836	0,75	0,57	0,0018*
Janvier 2016	0,25	0,064	0,3835	0,76	0,58	0,0015*
Février 2016	0,077	0,0060	0,8690	0,67	0,45	0,0989
Mars 2016	0,62	0,38	0,0183*	0,89	0,79	< 0,0001*

**Tableau 2: Comparaison de nos résultats à ceux d'autres chercheurs**

Sites	Méthodes	Types de prélèvement	Flux de CO <sub>2</sub>	Références
IFA et FAC.Medé	Chaux sodée	Décharges publiques	14,95	Présente étude
Yoko	Chaux sodée	Forêt secondaire	4,358	Wetowabo 2014
Yoko	Chaux sodée	F.monodominante à Gilbert	7,92	Mbumba 2015
Masako	Chaux sodée	Jullbernadia seretii	5,08	Ngobe 2014
Masako	Chaux sodée	Garcinia punctata	4,604	Ngobe 2014
Masako	Chaux sodée	Brachystegia laurentii	4,132	Ngobe 2014
Zoo	Chaux sodée	Millettia laurentii	6,9	Ongambo 2014
Zoo	Chaux sodée	Terminalia superba	6,27	Ongambo 2014
Scolastica	Chaux sodée	Eucaluptus camaldulensis	7	Mupenda
Zoo	Chaux sodée	Plantation	5,491	Ndongo2016
Zoo	Chaux sodée	Jachère jeune	3,921	Ndongo 2016
Zoo	Chaux sodée	Sol nu	1,845	Ndongo 2016
Masako	Chaux sodée	Gilbertiondendron dewevre	5,098	Molanga 2015
Masako	Chaux sodée	Millettia laurentii	5,01	Molanga 2015
Masako	Chaux sodée	Cleistanthus milbraedii	4,74	Molanga 2015
Yoko	Chaux sodée	Forêt mixte	4,918	Boika 2014

## CONCLUSION

A la fois les sols et l'utilisation du sol doivent être utilisés pour déterminer les stocks de carbone du sol. Les facteurs liés au sol sont importants comme les facteurs liés au climat, pour expliquer le stockage de carbone sur des longues périodes de temps, les changements dans la végétation ou l'utilisation des terres déterminent les variations de carbone à court terme.

La quantité des flux de carbone dégagée par les décharges publiques est potentiellement importante par rapport à d'autres types d'occupation du sol et sont corrélés positivement à l'humidité pondérale et à la température.

Cependant, il reste bien des aspects nécessaires des études et des recherches plus approfondies. Au-delà de l'amélioration de carbone de la compréhension des échanges de carbone dans les écosystèmes, l'amélioration des modèles de prédiction des évolutions des flux dans le contexte de variabilité climatique constituera également l'un des points importants à aborder, notamment d'étendre la présente étude sur une période d'une année et dans toute la ville de Kisangani en vue d'évaluer le dégagement des flux de CO<sub>2</sub> sur une échelle spatiale et temporelle plus large et d'estimer d'autres mécanismes explicatifs de la respiration du sol par exemple les stocks de carbone, le pH, la densité et la biomasse des organismes décomposeurs comme les vers de terre. Ceci permettra de mieux clarifier les causes des variabilités spatio-temporelles, les différents facteurs pédo-climatiques et les principaux mécanismes responsables.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdi, A. M., Seaquist, J., Tenenbaum, D. E., Eklundh, L., & Ardö, J. (2014). The supply and demand of net primary production in the Sahel. *Environmental Research Letters*, 9: 094003.
- Ago, E. E., Serça, D., Agbossou, E. K., Galle, S., & Aubinet, M. (2015). Carbon dioxide fluxes from a degraded woodland in West Africa and their responses to main environmental factors. *Carbon balance and management*, 10: 1-16.
- Ago, E. E., Agbossou, E. K., Ozer, P., & Aubinet, M. (2016). Mesure des flux de CO<sub>2</sub> et séquestration de carbone dans les écosystèmes terrestres ouest-africains (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 20: 1-15.
- Ajonina, G. N., Ago, E. E., Amoussou, G., Mibog, E. D., Akambi, I. D., & Dossa, E. (2014). Carbon budget as a tool for assessing mangrove forests degradation in the western, coastal wetlands complex (Ramsar Site 1017) of Southern Benin, West Africa. In *The Land/Ocean Interactions in the Coastal Zone of West and Central Africa* (pp. 139-149). Springer, Cham.
- Boika, M. (2014). Étude de flux de carbone du sol dégagé en saison sèche et pluvieuse en peuplement mixte dans la Réserve forestière de Yoko à Kisangani en RD Congo. Mémoire inédit FSA, 63p.
- Butnor, J.R., Jonhsen, K.H., Maier, C.A. (2005). Soil properties differently influence estimates of soil CO<sub>2</sub> efflux from three chamber-based measurement systems. *Biogeochemis* 73: 283-301.
- Buchmann, N., Guehl, J. M., Barigah, T. S., & Ehleringer, J. R. (1997). Interseasonal comparison of CO<sub>2</sub> concentrations, isotopic composition, and carbon dynamics in an Amazonian rainforest (French Guiana). *Oecologia*, 110: 120-131.
- Eduard N. (1989). The use of sedan line for measuring respiration rates in terrestrial ecosystems. *Pedologist*, 23:319-325.
- Grace J., Mitchard E. & Gloor E., (2014). Perturbations in the carbon budget of the tropics. *Global Change Biol.*, 20: 3238-3255.
- Garcia, R. L., Demetriades-Shah, T. H., Welles, J. M., McDermitt, D. K., & Norman, J. M. (2004). Measurements of Soil CO<sub>2</sub> flux. Poster on [http://www.licor.com/env/pdf/photosynthesis/Meas\\_of\\_Soil\\_CO2\\_Flux.pdf](http://www.licor.com/env/pdf/photosynthesis/Meas_of_Soil_CO2_Flux.pdf).
- Gbelu, K. (2012). Caractérisation spatiale et temporelle de la respiration du sol en forêt mixte dans la réserve forestière de YOKO/P.O. en R.D Congo. Mémoire inédit IFA Ybi, 44p.
- GIEC (2013). Changement climatique 2013: les éléments scientifiques. Résumé à l'intention des décideurs. Genève, Suisse: GIEC.
- Hanson, P. J., Wullschlegel, S. D., Bohlman, S. A., & Todd, D. E. (1993). Seasonal and topographic patterns of forest floor CO<sub>2</sub> efflux from an upland oak forest. *Tree physiology*, 13: 1-15.
- IPCC (international panel on climate change), (2007). Synthesis Report-contribution of working Groups, I, II and III to the Fourth assessment Report of the intergovernmental panel on climate. IPCC, Genève, Suisse, 104p.
- Payeur-Poirier J. L. (2011). Flux de CO<sub>2</sub> d'une chronoséquence d'écosystèmes d'épinette noire de la forêt boréale de l'Est de l'Amérique du Nord.
- Mbumba, M. (2012). Etude de la respiration du sol en forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* dans la réserve forestière de YOKO/P.O. en R.D Congo. Mémoire inédit IFA Ybi, 44p.
- Ndongo, (2016). Estimation de flux diurne, nocturne et cumulé de carbone du sol dégagé sous les trois types d'occupation du sol dans le Jardin Zoologique de Kisangani en RD. Congo, 2p.
- Okungo, L. (2011). Multiplication rapide de *Xanthosoma agittifolium* et évaluation de matériel de propagation dans les conditions agro-écologiques de Kisangani. Thèse inédite, IFA-Yangambi, 178p.