



ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, UNIVERSITAIRE ET RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE KISANGANI

« UNIKIS »

B.P. 2012
KISANGANI

FACULTE DE GESTION DES RESSOURCES
NATURELLES RENOUVELABLES
« FGRNR »

Option : Eaux et Forêts

**Estimation de flux entrant et sortant du carbone
du sol sous les peuplements à
Eucalyptus camaldulensis et *Millettialaurentii* (De
Wild.) plantés dans la ville de
Kisangani.(P.Tshopo/RD Congo**

Par

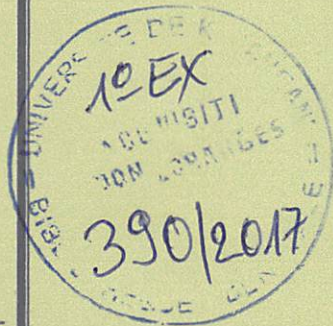
Fiston MASUDI SAIDO

MEMOIRE,

**Présenté et défendu en vue de l'obtention du grade
d'INGENIEUR AGRONOME**

Encadreur : Ass. Ir. Albert ANGBONGA BASIA

Directeur : Pr. Dr Hippolyte NSHIMBA



L'adage lega dit je cite : « kwendile wa mulume buza obobe » fin de citation.

Pas de mensonge là où l'homme niche.

Dédicace

A vous notre pauvre Père Victor MASUDI BITANGALO pour tant de privation et efforts consentis pour notre scolarité sans relâche malgré votre disparition sur terre.

A vous notre chère Maman Germaine NGUMBI AWEZAI, pour tes reproches, conseil, chaleur maternelle et affection envers nous.

A vous, ma fille Francine MASUDI pour le long moment de séparation

Fiston MASUDI SAIDO

Remerciements

Tout chemin suivi par une personne marque un épisode de son histoire.

Nous pensons que la réalisation d'une œuvre de telle envergure ne peut être personnelle. C'est la raison et une obligation pour nous de penser aux personnes qui ont permis la réalisation de cet œuvre combien si honnête en terme de nos sincère gratitude.

A l'éternel Dieu très haut Tout-Puissant, maître de temps et de circonstance qui, pour sa grâce sans pareil en nous accordant son souffle de vie sans lequel la réalisation du présent travail n'allait être qu'une utopie.

Nos remerciements s'adressent sincèrement aux autorités académiques, administratives et les enseignants de l'Université de Kisangani en nous accordant une formation de qualité nous permettant de finir avec privilège ce parcours

D'une manière particulière, nos sincères, vives et chaleureux remerciements à l'éminentissime, l'élève de connaissances de manière continue et soutenue, le Professeur HIPPOLYTE NSHIMBA pour avoir accepté la direction de ce travail, malgré ses multiples occupations.

Nos vifs remerciements s'adressent également à l'assistant Albert ANGBONGI, pour l'encadrement afin que ce travail se réalise.

Nous serons ingrats sans remercier Monsieur Baudouin FERUZI et MARIE BORA pour leurs efforts consentis pour l'achèvement de ce long parcours Universitaire.

A notre oncle Benoit BWASEMBE et Marie MUBAKE pour leurs amour, conseil malgré les multiples difficultés financières ils n'ont jamais été indifférents à notre égard au cours de notre formations qu'ils trouvent ici les sentiments de nos affectueux remerciements.

Nos expressions de gratitude à nos frères et sœurs ainsi que nos membres de familles Pascal MUTENGEZIBWA, Tante Henriette BIKUGI Tante Lyliane Lea, tante Faty KAPIKA, Jean Paul KIKUNI, Placide BWASEMB, Françoise AMUNAZO, Augustin MASUDI, Opportune MASUDI, Fabrice MASUDI, Solange MASUDI, Véronique MASUDI, Sylvie MASUDI, Mamy SELA, Jean papin El ARADJABU, BMD Daniel, Imelda SABINA, Dethia TABEGEZYA, Merveille SABINA, Marie MUBAKE, Christ vie MUNYANGE, Couple OMARI MISENGA, pour leurs soutiens tant moral que matériel.

Nos remerciements s'adressent également à nos amis et compagnons de lutte Elvire SAFI, Judith KAHINDO, Julie BORA, Evariste BOSHABE, Jeanne ASSINA, Myriam LOSA, EROL ASSANI, APOTA, Yve MWANGO, KS SUNGA pour le temps qu'on a partagé ensemble dans l'auditoire.

Que toute personne de loin ou de près, qui, par oubli ne figure pas sur cette litanie ne se sent pas l'aisée qu'elle trouve ici nos sentiments les plus déférents de remerciements.

Fiston MASUDI SAIDO

RESUME

Ce travail qui porte sur estimation de flux entrant et sortant du carbone du sol dans les peuplements artificiels à *Millettia laurentii* et *Eucalyptus camaldulensis*

L'objectif général assigné à ce travail était d'estimer les émissions de CO₂ du sol et les chutes de litières sous les peuplements à *Millettia laurentii* planté au Jardin Zoologique et *Eucalyptus camaldulensis* en Jeune plantation au Scolasticat

La méthode à Système fermé statique de chambre d'absorption chimique du CO₂ par la chaux sodée était utilisée dans notre investigation pour mesurer la respiration du sol. A l'issue de cette investigation, il a été constaté que :

- ✓ Les peuplements à *Eucalyptus camaldulensis* et *Millettia laurentii* varient étroitement avec la teneur en eau du sol étant donné leur coefficient de corrélation respectifs de 0,68 et 0,58. Ceci signifie que si le sol sous les deux plantations est moins humide, il dégage généralement moins de carbone. Par contre, lorsque ce sol est plus humide, il dégage généralement plus de carbone.
- ✓ les retombées aériennes totales l'apport en biomasse foliaire est plus importante suivi de fruits et fleurs et en fin les brindilles. Ces retombées foliaires demeurent plus importantes au mois de Septembre, décembre et janvier et moins importantes au mois d'octobre. Par contre La chute de fruits et fleurs, sont importantes aux mois de décembre et faibles au mois de février. En fin, la chute de brindilles est importante au mois de septembre et janvier et reste faible et stationnaire pour le mois d'Octobre, Novembre, Décembre et Février reste faible et stationnaire.
- ✓ La comparaison des moyennes des flux de carbone dégagés par le sol sous le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*, confirme d'une manière générale que ces flux moyens ne varient pas spatialement d'une chambre respirométrique à une autre.

Mot clé : Flux Carbone, Température du sol, Biomasse aérienne,

SUMMARY

This work is about evaluation of incoming and retiring flux of the soil carbon in the artificial populations to *Millettia laurentii* and *Eucalyptus camaldulensis*

The general objective assigned of this work was to estimate the broadcasts of CO₂ of soil and the falls of litters under the populations to *Millettia laurentii* planted to the Zoological Garden and *Eucalyptus camaldulensis* in Young plantation to Scolasticat

The method to static firm System of room of chemical absorption of the CO₂ by the lime sodée which was used in our investigating to measure the soil's breathing which allowed us to verify:

"populations to *Eucalyptus camaldulensis* and *Millettia laurentii* vary closely with the content in water of soil considering their coefficient of interrelationship respective of 0,68 and 0.58. This means that if soil under the two plantations is less humid, it generally clears less carbon. Other hand, when this soil is more humid, it generally clears more carbon.

"the Total aerial repercussions, the contribution in biomass foliaire is more important follow-up of fruits and flowers and in end the twigs. These repercussions foliaires stay more important in the month of September, December and January and less important in the month of October. The fall of fruits and flowers on the other hand, are important in the months of December and January. In end, the fall of twigs is important in the month of September and remains weak and stationary for the rest of month.

"The analysis of comparison of the averages of the carbon flux cleared by soil under the population to *Eucalyptus camaldulensis* and to *Millettia laurentii*, confirm in a general manner that these middle fluxes don't vary spatially from a respirométrique room to another.

Key word: Flux Carbon, Temperature of soil, aerial Biomass,

Listes des figures

Fig.1 Carte de l'aménagement de Jardin Zoologique.....	13
Fig.2 : Carte de Kisangani et ses environs	16
Fig. 3: Installation des collecteurs de litière	24
Fig. 4 : Collecte mensuelle des retombées aériennes	25
Fig. 5 : Triage de retombées aériennes	26
Fig. 6 : Pesée des retombées aériennes	26
Figure 7 : l'installation des chambres respirométriques	27
Fig.8 : Pesée du poids sec de boîtes de Pétri	28
Fig.9 : Pesée poids sec de boîtes de Pétri +Chaux	28
Fig. 10: Aspersions de 8 ml d'eau	29
Fig. 11 dépôt de la chaux sodée dans la chambre.....	29
Fig.12: Retrait de la chaux sodée.....	30
Fig.13 et relier la boîte de Pétri.....	31
Fig. 15 : Mesure de la température du sol.....	32
Fig. 16 : Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	34
Fig. 17 : Variation spatiale de CO ₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement.....	35
Fig. 18: Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement de <i>Millettia laurentii</i>	36
Fig. 19 : Variation spatiale de CO ₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement	37
Fig. 20 : Variation temporelle de CO ₂ dégagé par chacune des périodes de mesure en fonction de chambres respirométriques sous <i>Eucalyptus</i>	38
Fig. 21 : Variation temporelle de CO ₂ dégagé par chacune des périodes de mesure en fonction de chambres respirométriques sous <i>Millettia</i>	39
Fig. 22 : Variation temporelle de CO ₂ moyen dégagé par chacune des périodes de mesure.....	40
Fig.23 : Relation entre la respiration du sol et l'humidité du sol sous les peuplements d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et de <i>Millettia laurentii</i>	41
Fig.24 : Evolution de flux de carbone dégagé par le sol en fonction de température du sol sous les deux peuplements.	42
Fig.25 : Chute de litières sous le peuplement d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	43
Fig. 26 : Chute de litières sous le peuplement de <i>Millettia laurentii</i>	44
Fig. 27: Variabilité spatiale de flux sortant de carbone du sol sous le peuplement à <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et à <i>Millettia laurentii</i>	45

Fig. 28: Variabilité temporelle de flux sortant de carbone du sol sous le peuplement à <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et à <i>Millettia laurentii</i>.....	47
Fig.30 : Comparaison de flux sortant dans le sol via la respiration du sol entre les saisons et entre les deux peuplements.....	49
Fig. 31 : Comparaison de flux entrant dans le sol via les retombées aériennes entre les saisons et entre les deux peuplements.....	50

Liste Des Tableaux

Tableau 1 : Comparaison multiple des moyennes des émissions de CO ₂	48
Tableau 2 : Analyse de corrélation entre la teneur en eau et la température du sol et le CO ₂ respiré par le sol	56

1. INTRODUCTION

1.1. PROBLEMATIQUE

Depuis la signature des accords de Kyoto, le cycle du carbone et son stockage par les écosystèmes forestiers suscitent de nombreux intérêts et problématiques environnementaux et économiques. L'émission de CO₂ par le sol étant une composante importante des flux de carbone dans les écosystèmes forestiers, une connaissance approfondie de la respiration du sol s'avère nécessaire. Ce phénomène de respiration au niveau du sol résulte d'une part de la respiration racinaire « composante autotrophe » et d'autre part de l'activité des organismes décomposeurs de la litière « composante hétérotrophe » (Pargade, 2000).

De nombreuses études ont montré qu'un grand nombre de facteurs influent sur la respiration du sol. En milieu tempéré, la température est le premier facteur de variabilité de l'émission de CO₂ par le sol (Fang, 1998). En zone tropicale, où les variations de température sont nettement plus tamponnées au niveau du sol, ce facteur influe peu (étudiants FTH, 2001).

L'humidité du sol (Pargade, 2000) et la topographie (étudiants FTH, 2001) sont des facteurs importants de la respiration du sol. Certains facteurs agissent particulièrement sur la composante autotrophe du phénomène ; c'est le cas notamment de la densité et de la taille des racines (Janssens, 1998).

L'accroissement des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère est maintenant reconnu comme principale cause de changement climatique qui, selon plusieurs études, se traduit par une augmentation de la température terrestre et de la présence d'événements météorologiques extrêmes ; ainsi qu'une élévation du niveau des océans.

Ce déséquilibre est si important et si considérable et qu'il serait important de quantifier la part encore mal connue de flux de carbone entrant et sortant à l'interface sol-végétation de nos écosystèmes forestiers en général et de l'espèce *Eucalyptus camaldulensis* en jeune plantation et *Millettia Laurentii* en particulier, afin de connaître leur niveau d'émissions de carbone vers l'atmosphère et leur apport en chute de litières (Miles, 2004).

Les plantations forestières sont actuellement reconnues comme un moyen efficace pour accroître le stockage de carbone. Par photosynthèse, les arbres peuvent capturer les flux considérables de CO₂ et les stocker sous forme de bois et ainsi, les produits bois sont des stocks de carbone plutôt que les sources de carbone; ils retiennent le carbone tout au long de leur cycle de vie. (Montagnini et Nair, 2004 cités par Ebuy, 2009).

Les litières aériennes et souterraines conditionnées par la production, la décomposition des feuilles et des racines, alimentent la matière organique du sol et constituent des apports de carbone dans le sol.

La phénologie, la croissance, la mortalité, la composition physico-chimique des litières ainsi que la variation spatio-temporelle de l'essence *Eucalyptus camaldulensis* et *Millettia laurentii*, modifient les teneurs en carbone et donc le bilan de carbone sol-végétation (Vitouser, 1984).

Etant donné une connaissance non approfondie sur le cycle de carbone dans nos écosystèmes forestiers, l'étude de flux de carbone entrant et sortant de carbone de l'essence *Eucalyptus camaldulensis* en jeune plantation et *Millettia laurentii* à Kisangani, précisément dans la commune Makiso en République Démocratique du Congo; contribue donc à l'estimation du bilan partiel du cycle de carbone forestier et plus précisément en plantation..

Pour ce faire, cette étude s'avère intéressante, étant donné qu'elle quantifie et évalue le flux de carbone et la biomasse sèche des espèces *Eucalyptus camaldulensis* et *Millettia Laurentii* ciblées en plantation via les retombées aériennes, la respiration du sol, la température du sol, l'humidité du sol et la pluviométrie de six mois d'expérimentation qui soulève quelques questions de recherche fondamentales que voici :

- ✚ Les émissions de CO₂ du sol et la chute des litières varient-elles entre les différents types de peuplement étudiés en plantation?
- ✚ Existe-t-il un effet de saisonnalité de flux de carbone et de chute de litières dans les peuplements étudiés ?
- ✚ Comment varient la température et l'humidité du sol sous les plantations à *Millettia laurentii* et *Eucalyptus camaldulensis* ?

1.2.HYPOTHESES

Eu égard à nos questions de recherche, trois hypothèses sont formulées pour être testées dans le présent travail.

1. Le flux de carbone varie spatialement entre les différents espèces en plantation et celui dégagé par les chambre respirométriques ;
2. La part de flux en saison pluvieuse est plus importante par rapport à la saison sèche et l'humidité du sol influence plus le flux de carbone du sol que la température du sol ;
3. La variabilité des retombées aériennes est différente entre les deux espèces en plantation et influence de ce fait, la température ainsi que l'humidité

1.3. Objectifs

1.3.1. Objectif général

L'objectif général assigné à ce travail est d'estimer les émissions de CO₂ du sol et les chutes de litières sous les peuplements à *Millettia laurentii* et *Eucalyptus camaldulensis* en plantation au Zoo et au Scolastica.

1.3.2. Objectifs spécifiques

- Mesurer les émissions de CO₂ du sol au sein de diverses chambres respirométriques et la chute des litières sous les peuplements à *Millettia laurentii* et *Eucalyptus camaldulensis*,
- Quantifier ces émissions de CO₂ du sol durant les périodes sèche et humides dans les deux peuplements en plantation ;
- Mesurer conjointement la température et l'humidité du sol à partir du mois de septembre jusqu'au mois de février.

1.4. But du travail

Le but ultime de ce travail est d'évaluer les flux de carbone entrant et sortant dans le sol, leur variabilité spatiale et temporelle, en vue d'une approche comparative entre les deux peuplements et entre les saisons (humide et sèche) sous *Eucalyptus camaldulensis* et *Millettia laurentii* en plantation dans la ville de Kisangani.

1.5. Intérêt du travail

Sur le plan scientifique, cette étude quantifie le flux de carbone entrant et sortant dans le sol, afin de comprendre la dynamique de carbone au sein de ces deux peuplements à l'interface sol-végétation.

Sur le plan pratique, ce travail constitue une base des données pour d'autres chercheurs dans les cadres scientifiques ; ceux qui veulent travailler dans le domaine de flux de carbone en plantation forestière.

1.6. Subdivision du travail

Ce travail comporte, hormis l'introduction, quatre chapitres dont le premier parle des généralités sur la respiration du sol et les retombées aériennes, le deuxième expose les milieux, matériels et méthodes, le troisième présente les résultats et le quatrième discute ces résultats, puis une conclusion et quelques suggestions mettront fin à cette étude.

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

1.1.LA RESPIRATION DU SOL (EMISSIONS DE CO₂ DU SOL)

La respiration du sol correspond au flux de CO₂ libéré à l'interface sol-atmosphère. C'est le principal mécanisme de transfert de carbone du sol vers l'atmosphère et il est l'un des principaux composants du cycle de carbone. Par conséquent, la respiration du sol est la somme des activités qui résultent d'une part, de la respiration racinaire et d'autre part de l'activité des microorganismes décomposeurs. (Gaëlle, 2006; Kouilou, 2006).

1.2.2. Respiration hétérotrophe

La respiration hétérotrophe du sol est le processus par lequel, le CO₂ est libéré suite à la minéralisation (décomposition) de la litière et de la matière organique du sol, sous l'action des microorganismes qui y vivent (Pauline *et al.*, 2010).

1.2.3. Respiration autotrophe

C'est le phénomène qui résulte de la respiration racinaire et de l'activité des symbiotes associés car la respiration est liée à l'apport de matière organique (litière et racines mortes) et donc à la productivité primaire locale (Eric *et al.*, 2002).

1.2.4. Facteurs influençant la respiration du sol

Comprendre les facteurs qui influencent la respiration du sol, s'avère capital parce que des petits changements sur la respiration du sol peuvent considérablement affecter d'une part la concentration atmosphérique de CO₂ et d'autre part le stock de carbone du sol. Un grand nombre de facteurs biotiques comme abiotiques influencent directement et indirectement la respiration du sol, parmi lesquels nous pouvons citer: facteurs édaphiques, facteurs biologiques et les facteurs climatiques (Janssens, 1998, Calvet, 2003, Gaëlle, 2006). La température et l'humidité en sont les facteurs climatiques les plus considérés dans beaucoup d'études effectuées (Fang, 1998).

1.2.4.1. Facteurs climatiques (température et humidité)

La variation de la température de l'air peut avoir une influence sur les variations journalières, saisonnières et même interannuelles du milieu ; elle peut aussi avoir un effet considérable sur l'activité photosynthétique d'un couvert végétal. Les organismes telluriques exigent des températures maxima, optima et minima.

L'humidité des litières et la teneur en eau du sol favorisées par les précipitations affectent la respiration du sol. Par l'humidité absolue, on entend les grammes de vapeur d'eau contenus dans un mètre cube d'air, tandis que l'humidité relative résulte d'un rapport de la pression effective de la vapeur d'eau, à la pression maximale. L'eau est responsable de la solubilisation des éléments nutritifs, assurant leur transport et celui des produits de synthèse au sein des organismes (Pagnade, 2000).

1.2.8. Variabilité de la respiration du sol

A l'échelle mondiale, la respiration du sol est caractérisée par une forte variabilité à la fois spatiale et temporelle (Liyang et al., 2004), la respiration annuelle varie en moyenne de 60g/cm²/an à presque 700g/cm² /an, en fonction de l'écosystème et de la latitude (Reich et Schelling, 1992 ; Gaëlle, 2006).

Considérant les facteurs influençant la respiration du sol, la respiration diurne et nocturne du sol ne sont pas les mêmes au regard de nombreuses études qui ont été menées là-dessus (Scotland et al., 2004). En effet, le flux nocturne prend des valeurs faibles que le flux diurne (Gaëlle, 2006).

1.8.2. Méthodes de mesure de CO₂

De nombreuses méthodes sont utilisées pour mesurer le flux de CO₂ du sol. Le choix d'une méthode appropriée dépend prioritairement de besoins d'échantillonnage spatial et temporel, de ressources et équipements disponibles.

D'autres recherches mesurent la respiration du sol par le système de mesure sans chambre (méthodes micro-météorologiques et méthodes de profil), système de mesure avec chambre (système ouvert ou fermé, dynamique ou statique) (Hanson et al, 1993 ; Livingston et Hutchinson, 1995 ; Dantec et al. ; 1999 ; Long et al., 2000 ; Tang et al., 2003 ; Bolstad et al., 2004 ; Takahashi, 2004), technique par covariance de turbulence, par gradient de concentration en CO₂ de l'air du sol et par accumulation de turbulence (Moncrieff et al., 1997 ; Jassal et al., 2004).

1.8.2.1.6. Système ferme statique

La technique de la chambre d'absorption chimique du CO₂ par la chaux sodée semble être l'une des méthodes les plus utilisées pour mesurer la respiration du sol et la méthode la plus pratique pour les mesures sur le terrain, de par son faible coût, du fait qu'elle ne nécessite pas d'équipements très coûteux, sa remarquable facilité d'utilisation, et plus particulièrement appropriée à répondre à l'incertitude des variabilités spatiale et temporelle dans l'estimation du flux de CO₂ du sol (Edwards, 1982 ; Howard, 1996 ; Keith *et al.*, 1997 ; Janssens et Ceulemans, 1998).

C'est la raison pour laquelle les scientifiques du monde entier ont eu recours à elle (Grogan, 1998). La chaux sodée est un mélange d'hydroxyde de sodium (NaOH) et d'hydroxyde de calcium (CaOH₂) sous forme de granulés (Kleber et Stahr, 1995 ; Keith *et al.*, 1997 ; Janssens et Ceulemans, 1998).

En revanche, ces techniques présentent des faiblesses du point de vue de la précision :

- Quand le fixateur de CO₂ est saturé (la quantité à utiliser, car de plus petites quantités de chaux sodée entraînent une absorption incomplète du carbone) ;
- Quand la concentration dans la chambre devient inférieure à celle de l'atmosphère par le phénomène de diffusion, le risque de la fuite de CO₂ devient important, et
- Le temps relativement long d'exposition peut être à l'origine d'un réchauffement sous la chambre, affectant la respiration elle-même.
- En ce qui nous concerne, au regard de différents systèmes évoqués ci-dessus, le système fermé statistique utilisant la chaux sodée a été adopté en raison de son faible coût, et sa facilité d'utilisation.

Le principe est de piéger chimiquement, à l'aide d'une base, le CO₂ qui se dégage dans la chambre pendant une certaine période, puis d'estimer la quantité de CO₂ produite en tirant l'alcalinité résiduelle, et d'en déduire le flux de CO₂. On utilise la soude, la potasse ou la chaux sodée qui absorbe le CO₂ durant 24 heures sur le terrain et des analyses sont ensuite effectuées au laboratoire. La méthode utilisant la soude est une méthode la plus ancienne (Lundegardh, 1927).

Ces méthodes permettent donc une bonne caractérisation spatiale et temporelle de la respiration du sol, notamment dans les sites hétérogènes. Cette technique ne permet pas des mesures de flux instantanés, mais elle intègre le flux sur une période relativement longue et permet donc de prendre en compte les flux nocturnes.

1.8.3. Retombées aériennes

1.8.3.1. Définition

Les retombées aériennes se définissent comme toutes particules végétales et animales (feuilles, branches, brindilles, gros bois, écorces, fruits, fleurs, etc.) retournant au sol par l'action du vent, des pluies, de la carence hydrique et de quelques éléments minéraux et qui constituent une couche au niveau du sol appelée litière du sol (Amani, 2012).

La litière du sol est une source d'énergie des nutriments pour les organismes décomposeurs dans les écosystèmes forestiers. Sa chute constitue la voie majeure de retour de matière organique morte de la végétation aérienne vers le sol forestier et participe également à la mesure de la productivité primaire nette, considérée comme un indicateur du fonctionnement des écosystèmes (Dantas et Phillipson, 1989 ; Scott *et al.*, 1992). La fragmentation de litière conduit à une formation d'une couche des matières végétales mortes sur la surface du sol, tels que les feuilles, les bois, les organes de production, etc. plus ou moins décomposées appelées horizon O du sol (Moder *et al.*, 1983a ; Spain, 1984 Vitouser et Stanford, 1986 ; Gordon, 2000).

1.8.3.2. Origine des retombées aériennes

D'une manière générale, c'est en saison pluvieuse que la plus grande productivité des retombées aériennes se remarque, due à l'action du vent. La périodicité des retombées aériennes foliaires peut avoir deux différentes origines :

- Un rythme biologique, c'est notamment le cas lorsque les espèces à feuilles caduques sont dominantes,
- Des variations climatiques saisonnières.

Lorsque les retombées aériennes maximales des feuilles coïncident exactement avec la quasi-totalité des chutes des bois, il est logique d'expliquer la périodicité des retombées aériennes par un facteur climatique, en l'occurrence des vents (Schwartz *et al.*, 1988).

Les vents sont en effet faibles ou nuls pendant la saison sèche, tandis que pendant la saison pluvieuse, des tornades violentes précèdent souvent les orages. Bien que pendant la saison sèche, les vents soient faibles ou nuls, les essences caducifoliées peuvent échapper à ce rythme de chose et libèrent presque toutes les feuilles pour établir l'équilibre entre les racines et les feuilles. C'est le stade hivernal des essences d'arbres.

1.8.4. Cycle de carbone

1.8.4.1. Aperçu global

Le cycle de carbone est l'ensemble de transformations qui affectent le devenir de carbone dans les écosystèmes forestiers, le passage d'une phase à un autre est régi par une gamme de réactions chimiques ou biochimiques. Le cycle peut être biologique, lorsque le carbone est stocké par différents supports biologiques, y compris ceux du sol, qui font intervenir les microorganismes ou géochimiques pour le carbone stocké dans les roches et les combustibles fossiles (Bourgogne, 2008). Le carbone (CO₂) est un gaz incolore, inerte, non toxique, ni inflammable, ni explosif. Il est le principal gaz à effet de serre à l'état naturel avec la vapeur d'eau et sa durée de vie dans l'atmosphère est d'environ cent ans. Il est produit lorsque les composés carbonés sont brûlés en présence d'oxygène.

1.8.4.2. Stock de carbone des écosystèmes terrestres

Le cycle naturel de carbone dans le système terrestre peut être évalué en analysant la dimension, les flux d'échange et le temps de résidence d'un atome de carbone dans les différents réservoirs. Ainsi, par ordre de taille décroissant, on distingue :

- Un immense réservoir (> à 50 000 000 Gt) qui correspond aux sédiments et roches sédimentaires présents dans la lithosphère océanique ;
- Un réservoir de taille moyenne (39 000 Gt), constitué par les masses d'eau océaniques, superficielles et profondes ;
- Un réservoir de petite taille c'est-à-dire inférieure à 2 000 Gt, comprenant ; l'atmosphère, la biosphère (plantes, sols, animaux) (Allen et *al.*, 2005).

Plusieurs termes sont utilisés pour désigner l'entrée et la sortie de carbone organique du sol, notamment : stockage, séquestration, capture, piégeage, puits de carbone et source de carbone.

Les zones humides, en dépit de leur faible surface, renferment environ 10% du stock de carbone global, essentiellement dans le sol.

Les prairies pour une surface voisine de $1,25 \times 10^9$ ha renferment environ 12% du stock de carbone terrestre, essentiellement dans le sol également, avec 295 GTC.

Les terres cultivées, occupant 10% de la surface ne correspondent qu'à 5% du stock global, et la végétation ne renferme que 3 GTC (IPCC, 2001).

L'ensemble de forêts du globe occupe une surface supérieure à $4,10^9$ ha, équivalent à environ 30% de la surface totale. Le stock de carbone global de ces écosystèmes se situe aux alentours de 1200 GTC (IPCC, 2001 ; Robert et Saugier, 2003).

Les forêts tropicales renferment quant à elles, une grande quantité de carbone dans la végétation avec 60% du stock de la végétation des systèmes forestiers.

Le carbone du sol a deux origines principales :

- celle provenant de la sénescence de la biomasse végétale de l'atmosphère et assimilé par la voie photosynthétique, et
- le carbone issu de l'activité de micro-organisme du sol et plus rarement le carbone fossile peut provenir d'une roche-mère sédimentaire (Lamade, 1996).

Les sols contiennent de quantités considérables de carbone organique (Amundsen, 2001) et en constituent le principal réservoir terrestre (Schrumppf et *al.*, 2008).

Les sols sont soumis à des pertes de carbone importantes via les phénomènes de décomposition de la matière organique, d'érosion et de lessivage des composés organiques (Rees et *al.*, 2005).

1.1. 2. Le carbone dans la biosphère

Le carbone est l'un des éléments essentiels de la planète qui se présente à la fois sous forme minérale et organique.

Il existe trois grands réservoirs de carbone : l'atmosphère, les océans et la biosphère continentale (Rapport de GIEC, 1988). L'atmosphère contient environ 700 GT de CO_2 qui représente 0,04% de son volume (Rapport GIEC, 1988).

Les océans contiennent un pool stable de carbone piégé dans les sédiments de 30.000.000 GT, un pool labile de carbone en solution et dans la matière organique le réservoir des eaux profondes est de 39.000 GT et de 600 GT dans les eaux superficielles.

La biosphère continentale contient du carbone fixé dans les combustibles à l'échelle de 6.000 à 10.000 GT, et les réservoirs du carbone labile contenu dans le sol estimés à 1.100 GT et chez les êtres vivants à 700 GT (Campana, 1996 et Gaëlle, 2006).

Le carbone qui est l'une de composante de ces gaz est l'objet des échanges entre divers constituants terrestres, atmosphériques et océaniques qui forment le cycle global de carbone (Houghton et *al* in Campagna, 1996).

CHAP 2 MILIEU, MATERIEL ET METHODE

2.1. MILIEU

2.1.1. Situation géographique

Cette étude a été menée au Jardin Zoologique de Kisangani, l'un de site touristique de la ville. Ce site émerge une plantation d'arbre forestiers et quelques animaux qui sont domestiqués.

Ce jardin se situe dans la partie nord de la ville de Kisangani (rive droite de la rivière Tshopo) précisément à 4 km de la ville, district de la Tshopo dans la province de la Tshopo.

Il est borné à l'Est par la route Buta (du pont sur la 12^{ème} avenue du quartier du Zoo ; à l'Ouest par la localité BATIAMADUKA ; au Nord par la falaise MALKA et les cimetières de la rive droite et au Sud par la rivière Tshopo ; avec une superficie totale de 84 ha (Kadange.,1996).

Ce jardin qui était une propriété privée de l'A.S.B.L dénommé les amis de la faune et de la flore africaine (1951) est actuellement confié par l'Etat à l'Institut des Jardins Zoologiques et Botaniques du Congo (I.J.Z.B.C) en 1978 et est passée aujourd'hui, par les services des Eaux et Forêts du Ministère de l'Agriculture, de la présidence de la République et du Ministre de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme (ECNT), pour la sauvegarde de la faune et de la flore en milieu urbain et pour l'organisation adéquate de la gestion de tous les jardins du Congo par l'ordonnance présidentielle n° 78-215 du 5 Mai 1978(Paluku.,2006).

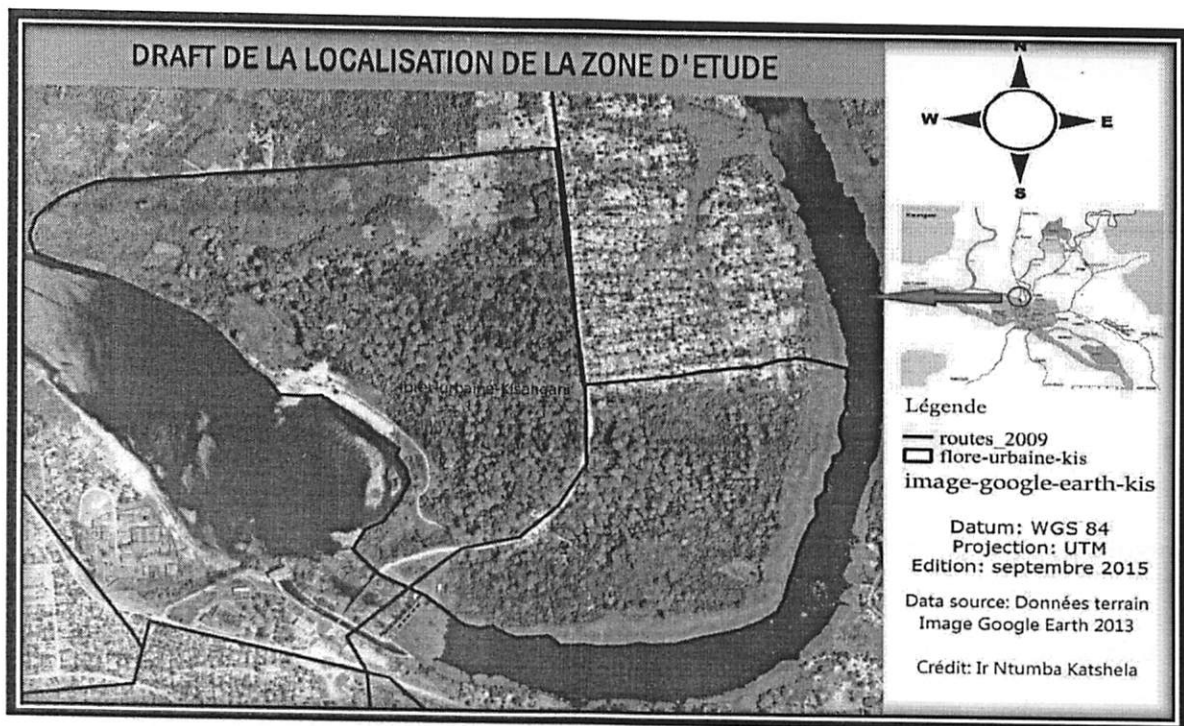


Fig1 : La carte de la flore urbaine de Kisangani. Source : Ntumba, 2015

La flore urbaine de Kisangani ($0^{\circ}36'N$ et $25^{\circ}13'E$) est située à environ 5 km de la ville de Kisangani, dans la direction N-E sur la route Buta dans la commune Tshopo qui est une entité administrative de la ville de Kisangani, dans l'actuelle province de la TSHOPO. Cette flore s'étend sur une superficie d'environ 120 ha, repartie de la manière suivante : 84 ha constituant le jardin zoologique et la boucle de la rivière Tshopo à peu près 40 ha de superficie (digitalisation sur l'image google eath géoréférencée). Il est une propriété du Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature, Eaux et Forêts, créée par l'ordonnance-loi, sous la juridiction de l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature (ICCN) pour le jardin zoologique ainsi que la coordination provinciale de l'environnement pour la boucle de la rivière Tshopo. Cette flore se trouve située en totalité dans une boucle formée par la rivière Tshopo qui fait une concavité tournée vers le Sud juste avant et après la chute de la rivière Tshopo.

La jeune plantation forestière des *Eucalyptus camaldulensis* au Scolasticat étant le site sur lequel s'est déroulée notre investigation, elle se localise dans la concession du Scolasticat, une propriété privée de l'Eglise Catholique, à caractères technique et scientifique, située dans le

entre 60 à 70 % et l'insolation est de 1972 heures, soit 45 % des radiations totales (MAMBANI, 1987). C'est donc un climat équatorial continental par excellence.

bloc Mutumbe, quartier plateau Boyoma, commune Makiso, ville de Kisangani en province Orientale, au Nord-est de la République Démocratique du Congo.

C'est une plantation de trois hectares, créée en 2009, dont la mise à pied de l'espèce a été rendue possible par le mode de plantation en quinconce, en respectant les écartements de 4,45 m entre les lignes et 3,65 m sur la ligne. La circonférence et les hauteurs moyennes de ce peuplement sur le terrain varient respectivement entre 60 et 70 cm de circonférence moyenne et 7 à 10 mètres de hauteur totale moyenne. (Mupenda, 2014)

La création de cette plantation avait comme but :

- De préserver le sol,
- D'enrichir le sol par les déchets d'humus;
- De préparer le terrain pour la future culture;
- De produire le bois de chauffage et
- De produire les semences.

2.1.2. Le climat

La ville de Kisangani jouit d'un climat équatorial du type Af selon la classification de Koppen. C'est un climat chaud et humide à température élevée et constante toute l'année. On y trouve des amplitudes thermiques faibles et la température moyenne oscille autour de 24 à 26°C ; les précipitations sont abondantes et réparties inégalement en deux saisons au cours de l'année :

- Septembre à Novembre : période de saison pluvieuse ;
- Décembre à Février : Période relativement sèche ;
- Mars à Mai : Période relativement humide ;
- Juin à Août : période relativement sèche

La ville de Kisangani subit une alternance de deux saisons, la saison relativement sèche et la saison pluvieuse. Les deux périodes sont séparées par deux autres périodes, intermédiaire de faible pluviosité. Les précipitations atteignent 1800 mm, il n'y a pas une saison sèche absolue. La hauteur des pluies du mois le plus sec est supérieure à 60 mm. L'humidité relative de l'air varie entre 80 à 90 % et l'insolation est de 1972 heures, soit 45 % des radiations totales (MAMBANI, 1987). C'est donc un climat équatorial continental par excellence.

2.1.3. Sol

Les sols de Kisangani appartiennent à l'ordre des oxisols selon « soilTaxonomy ». Ils sont caractérisés par la richesse en oxyde de fer et d'aluminium. La décomposition de grès et de schistes a fait naître les sols argileux lourds à grande rétention d'eau tandis que les formations de recouvrement ont occasionné le développement des sols généralement sableux ou sablonneux. Alors que Mambani (1988) classe les sols de Kisangani dans l'ordre des Oxisols ou Ferral sols. Ces sols sont caractérisés par une fertilité moyenne et renferment beaucoup de combinaisons à base de sable et ils sont pauvres en éléments assimilables par la plante et en humus (Mambaniop.cit).

2.1.4 Végétation

La classification phytogéographique du Congo proposée par Djele (1988), place l'ensemble de la ville de Kisangani dont la flore fait partie dans le district centro – oriental de la Maïko du secteur forestier central de Wildeman (1913) cité par Tsongo, 2015, domaine congolaise White (1979), région Gineo – Congolaise. Du point de vue chronologique, notre région fait partie du secteur forestier central de la région guinéenne. Le territoire étudié se rattache au district du bassin central de la R.D.Congo, domaine des forêts ombrophiles équatoriales. Mais, étant situé à la lisière du district nord–est de la R.D.Congo et sous l'influence édaphique et anthropique, ce territoire comprend un pourcentage élevé de types forestiers subéquatoriaux (Germain et Evrard, 1956).

Dans le jardin Zoologique nous avons quatre types de végétation dont une végétation à *Terminalia superba*, une deuxième à *Millettia laurentii*, une forêt marécageuse et une forêt secondaire, le reste de cette flore est déboisée. Une superficie totale de plus ou moins 120 hectares a été observé pour cette flore urbaine telle le renseigne la cartographie du milieu. Retenons que, ces 120 hectares de cette flore sont repartis en :

- La forêt marécageuse qui occupe 3.841 hectares ;
- La forêt à *Terminalia superba* : 34.276 hectares ;
- La forêt-secondaire : 11.909 hectares ;
- La forêt à *Millettia laurentii* : 21.93 hectares ; et

- Le reste de cette étendue est une zone non couverte soit une zone qui a subi un déboisement, ainsi donc, la transformation de celle-ci pour différents usages (agriculture, construction,...).

Lejoly et Lisowski (1978) cité par Watson R.T. 1995, classent les forêts de la région de Kisangani dans la catégorie des forêts ombrophiles sempervirentes équatoriales. Celles-ci sont caractérisées par une densité structurale et une stratification marquée.

2.1.5 Hydrographie

A l'exception du fleuve Congo et de ses affluents ; la Lindi et la Tshopo qui ont leurs lits plutôt à découvert, tous les autres cours d'eau aux environs de Kisangani coulent sous couvert forestier (Nyongombe, 1993).

Carte de Kisangani et ses environs (Google Earth 2004 modifié)

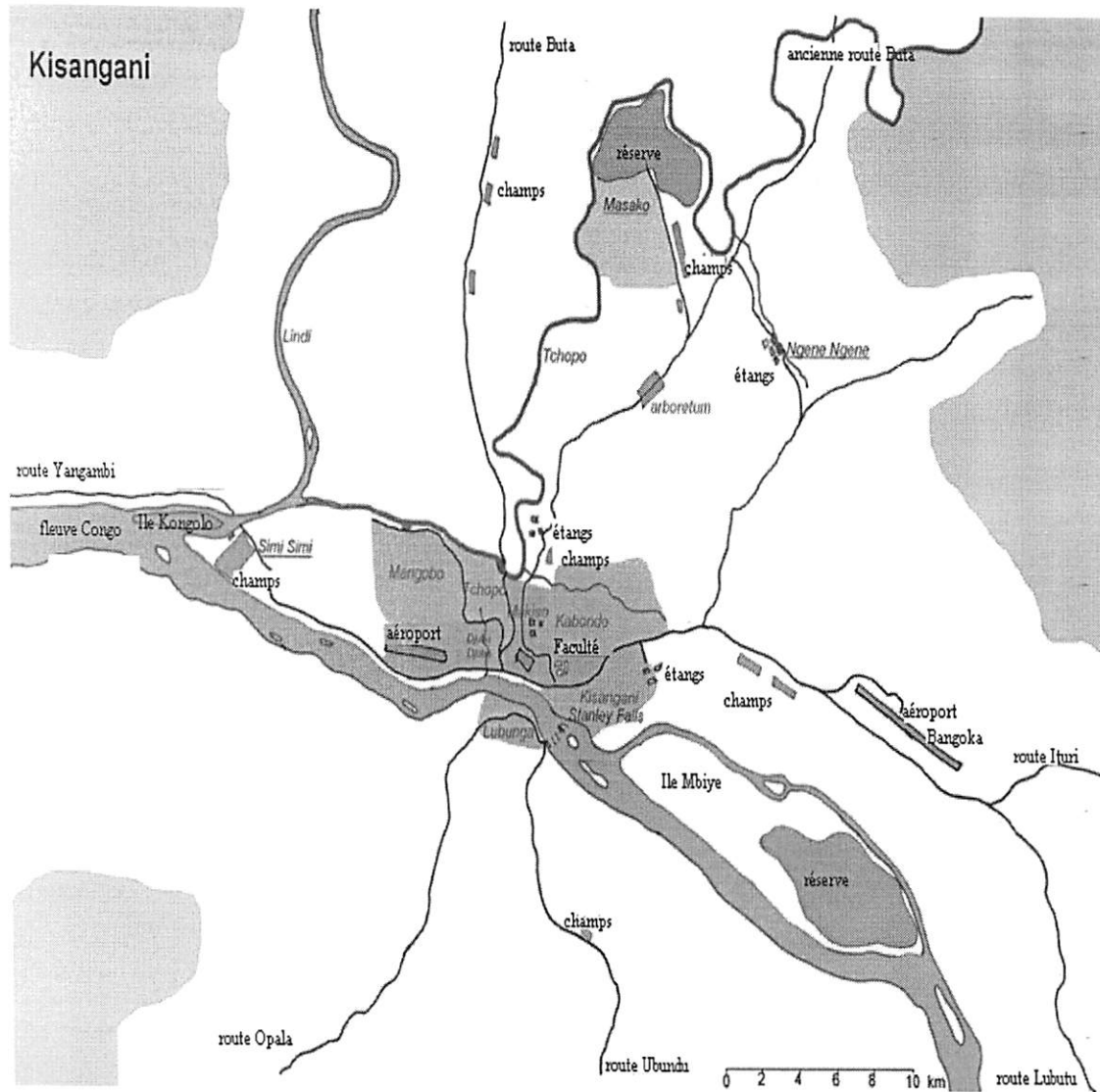


Fig.2 : Carte de Kisangani et ses environs

2.2. MATERIELS

2.1. MATERIEL NON BIOLOGIQUE

Les matériels non biologiques dont nous nous sommes servis sur le terrain et au laboratoire pour collecter les données de ce modeste travail sont les suivants :

- Un appareil photo numérique pour la prise des images des différentes observations sur le terrain et au laboratoire ;
- Une balance de précision pour la pesée des échantillons ;
- Des boîtes de Pétri pour les différentes mesures au laboratoire et pour l'incubation sur le terrain ;
- Un carnet, un stylo, un crayon pour la prise des notes des observations sur le terrain et au laboratoire ;
- La chaux sodée pour la capture de flux de CO₂ du sol ;
- Des clous pour fixer les collecteurs de litière sur les piquets ;
- Des collecteurs pour capturer les retombées aériennes ;
- Des cylindres de Kopecky pour extraire le sol en vue d'estimer la teneur en eau du sol ;
- Des dessiccateurs pour refroidir les échantillons prélevés et séchés ;
- Des enveloppes pour permettre le séchage des échantillons de retombées aériennes ;
- Une étuve pour sécher les échantillons ;
- Des fils nylons pour serrer la base de collecteurs ;
- Un galon pour mesurer la dimension des collecteurs ;
- Des gants pour éviter les toxicités des échantillons lors de tri et de prélèvement ;
- Une machette pour la coupe des piquets ;
- Un marqueur pour numéroter les boîtes de pétri, etc. ;
- Un marteau pour fixer les collecteurs, enfoncer les cylindres de Kopecky dans le sol ;
- Une moto pour le transport terrestre ;
- Un ordinateur pour le traitement de données et la saisie ;
- Des parafilms ou sparadraps pour seller hermétiquement les boîtes de pétri ;
- Des piquets et des rotins pour construire les collecteurs de litière ;

- Un pulvérisateur fin ou pissette pour mouiller la chaux sodée avant son exposition dans la chambre respirométriques sur le terrain ;
- Des sachets micro perforés pour sécher la composante ligneuse de retombées aériennes ;
- Des seaux considérés comme chambres respirométriques ;
- Un thermocouple (marque digital) pour la mesure de la température du sol ;
- Etc.

2.2. MATERIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique utilisé dans le cadre de cette recherche est la jeune plantation d'*Eucalyptus camaldulensis* et l'espèce *Millettia laurentii*.

2.2.1 DESCRIPTION DE PEUPLEMENT

2.2.1.1 *Eucalyptus camaldulensis*

L'*Eucalyptus* est une espèce originaire de l'Australie, Tasmanie, Nouvelle-Guinée, Malaisie au sud de Philippines, Indonésie. Etymologiquement ; le mot « *Eucalyptus* » vient du grec « Eu » qui signifie « Bon » et « Kalypto » qui signifie « Couvrir » car les pétales et les sépales sont soudés. Il est appelé « Gommier » car on fait allusion à la gomme résineuse rouge qu'il exsude quand il est blessé. L'*Eucalyptus camaldulensis* appartient à l'embranchement des Angiospermes, à l'ordre de Myrtales et à la famille de Myrtacées ; c'est un genre qui compte plus de 500 espèces dissimilées dans le monde (Www. Futura-sciences. Com./magazines.../d/botanique-eucalyptus-8065/).

Les *Eucalyptus camaldulensis* ont en majorité des feuilles persistantes couvertes des glandes à huile, dont le parfum caractéristique se répand après la pluie. Beaucoup d'espèces ont un feuillage aromatique avec des parfums différents ; elles ont la particularité d'avoir deux formes de feuilles selon leur âge ; sur l'arbre jeune, les feuilles sont très décoratives, ovales, oblongues à bleutées et opposées sur la tige, puis elles deviennent alternes, allongées, plutôt vertes sur l'arbre adulte.

Les feuilles des *Eucalyptus camaldulensis* présentent une caractéristique, celle de se positionner à la verticale par rapport aux rayons du soleil ; on pense que c'est une adaptation pour permettre la photosynthèse sur les deux faces, et pour limiter l'évapotranspiration. L'accumulation des feuilles mortes au pied des arbres est toxique à toute autre forme de

végétation, mais cela serait aussi le résultat d'un assèchement de la surface du sol autour de ces grands arbres gros consommateurs d'eau (Www. Plantes du sud. Com, Fiches conseil).

Les *Eucalyptus* sont généralement des grands arbres à fût droit; le tronc est dégagé sur une grande longueur ; l'écorce est très utile pour l'identification et la distinction entre des nombreuses espèces, car elle peut présenter des grandes différences dans son apparence : se décortiquant, dure, fibreuse, floconneuse, lisse ou possédant des profonds sillons ; elle est multicolore, caractérisée par un rhytidome persistant spécifiquement ayant des couleurs variables suivant les espèces.

Les fruits des *Eucalyptus* sont formés du développement du réceptacle ainsi que de l'ovaire qui s'y attache. Ils contiennent un nombre important d'ovules. Une partie de ces ovules seront fécondés par les grains de pollen distincts lors de la pollinisation, mais il ne le serait jamais en totalité. Après la fécondation, les graines vont se développer et faire grossir les fruits. Les fruits à maturité présentent la forme d'un cône renversé ou capsule ou en forme de coupe, ils sont secs et de couleur brune. Ils ont également des valves qui se soulèvent pour laisser échapper les graines lors de leur chute sur le sol. La plupart des espèces ne fleurissent pas avant l'apparition de feuillage adulte, sauf pour certaines espèces comme *Eucalyptus cinerea* et *Eucalyptus periniana*.

Un nombre élevé de semences de petite taille, procure à l'eucalyptus une importante aptitude de coloniser les terrains dénudés, même si les conditions y sont difficiles ; un nombre important de graines va mourir suite à ces conditions, mais quelques-unes vont survivre et perpétuer l'espèce (Www. Plantes du sud. Com, Fiches conseil).

Les fleurs nombreuses sont très particulières, car elles n'ont pas de pétales, mais des grandes étamines qui donnent cet aspect si particulier. Enfermées sous un opercule, les étamines doivent les soulever pour s'épanouir. La couleur des étamines est variable : blanche, crème, jaune, rose, rouge. La taille des fleurs varie également selon l'espèce et la pollinisation est assurée par les insectes attirés par les nectars. La floraison peut survenir à différentes périodes de l'année selon le climat (Www. Plantes du sud. Com, Fiches conseil).

Les *Eucalyptus* possèdent également des organes de sauvegarde souterrains appelés lignotubes, qui se présentent sous-forme de renflement à la base du collet racinaire ; ce sont des massifs cellulaires indifférenciés contenant des réserves glucidiques comme l'amidon.

Les lignotubes permettent justement à l'*Eucalyptus* d'engendrer des nouvelles pousses si une perturbation vient détruire partiellement l'appareil végétatif aérien de la plante ou totalement. Les lignotubes favorisent donc la survie des essences d'*Eucalyptus* ayant cette adaptation.

La croissance des *Eucalyptus* est en général rapide, et la taille adulte est très variable selon l'espèce. On trouve des arbustes souvent ramifiés en plusieurs troncs à partir du sol et qui mesurent moins de 10 m de hauteur, appelés les Malles ; ces derniers portent des bouquets de végétation à l'extrémité des petites branches ; les plus petits des *Eucalyptus* représentent des buissons de moins de 4 m de haut et les arbres les plus hauts du monde à tronc unique très droit, peuvent dépasser 90 m de hauteur.

Les arbres à tronc unique avec un faite foliaire occupant la partie terminale du tronc sont des *Eucalyptus* de forêt et les arbres à tronc unique, mais dont les branches commencent à apparaitre à une faible distance au-dessus du sol sont les *Eucalyptus* du bois.

On note alors une absence de dormance des bourgeons, l'arbre continue sa croissance tant que les conditions sont favorables. On peut toutefois retenir la classification suivante par rapport à la taille adulte :

- ❖ Petits *Eucalyptus* si moins de 10 m ;
- ❖ Moyens *Eucalyptus* entre 10 et 30 m ;
- ❖ Grands *Eucalyptus* entre 30 et 60 m ;
- ❖ Très grands *Eucalyptus* de plus de 60 m. (Www. Plantes du sud. Com, Fiches conseil).

La plupart des *Eucalyptus* ne supportent pas des températures inférieures à -3/-5°C ; c'est le facteur qui limite le plus souvent leur culture en dehors de leur zone d'origine et cette résistance est variable selon les espèces.



Le niveau de résistance au froid dépend aussi de la provenance du jeune arbre, de la durée du froid, de l'âge, de l'état général de l'arbre et des caractéristiques du sol. Après deux à trois ans d'implantation, l'*Eucalyptus* résiste mieux au gel, notamment par sa capacité de rejet du pied en cas de gel violent (Www. Plantes du sud. Com, Fiches conseil).

L'*Eucalyptus* est une essence très plastique, dans le sens où elle peut s'adapter à la sécheresse et à différents types de sol ; par contre elle supporte mal la présence de calcaire actif dans le sol qui entraîne une chlorose de feuilles et les sols hydromorphes (saturés régulièrement d'eau) ; il pousse alors couramment en sol acide et humide et la litière des feuilles est toxique à la végétation.

C'est pratiquement une essence héliophile en plein soleil, en donnant un espace suffisamment grand pour assurer le développement de l'arbre, mais la résistance aux conditions d'ombrage pour certaines espèces ne demeure pas réfractaire. Le choix d'espèces d'*Eucalyptus* comme essences exotiques n'est pas un effet du hasard et dont leur extension en dehors de leur aire naturelle est grande.

Les feuilles et les racines de l'*Eucalyptus* produisent une substance allélopathique, le 1,8 cineole, agent puissant de la destruction de certaines espèces d'herbacées et des bactéries du sol. Ces bactéries étant indispensables à la décomposition de la matière organique et au renouvellement des sols, il a été constaté une baisse de la biodégradabilité et un appauvrissement notable de sol en azote et calcium en particulier et en minéraux par extension. Des plantations sur terrain acidiphile montrent à l'inverse une stabilisation de la biomasse microbienne et une augmentation de la minéralisation de carbone et de l'azote.

Dans certaines conditions, on observe une densification importante de la litière, il est courant de rencontrer une modification de la porosité du sol avec formation d'une couche hydrophobe d'origine organique. Dans une plantation d'*Eucalyptus*, les minéraux du sol ne sont vraiment disponibles qu'à partir de la deuxième année après la coupe des arbres (Www. Hippocratus. Com /metasite/.../Eucalyptus mémoire S warotpdf.).

L'*Eucalyptus* fournit un excellent bois pour la fabrication des papiers, il est également valorisable en bois d'énergie, par contre c'est un mauvais bois d'œuvre, à cause de sa

croissance rapide. Le nectar de la fleur donne du miel ; l'huile distillée à partir des feuilles et des rameaux sert de remède notamment en aromathérapie, mais également de parfum. Celle-ci est expectorante et antivirale, on l'emploie contre la tuberculose pulmonaire, mais aussi pour soigner les blessures, le catarrhe, la grippe et pour panser les blessures et sert enfin à assécher les marais. On reproche aux plantations d'*Eucalyptus* leur forte consommation en eau, un épuisement des sols en calcium, une acidification des sols comme avec les conifères, un impact négatif sur la biodiversité (Www. Plantes du sud. Com, Fiches conseil).

2.2.1.2 *Millettia laurentii* De wild (wenge)

C'est une espèce ligneuse appartenant à la famille de Fabaceae-Faboideae anciennement appelée Papilionaceae ; la famille de Fabaceae ou légumineuse est une très grande famille des plantes Magnoliophytiques qui comprend 12000 espèces réparties en plus de 650 genres (Gilbert et boutique, 1953). Et la sous-famille des Faboideae est une importante sous-famille groupant plus ou moins 425 genres et 800 espèces. Parmi celles-ci, quelques-unes sont des arbres exploités pour leur bois précieux (*Pericopsis elata* Hans et *Millettia laurentii* De Wild).

Millettia laurentii (Wenge) est un arbre ayant un aspect tout à fait particulier et compte tenu de sa couleur noire de chocolat au lait et ses fines veines claires, cette essence convoite un nombre d'applications décoratives comme le parquet et l'ameublement. Du fait de sa durabilité naturelle élevée, *Millettia laurentii* résiste à l'attaque des insectes, microorganismes ainsi qu'aux intempéries.

C'est un arbre de taille moyenne, à léger empatement, atteignant 30 m de hauteur et 80 cm de diamètre, à feuilles 5-7 jugulées. Le fût est de 8-15 m de long rarement bien droit, 60 à 90 cm de diamètre compte tenu de condition de Kisangani.

Le tronc est grisâtre, d'aspect lisse de loin, rugueux de près (lenticelles), parfois cicatrisé ; l'écorce est assez épaisse, la tranche jaunâtre avec des petites tâches blanchâtres, granuleuse, épaisse de 10-30 mm. L'exsudat est rouge, à odeur de concombre.

L'aubier à une crème jaune, feuilleté en couches, les folioles sont souvent jaunes à terre avec acumen abrupt. Feuillage dense et fleurs voyantes violacées ; les fruits sont en gousses brunes claires, minces plates et graines plates. Pour cet arbre, de petit diamètre présente souvent un houppier étriqué endommagé par la chute des branches d'arbres voisins ou envahis par des lianes.

Millettia laurentii présente son bois sur les faces transversales et radiales une figure uniforme finement striée avec une alternance des stries très sombres et plus claires, cette alternance fait apparaître sur la face tangentielle une très belle figure flammée. Les stries foncées et les flammes sont faites des tissus fibreux les plus durs, les stries plus claires sont faites de parenchymes plus tendres. Dans son aire de croissance optimale, après usinage, Wenge a une teinte brun chocolat avec un reflet pourpre à violet.

Millettia laurentii est plus noir, moins stable et plus difficile à usiner en dehors de sa zone d'origine.

Les troncs peuvent présenter des « mulots », des insectes attaquant les bois verts en creusant dans les arbres sur pieds des galeries de 5 mm de diamètres et de 1 à 2 cm de long. Quoique ces attaques s'arrêtent entièrement après l'abatage et n'ont aucune influence sur la durabilité ni sur les propriétés mécaniques du bois, les piqûres ne sont utilisées que pour la fabrication des frises, ce qui n'autorise qu'un rendement réduit au sciage (Talifer, 2007).

Millettia laurentii a une dénomination commerciale « Wenge » qui tire ses origines en Afrique Occidentale et Centrale (RDC, Gabon et Congo-Brazza). L'aire de croissance optimale est la RDC, notamment la région entre Nord et Nord-Est du lac Mai-Ndombe et l'Equateur.

C'est une espèce héliophile, préférant la lumière solaire et pousse mieux dans les forêts marécageuses telles qu'à Mayumbe ; la barochorie est le mode de dissémination de cette espèce avec des graines ailées, ce qui explique que Wenge se retrouve dans quelques dizaines de kilomètres de largeur parallèle à l'Equateur.

2.3. METHODOLOGIE

2.3.1. Méthode de mesure des retombées aériennes

2.3.1.1. Installation des collecteurs de litière

Les collecteurs de litière de forme carrée, ayant une dimension de 1 m² ont été disposés spatialement dans la plantation en tenant compte d'une densité considérable en tiges et en feuilles et à proximité des pieds d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Millettia laurentii* en jeune plantation. Ces collecteurs étant constitués par un bâti carré, formé de quatre piquets de bois qui délimitent une surface approximative de 1 m².

La figure 3 ci-dessous visualise l'installation des collecteurs de litière

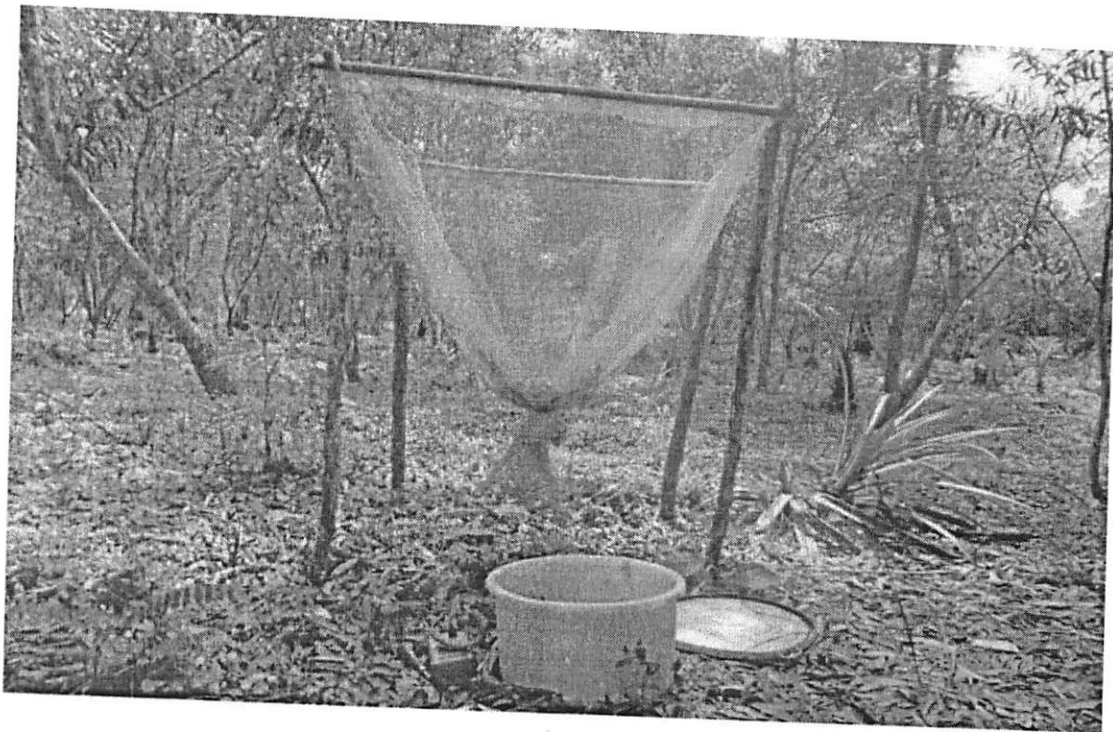


Fig. 3: Installation des collecteurs de litière

2.3.1.2. Collecte et traitement des retombées aériennes

La première collecte des retombées aériennes est intervenue un mois après la mise en place des collecteurs, la récolte de retombée se faisait chaque fin du mois. Premier collecte du 31 Octobre 2014, Deuxième collecte du 30 Novembre 2014, Troisième collecte du 31 Décembre 2014, Quatrième collecte du 31 Janvier 2015, Cinquième collecte du 28 Février 2015

dans le cadre de notre étude. Tous les échantillons de litière (feuilles, petites branches, brindilles,...) sont collectés, mis dans les sachets en plastics préalablement numérotés en correspondance avec les numéros des plaques, puis transportés au laboratoire à l'IFA-Yangambi pour être séchés à l'air libre pendant quelques jours.

La figure 4 ci-après montre la collecte des retombées aériennes

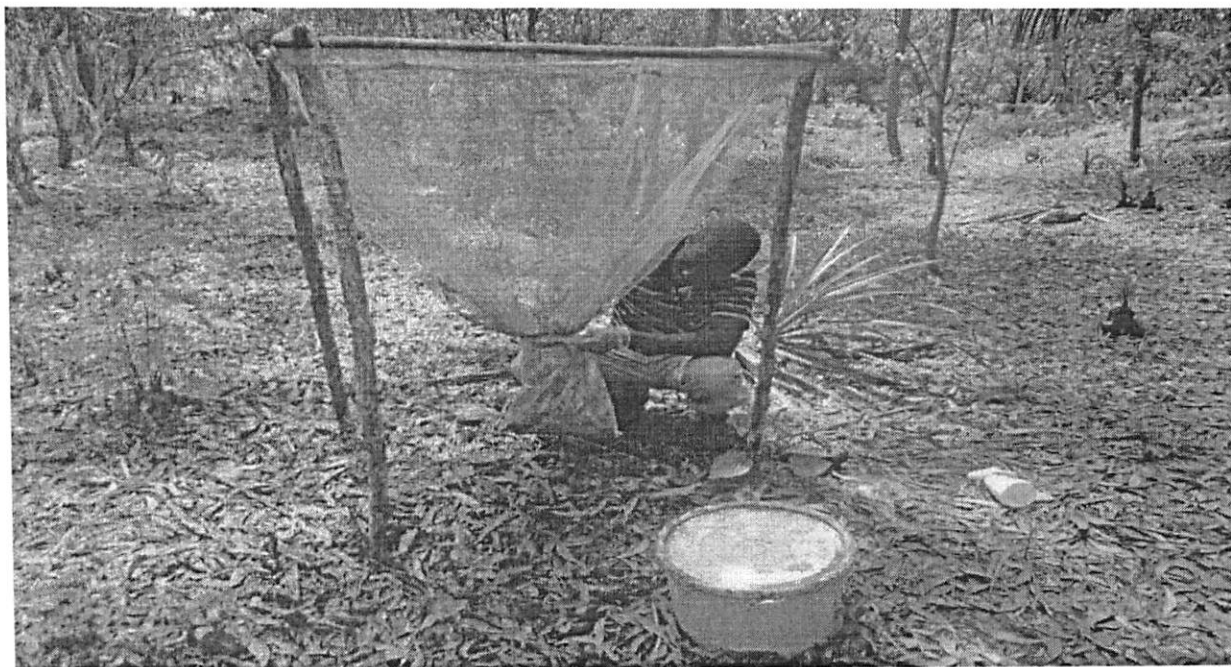


Fig. 4: Collecte mensuelle des retombées aériennes

Le séchage à l'air libre étant terminé, les tris interviennent en séparant chaque échantillon en trois composantes : foliaire (feuille), ligneuse (petites branches) et autres composantes (fruits, fleurs,...), pour être séchées dans l'étuve à une température de 105°C dans les sacs en papier carton et enveloppe, durant 24 heures (1 jours environ) ; retirées de l'étuve et mises dans le dessiccateur pendant 15 minutes pour un refroidissement, puis les peser séparément dans un conteneur et en ayant taré la balance de précision et noter leur poids sec pour déterminer enfin leurs biomasses sèches et déduire le stock de carbone.

Les figures 5 et 6 montrent le triage et la pesée de différentes composantes de retombées aériennes

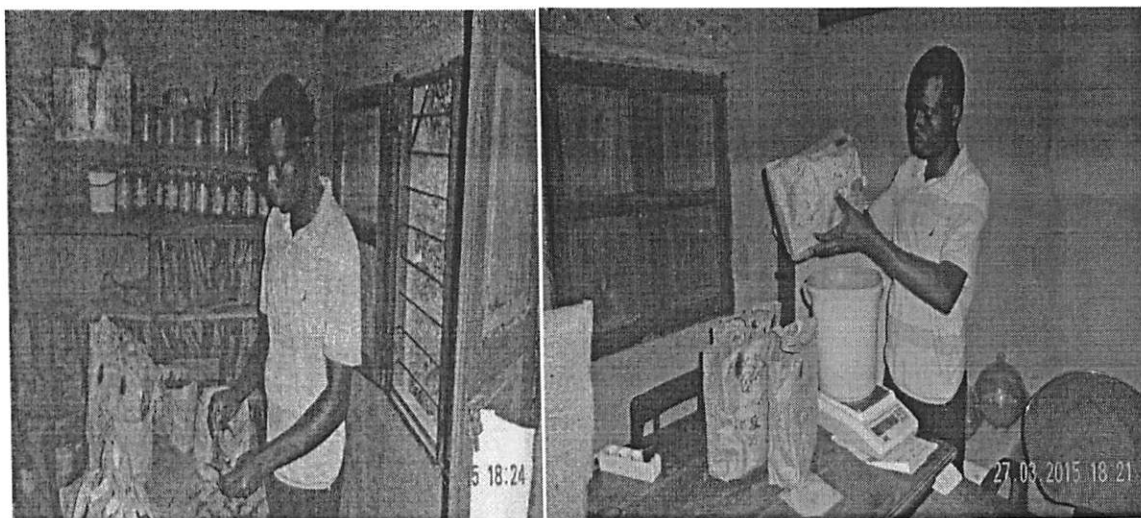


Fig. 5 : Triage de retombées aériennes

Fig. 6 : Pesée des retombées aériennes

2.3.1.3. Installation des chambres respirométriques

La technique de la chambre d'absorption chimique du CO_2 par la chaux sodée semble être l'une des méthodes les plus utilisées pour mesurer la respiration du sol et la méthode la plus pratique pour les mesures sur le terrain, de par son faible coût, du fait qu'elle ne nécessite pas d'équipements très coûteux, sa remarquable facilité d'utilisation et plus particulièrement, elle est appropriée à répondre à l'incertitude des variabilités spatiales et temporelles dans l'estimation de flux de CO_2 du sol. En revanche, cette technique présente des faiblesses du point de vue de la précision, quand le fixateur du CO_2 est saturé c'est-à-dire, en termes de quantité à utiliser ; des plus petites quantités de chaux sodée entraînent une absorption incomplète du carbone.

Les chambres respirométriques sont constituées des seaux opaques d'une contenance de 18 litres. Les diamètres minimum et maximum sont respectivement de 30 et 31 cm. Les extrémités basales de seaux ont été découpées afin de permettre leur insertion facile dans le sol. Elles ont été insérées dans le sol à une profondeur de 2 à 3 cm du sol sur une surface relativement plane à côté du collecteur de litière aérienne en vue d'une bonne étanchéité et d'un bon ancrage. Pour éviter les effets de perturbation de la structure du sol et des perturbations mécaniques qui peuvent affecter considérablement le coefficient de diffusion du sol et éventuellement stimuler significativement l'activité microbienne; l'insertion de ces chambres

respirométriques dans le sol a été réalisée une semaine avant que les mesures de la respiration du sol surviennent.

La figure 7 montre l'installation des chambres respirométriques



Fig. 7 : l'installation des chambres respirométriques

2.3.1.4. Préparation de la chaux sodée au laboratoire

La chaux sodée est un mélange d'hydroxyde de sodium (NaOH) et d'hydroxyde de calcium Ca(OH)_2 sous forme de granulés. La première étape de sa préparation consiste à nettoyer les boîtes de Pétri et à les exposer à l'abri du soleil pendant quelques heures, puis à les numérotter et à les sécher dans l'étuve environ quatre heures.

A la sortie de l'étuve et après refroidissement dans le dessiccateur pendant 10 à 15 minutes; elles sont pesées pour obtenir leur poids sec. Soixante grammes de chaux sodée sont utilisés dans une chambre respirométrique pour une mesure; la chaux sodée à l'état humide a été pesée dans les boîtes de pétri et il faut sécher les boîtes de pétri avec la chaux sodée dans l'étuve à une température de 105°C pendant plus de 24 heures jusqu'au poids constant.

Après leur retrait de l'étuve et leur refroidissement dans le dessiccateur pendant 10 à 15 minutes, elles ont été directement pesées sur la balance de précision et leur poids sec a été enregistré ; elles ont été couvertes, scellées avec le parafilm ou sparadrap et ramenées sur le terrain pour les mesures.

Les figures 8 et 9 montrent la préparation de la chaux sodée au laboratoire.



Fig.8 : Pesée du poids sec de boîtes de Pétri

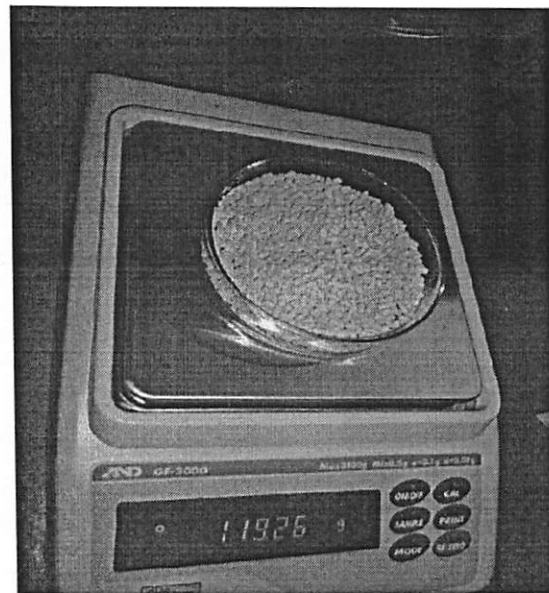


Fig.9 : Pesée poids sec de boîtes de Pétri +Chaux

2.3.3.2. Mesure de la Respiration du Sol

Etant donné que la réaction entre l'hydrolyse et le CO_2 exige la présence de l'eau, 8 ml d'eau ont été aspergés sur la chaux sodée à l'aide d'une pincette de manière à mouiller uniformément la chaux sodée dans la boîte de pétri, car une source d'humidité est nécessaire à la chaux sodée exposée.

Les figures 10 et 11 ci-dessous montrent l'aspersion de 8 ml d'eau sur la chaux sodée et le dépôt de la chaux sodée dans la chambre respirométrique.

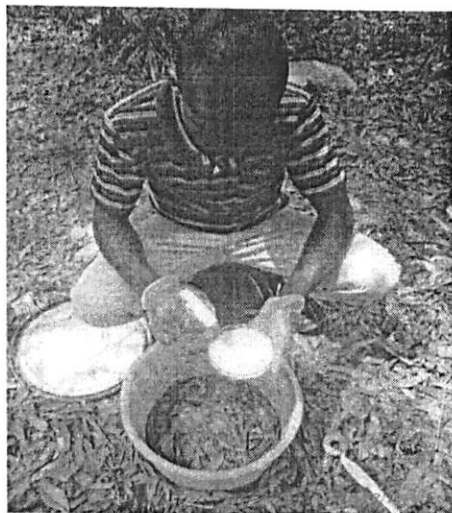


Fig. 10: Aspersion de 8 ml d'eau sur la chaux sodée

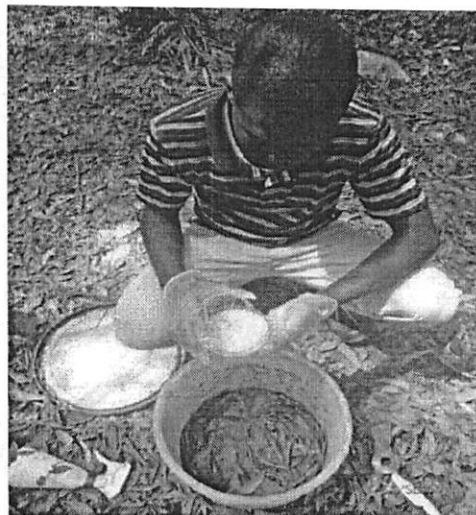


Fig. 11 Dépôt de la chaux sodée dans la chambre respirométrique.

Les boîtes de pétri ont été déposées dans les chambres respirométriques tout en étant ouvertes sur une tablette, pour éviter d'obstruer le flux du CO_2 de la surface du sol dans les chambres respirométriques et les couvercles des seaux étaient hermétiquement fermés, tout en plaçant un poids au-dessus de ces derniers afin d'éviter les fuites et maintenir leur stabilité. Enfin, la date et l'heure du dépôt étaient bien enregistrées.

Vingt-quatre heures après leur incubation dans les chambres respirométriques, toutes les boîtes de pétri ont été retirées de leurs chambres respectives, couvertes et scellées de nouveau avec le parafilm, en notant l'heure du retrait et transportées vers le laboratoire.

Au laboratoire, les boîtes de pétri ont été séchées dans l'étuve à une température de 105°C jusqu'au poids constant ; pendant plus de 24 heures et après leur refroidissement à travers le dessiccateur pendant plus ou moins 15 minutes, elles ont été repesées et leurs poids secs ont été notés.

Les figures 12 et 13 montrent le retrait de la chaux sodée des chambres respirométriques et relier la boîte de Pétri par un parafilm

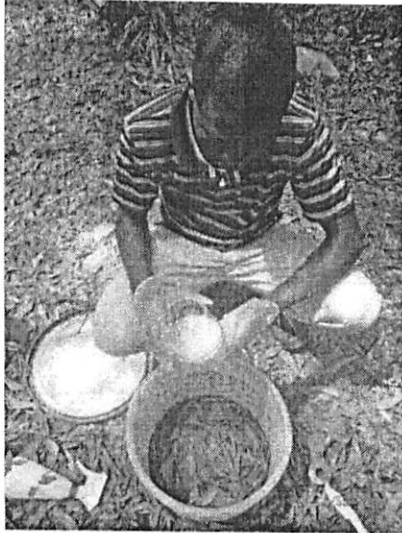


Fig.12 : Retrait de la chaux sodée
des chambres respirométriques

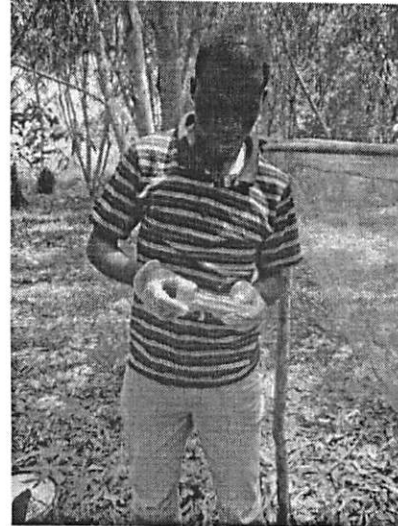


Fig.13 relier la boîte de Pétri
par un parafilm

Les mesures à vide (témoins) étaient également effectuées pour tenir compte de CO_2 absorbé par la chaux sodée lors de la procédure expérimentale. Ces boîtes de pétri avec plus au moins 60g de la chaux sodée ont subi le même processus du séchage, de la pesée et laissées pendant 24 heures dans les champs pour simuler les conditions de chambre d'incubation.

La figure 14 ci-dessous montre la mesure de flux de carbone de témoins.

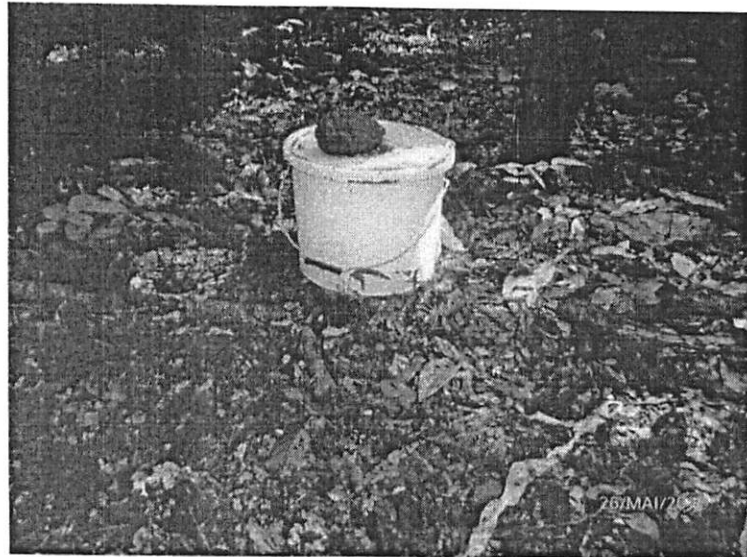


Fig. 14 : Mesures à vide (témoins) du flux de CO₂.

Après 24 heures, toutes les boîtes de Pétri ont été retirées de leurs chambres, couvertes, scellées à nouveau avec le parafilm, l'heure du retrait notée et transportées vers le laboratoire.

Au laboratoire, les boîtes de pétri ont été séchées à l'étuve à 105°C jusqu'au poids constant. Après refroidissement à travers le dessiccateur pendant plus au moins 15 minutes, elles étaient pesées et leurs poids secs notés.

On prélevait la température du sol de part et d'autre de la chambre respirométrique à l'aide d'un thermocouple, le même jour de la mesure de la respiration du sol, à une profondeur de 10 cm (dans l'horizon A) où l'activité biologique est prépondérante (Hanson et *al.*, 1993).

La figure 15 qui suit montre la mesure de la température du sol.



Fig. 15 : Mesure de la température du sol

3.5. ANALYSE DES DONNEES

3.5.1. Calculs de la biomasse sèche et de la respiration du sol

1. Masse sèche = $\frac{\text{masse sèche /échantillon}}{\text{masse fraîche de l'échantillon}}$ x Masse totale de l'échantillon entier

2. Concernant le flux de CO₂, cette méthode est basée sur l'absorption de CO₂ par la chaux sodée qui est mesurée par un gain de poids. Les réactions d'absorption suivantes se produisent :



Pour chaque mole de CO₂ qui réagit chimiquement avec la chaux sodée, une mole d'eau est formée et qui est ensuite évaporée pendant le séchage. Ainsi, l'augmentation de la masse sèche après l'exposition sous-estime le CO₂ 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 CO₂ (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 tel que reconnu par Grogan (1999) au lieu de 1,41 comme initialement préconisé par Edward (1982) sera intégré dans le calcul pour tenir

compte de l'eau formée au cours de l'absorption chimique de CO_2 par la chaux sodée et, libéré pendant le séchage.

On a enregistré le poids des boîtes de pétri, boîtes plus chaux sodée humide, boîtes de pétri plus la chaux sodée séchée, boîtes de pétri plus chaux sodée séchée après 24 heures d'exposition.

Les traitements des données ont été rendus possibles grâce au tableur Excel, au logiciel statistique STATISTICA et JMP pour les analyses statistiques. Les tests statistiques utilisés dans le cadre de cette étude sont :

- ANOVA à un seul facteur pour comparer plus de deux moyennes
- Test t de student pour comparer deux moyennes et
- L'analyse de corrélation.

CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE RESULTATS

3.1. RESPIRATION DU SOL

3.1.1. Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement d'*Eucalyptus*

La figure 16 ci-après illustre la variation spatiale des flux de carbone moyens dégagés dans l'espace à travers les différentes chambres respirométriques durant toutes les périodes de prélèvement sous le peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis*

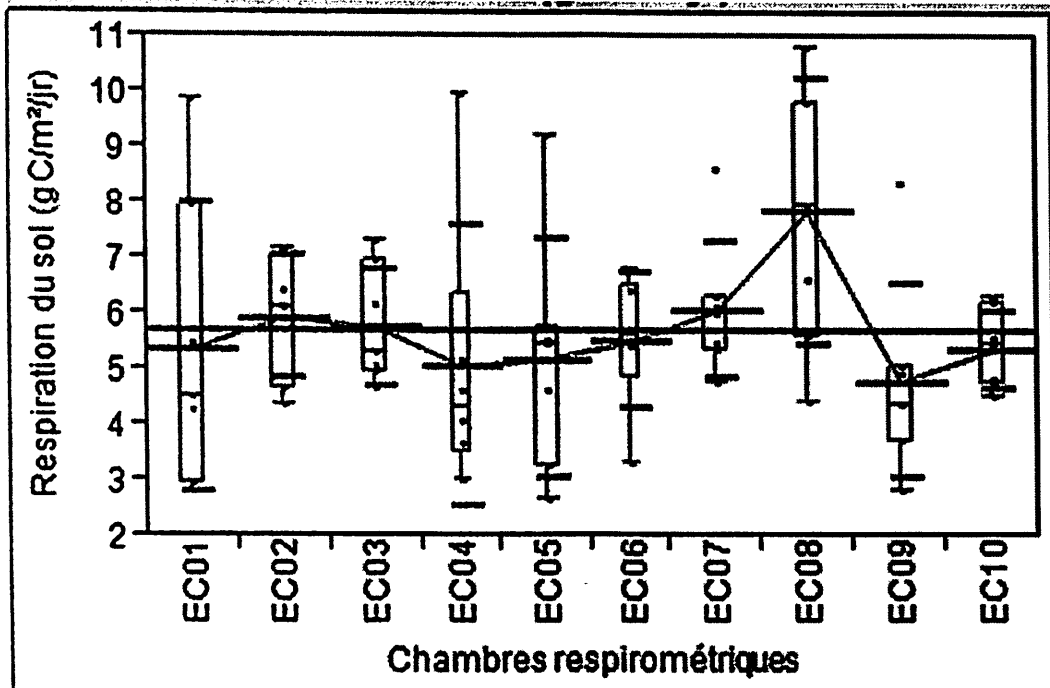


Fig. 16 : Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis*

De cette figure, il ressort dans l'ensemble que le flux moyen de carbone du sol dégagé au cours de sept mois (7) de mesure (15/08/2014 et 15/02/2015) est de 5,7 g C/m²/jr sous le peuplement d'*Eucalyptus*. Par contre, le flux moyen de chaque chambre respirométrique varie faiblement entre elle et au tour de la moyenne générale avec un flux important enregistré dans la chambre respirométrique (EC 08), soit avec une moyenne de 7,86 g C/m²/jr, par rapport à la moyenne générale et un flux faible enregistré dans la chambre respirométrique (EC 09) avec une moyenne de 4,79 gC/m²/jr .

3.1.2. Variation spatiale de CO₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvements sous le peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis*.

La figure 17 ci-dessous représente la variation spatiale de CO₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement sous le peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis*.

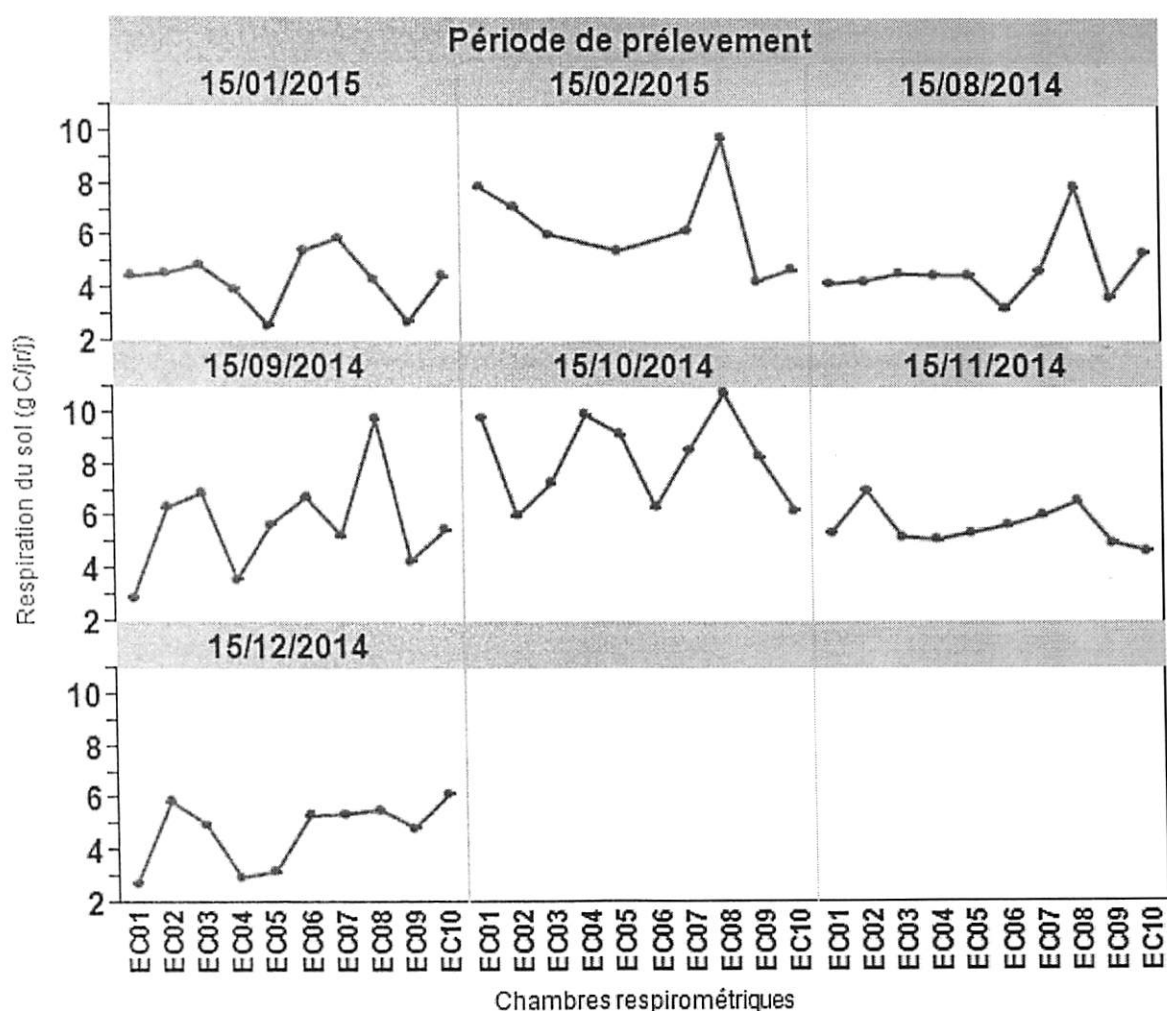


Fig. 17 : Variation spatiale de CO₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement

A la lumière de la figure 15 représentée ci-dessus, il apparaît que le flux de CO₂ respiré sous le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* varie spatialement d'une chambre respirométrique à une autre et d'une période de mesure à une autre.

3.1.3. Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement de *Millettia laurentii*

La figure 18ci- après illustre la variation des flux de carbone dégagé dans l'espace à travers les différentes chambres respirométriques sous le peuplement *Millettia laurentii*

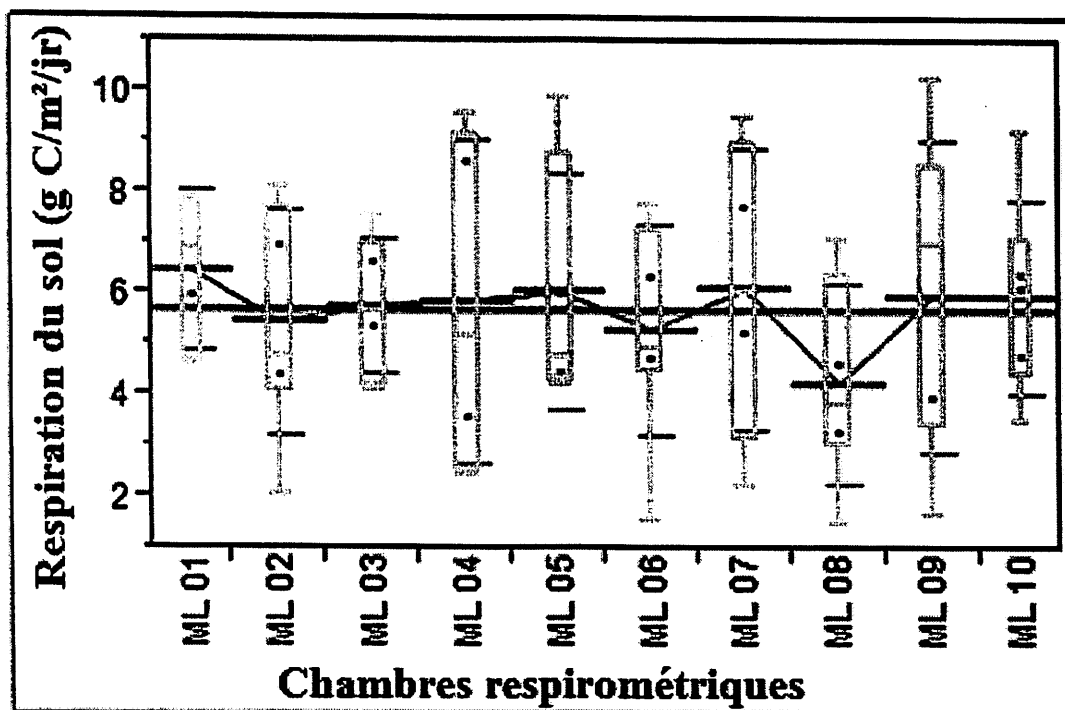


Fig. 18: Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement de *Millettia laurentii*

De cette figure, après nos investigations nous trouvons que le flux de carbone du sol dégagé la journée au cours de sept mois (7) de mesure (15/08/2014 et 15/02/2015), varie faiblement d'une chambre respirométrique à une autre au sein de chacune des occupations du sol, avec un flux important enregistré dans la chambre respirométrique (ML 01) sous *Millettia laurentii*, soit une moyenne minimale de 6,46 g C/m²/24 h, son maximum est de 7,91 g C/m²/24 h et un faible flux dans la chambre respirométrique (ML 08), soit une moyenne de 4,26 g C/m² et son minimum de 7,10 g C/m². Le flux de carbone du sol décroît aussi progressivement de la chambre ML 04, ML 06, ML 02.

3.1.4. Variation spatiale de CO₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement sous le peuplement de *Millettia laurentii*

La figure 19 ci-dessous représente la variation spatiale de CO₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement sous le peuplement de *Millettia laurentii*

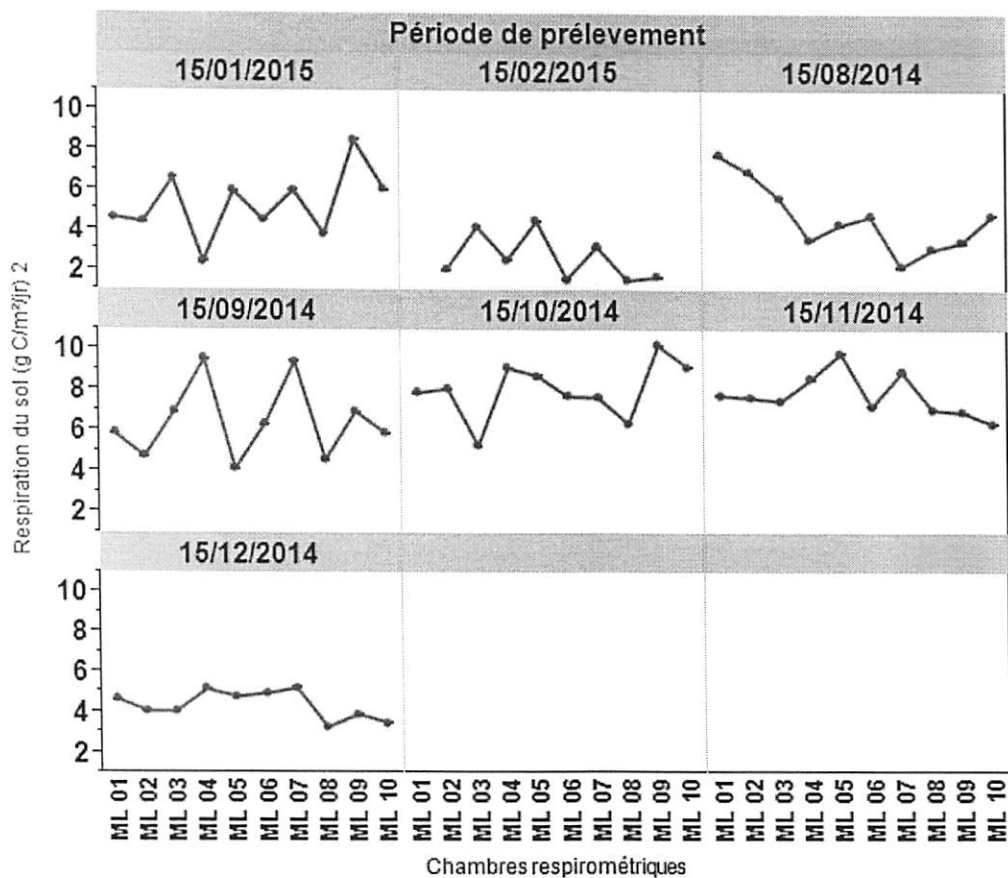


Fig. 19 : Variation spatiale de CO₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement

Après l'analyse de la figure 19 ci-haut représentée, il apparaît que le flux de CO₂ respiré sous le peuplement à *Millettia laurentii* varie également spatialement d'une chambre respirométrique à une autre et d'une période de mesure à une autre.

3.1.5. Variation temporelle de CO₂ dégagé par chaque périodes de mesure en fonction de des chambres respirométriques sous le peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis*

La figure 20 ci-après représente la Variation temporelle de CO₂ dégagé par chacune des périodes de mesure en fonction de des chambres respirométriques sous le peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis*

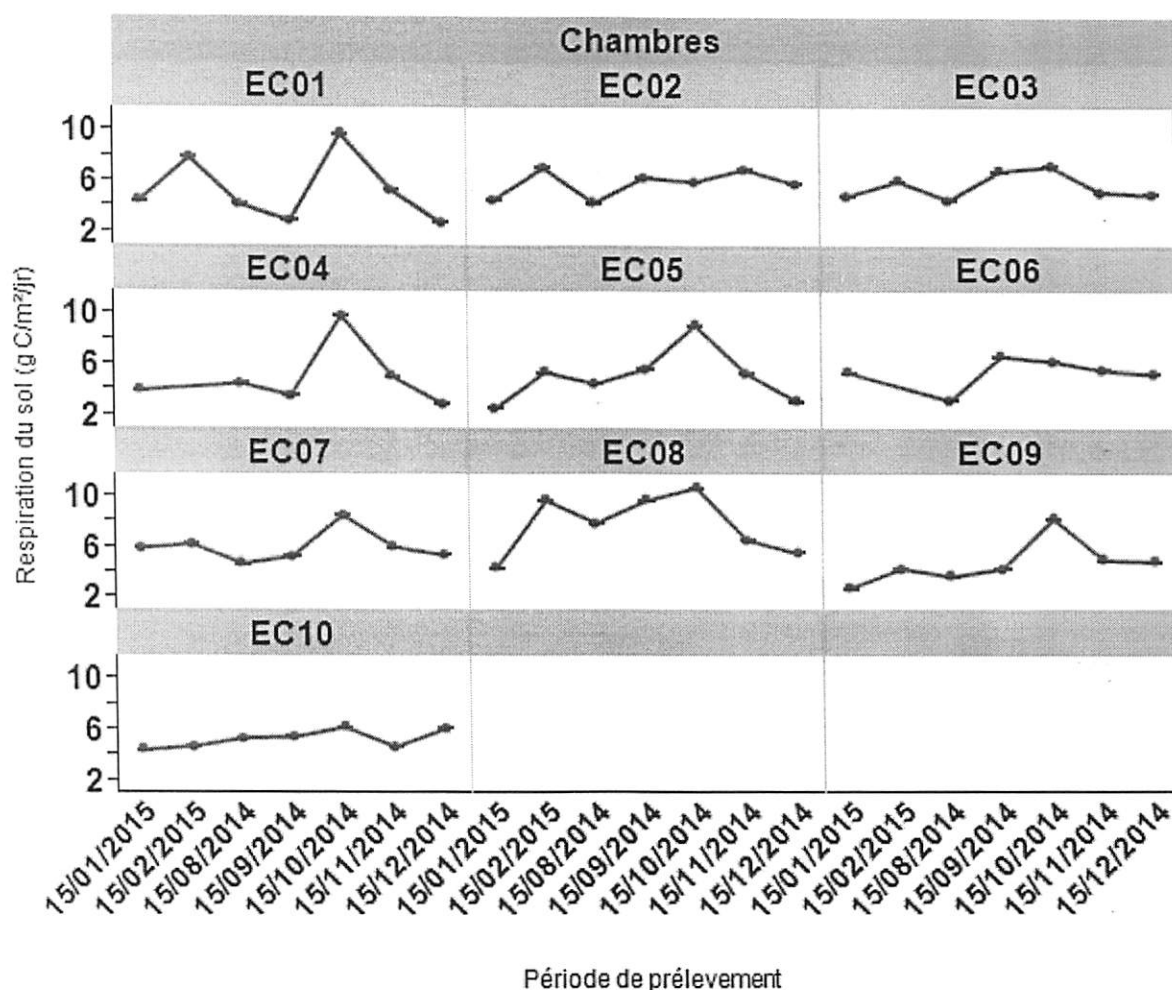


Fig. 20 : Variation temporelle de CO₂ dégagé par chacune des périodes de mesure en fonction de chambres respirométriques sous *Eucalyptus*

Après l'analyse de la figure 18 ci-haut représentée, il apparaît que le flux de CO₂ respiré sous le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* varie d'une période de mesure à une autre et d'une chambre respirométrique à une autre.

3.1.6. Variation temporelle de CO₂ dégagé par chacune des périodes de mesure en fonction de des chambres respirométriques sous le peuplement de *Millettia laurentii*

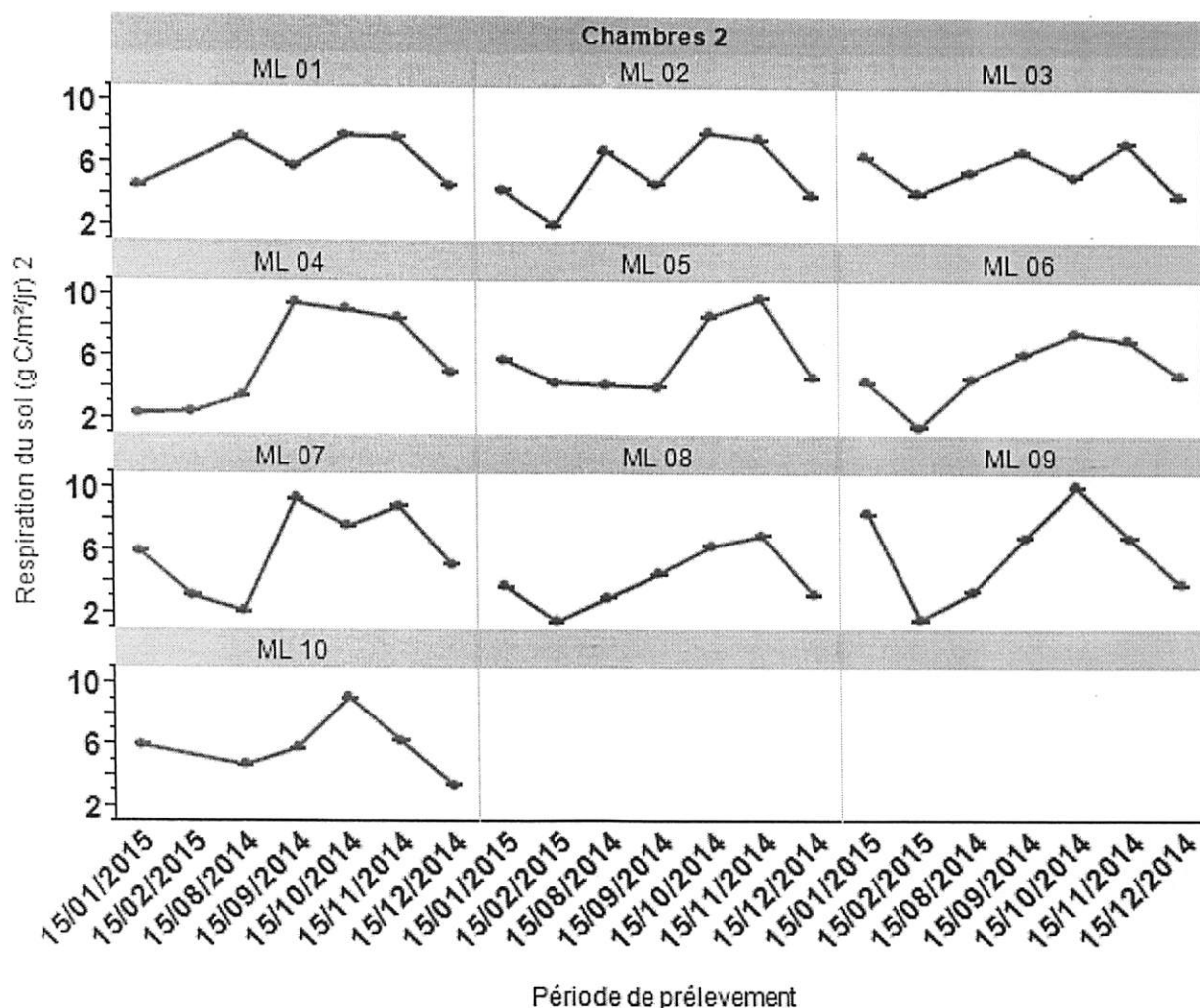


Fig. 21 : Variation temporelle de CO₂ dégagé par chacune des périodes de mesure en fonction de chambres respirométriques sous *Millettia laurentii*

Après l'analyse de la figure 19 ci-haut représentée, il apparait que le flux de CO₂ respiré sous le peuplement à *Millettia laurentii* varie d'une période de mesure à une autre et d'une chambre respirométrique à une autre.

3.1.7. Variation temporelle de la respiration du sol sous les peuplements d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Millettia laurentii*

Les résultats relatifs à la variation au cours du temps de la respiration du sol moyenne par période de prélèvement sous peuplement *Eucalyptus camaldulensis* et *Millettia laurentii* sont représentés dans la figure 22 ci-dessous.

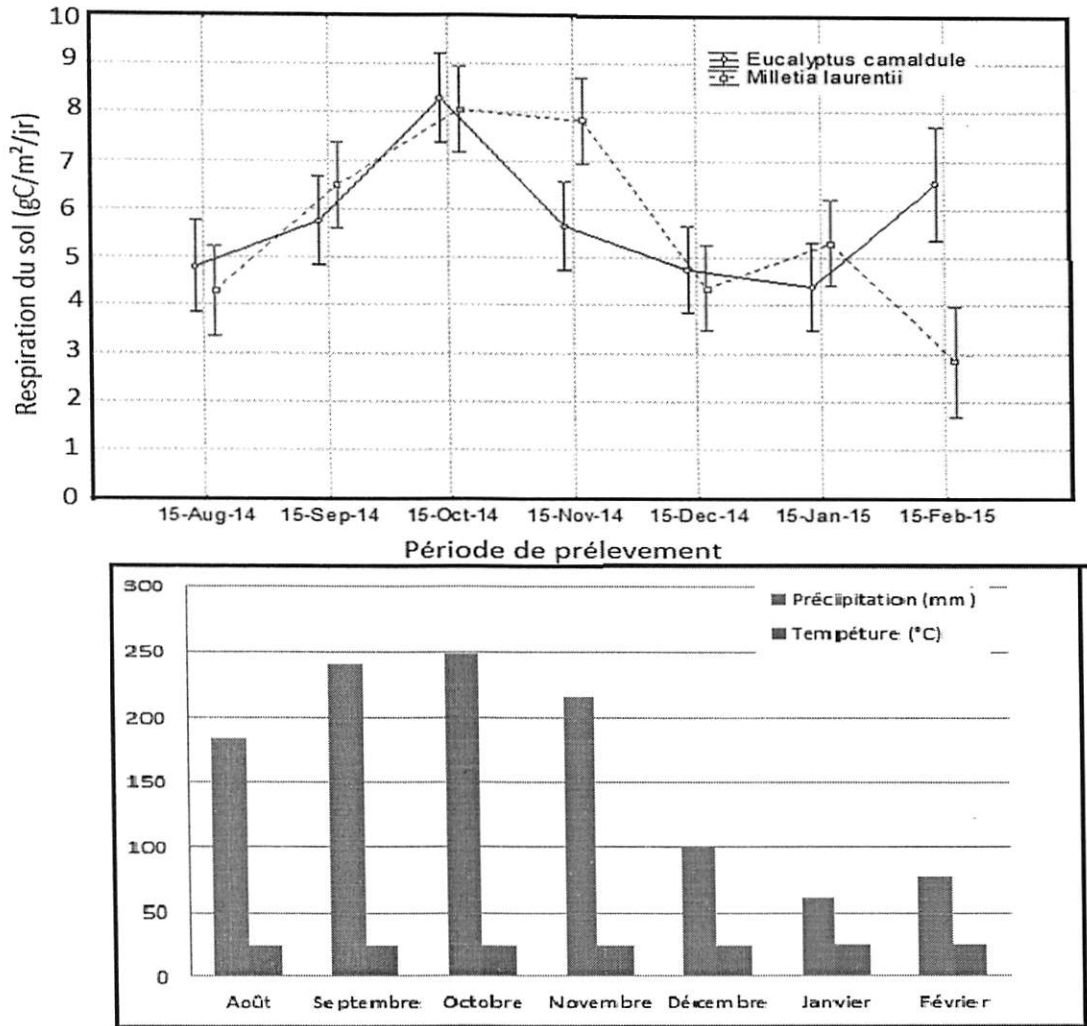


Fig. 22 : Variation temporelle de CO₂ moyen dégagé par chacune des périodes de mesure

Il se dégage de l'observation de ce graphique que le flux de carbone dégagé sous les deux peuplements suivent généralement une même évolution, mais avec un écart à mi-novembre 2014 et mi-février 2015 où les flux dégagées durant les deux périodes demeurent élevés sous le peuplement *Eucalyptus camaldulensis* et faibles sous le peuplement à *Millettia laurentii*. En ce qui concerne les différentes périodes de mesure, il ressort que les flux de carbone

dégagés sous les deux peuplements demeurent importants durant les périodes pluvieuses et oins importants au cours des périodes sèches.

3.1.8. Relation entre la respiration du sol et l'humidité du sol sous les peuplements d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Millettia laurentii*

La figure 23 qui suit montre l'évolution de flux de carbone dégagé par le sol en fonction de teneur en humidité du sol sous les deux peuplements

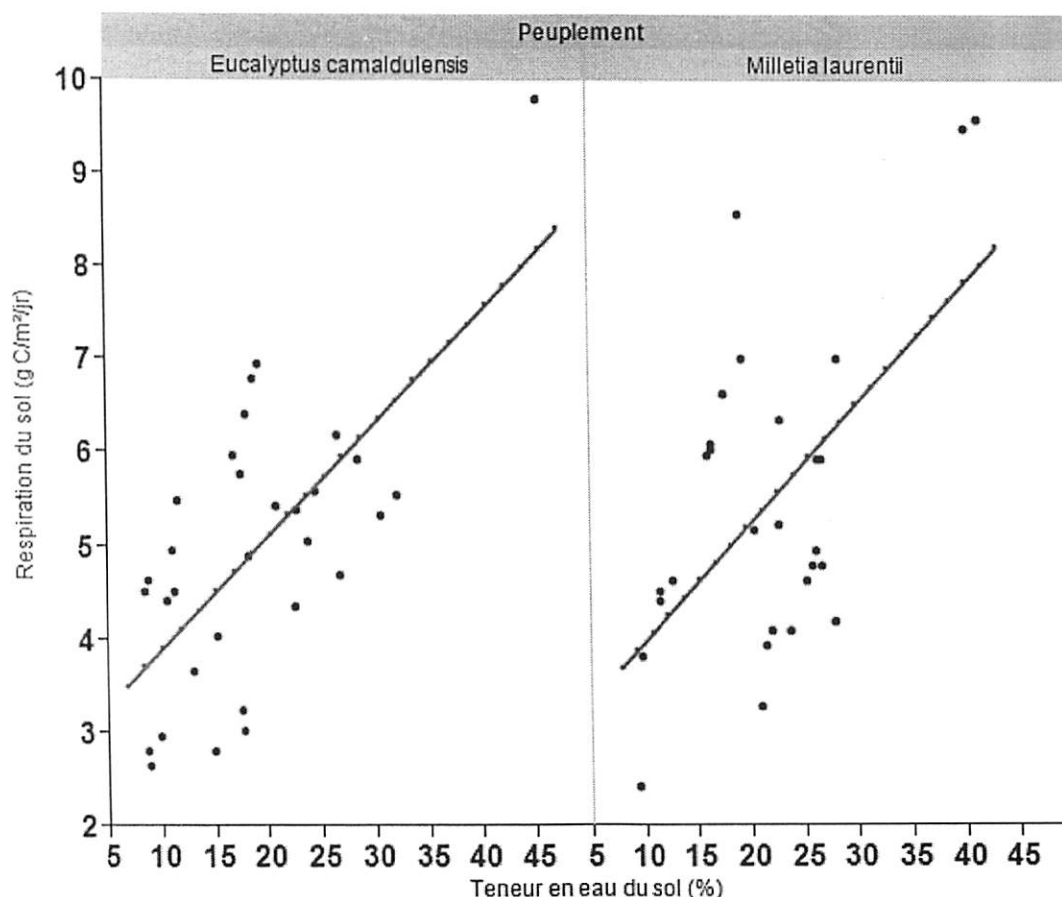


Fig.23 : Relation entre la respiration du sol et l'humidité du sol sous les peuplements d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Millettia laurentii*

L'analyse de cette figure montre que le dégagement de carbone du sol sous les peuplements à *Eucalyptus camaldulensis* et *Millettia laurentii* varient étroitement avec la teneur en eau du sol étant donné leurs coefficients de corrélation respectifs de 0,68 et 0,58. Ceci signifie que si le sol sous les deux plantations est moins humide, il dégage généralement moins de carbone. Parcontre, lorsque ce sol est plus humide, il dégage généralement plus de carbone.

3.1.9. Relation entre la respiration du sol et la température du sol sous les peuplements d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Millettia laurentii*

La figure 24 qui suit montre l'évolution de flux de carbone dégagé par le sol en fonction de température du sol sous les deux peuplements.

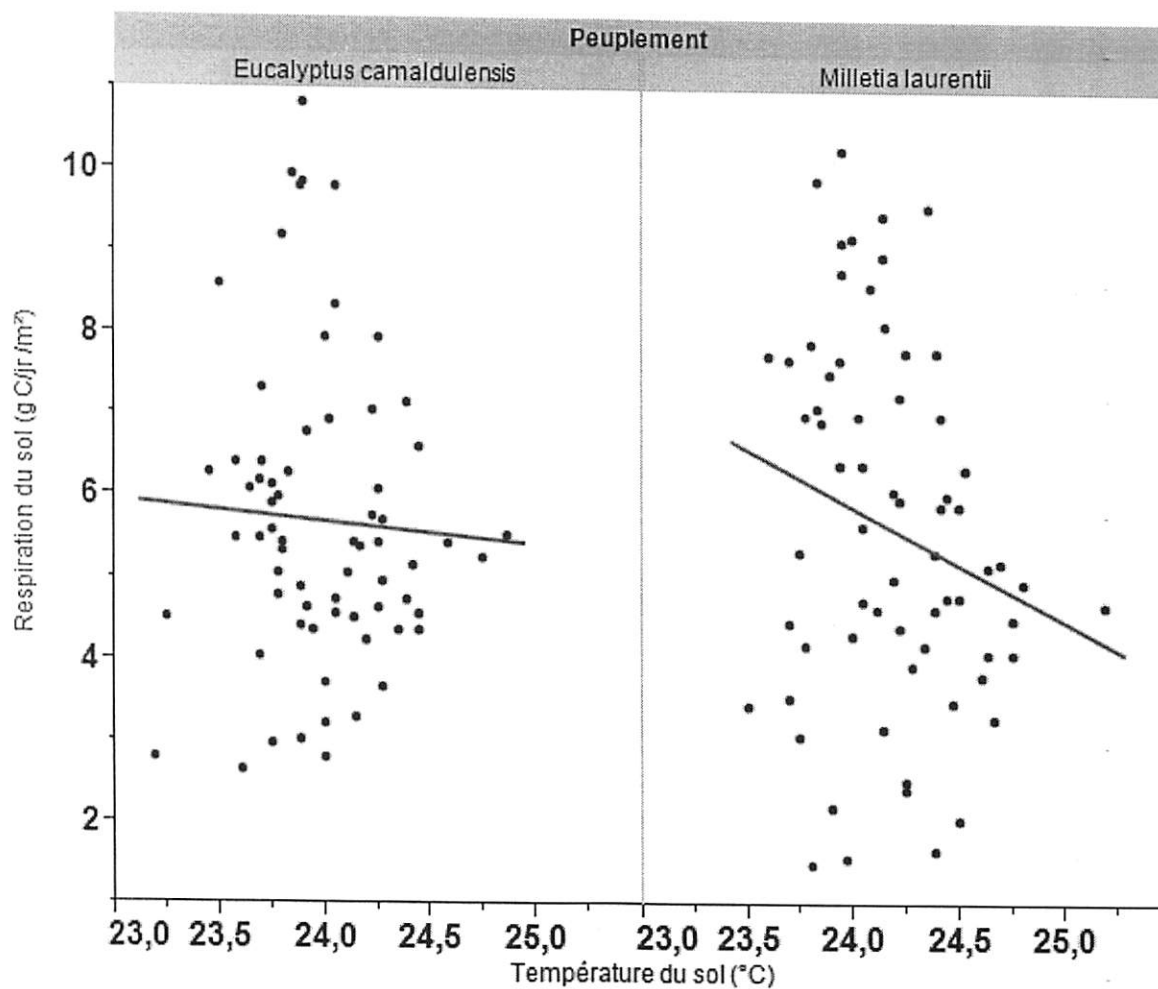


Fig.24: Evolution de flux de carbone dégagé par le sol en fonction de température du sol sous les deux peuplements.

La relation entre la respiration du sol et la température du sol sous les peuplements d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Millettia laurentii*, montre que le dégagement de CO₂ ne varie pas nécessairement avec la variation de la température du sol étant donné leurs coefficients de corrélation respectifs de 0,053 et 0,23. Bien au contraire, ce dégagement de CO₂ semble diminué avec l'augmentation de la température surtout sous *Millettia laurentii*.

3.2. CHUTE DE LITIERES

3.2.1. Chute de litières sous le peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis*

La figure 25 représente la variation spatiale de flux entrant de carbone du sol de différentes composantes des retombées aériennes dans la plantation d'*Eucalyptus camaldulensis*

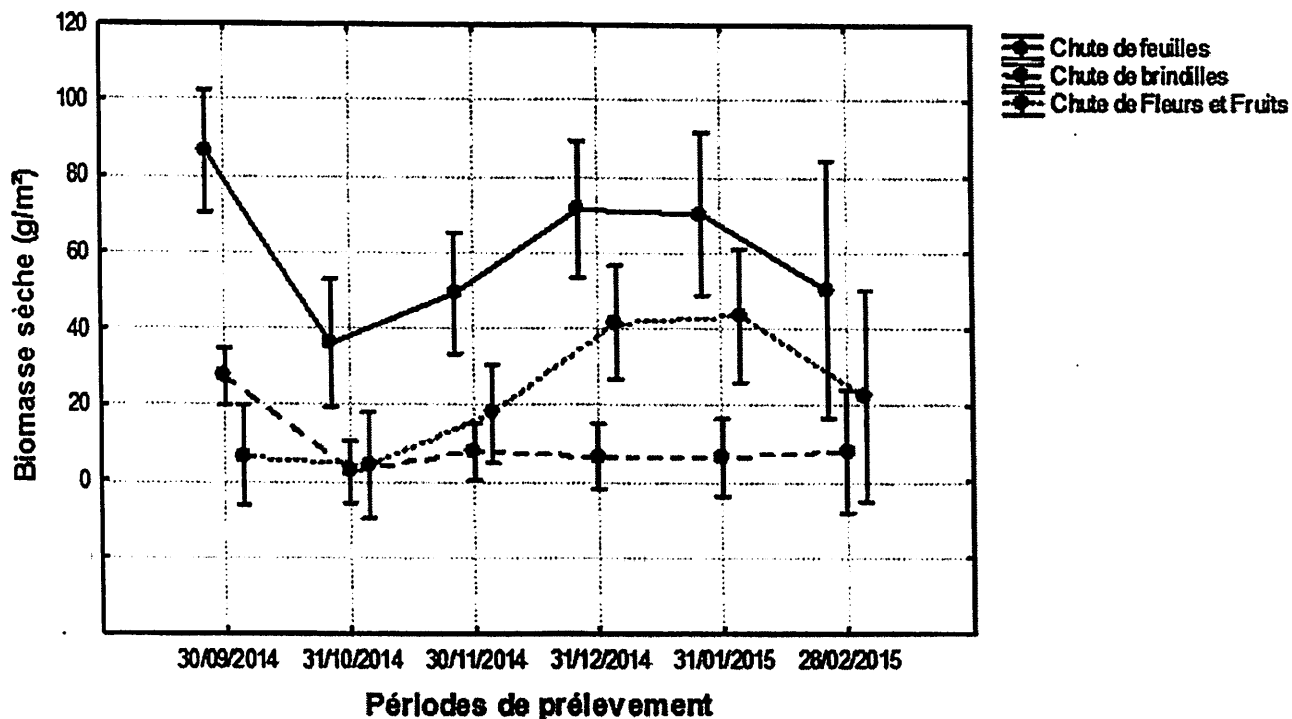


Fig.25 : Chute de litières sous le peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis*

Il ressort de ce graphique qu'en rapport avec les retombées aériennes totales l'apport en biomasse foliaire est plus importante suivi de fruits et fleurs et enfin les brindilles. Ces retombées foliaires demeurent plus importantes au mois de Septembre, décembre et janvier et moins importantes au mois d'octobre. Les chutes de fruits et fleurs par contre, sont importantes aux mois de décembre et janvier. Enfin, la chute de brindilles est importante au mois de septembre et reste faible et stationnaire pour le reste de mois.

3.2.1. Chute de litières sous le peuplement de *Millettia laurentii*

La figure 26 représente la variation spatiale de flux entrant de carbone du sol de différentes composantes des retombées aériennes dans la plantation de *Millettia laurentii*

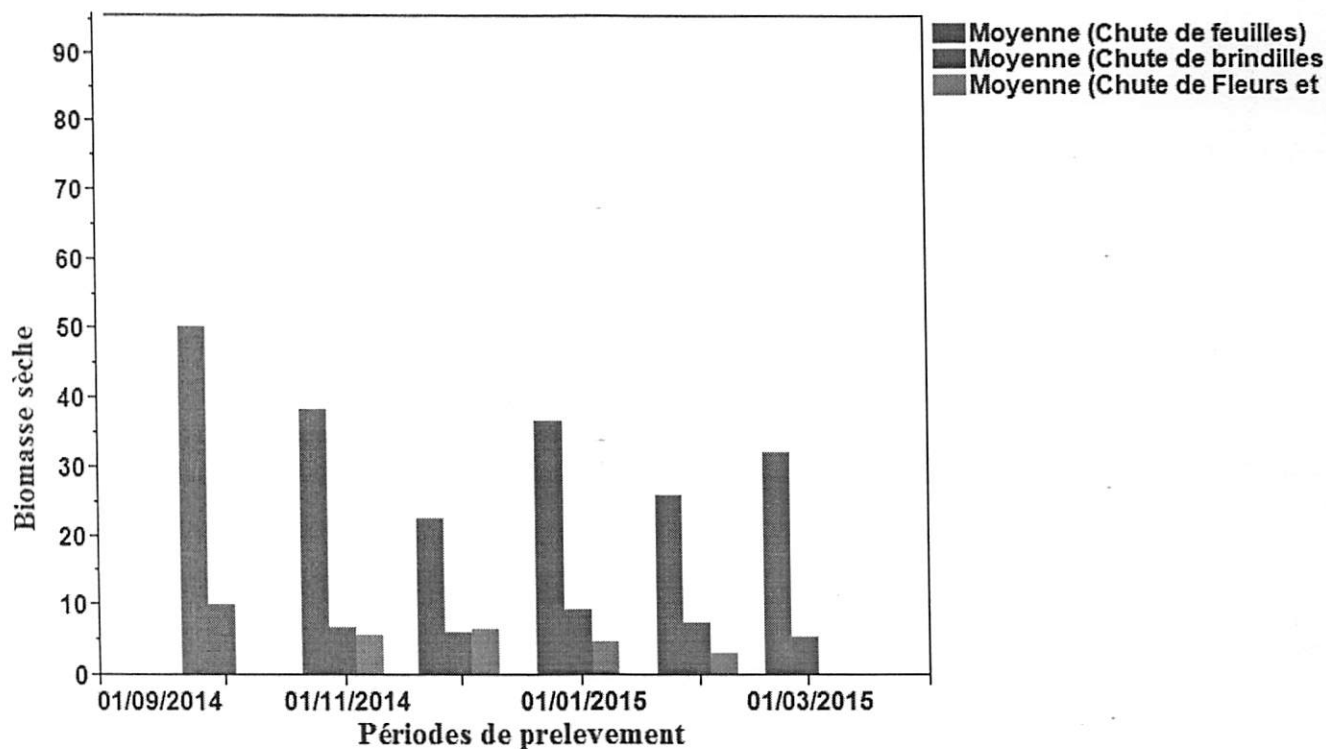


Fig. 26 : Chute de litières sous le peuplement de *Millettia laurentii*

Il ressort de ce graphique qu'en rapport avec les retombées aériennes totales l'apport en biomasse foliaire est plus importante suivi de brindilles et en fin, les fruits et fleurs. Ces retombées foliaires demeurent plus importantes au mois de Septembre et plus faibles au mois de décembre. Les chutes de fruits et fleurs par contre, sont importantes aux mois de décembre et faibles au mois de février. En fin, la chute de brindilles est importante au mois de septembre et janvier et reste faible et stationnaire pour le reste de mois.

CHAPITRE 4 : DISCUSSION DE RESULTATS

4.1. VARIABILITÉ SPATIALE DE FLUX SORTANT DE CARBONE DU SOL SOUS LE PEUPELEMENT à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*

Les résultats relatifs aux analyses statistiques de la variation spatiale de flux sortant de carbone du sol sous les peuplements à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii* et aux comparaisons multiples des moyennes sont consignés dans les figures 27 et le tableau 1 ci-dessous.

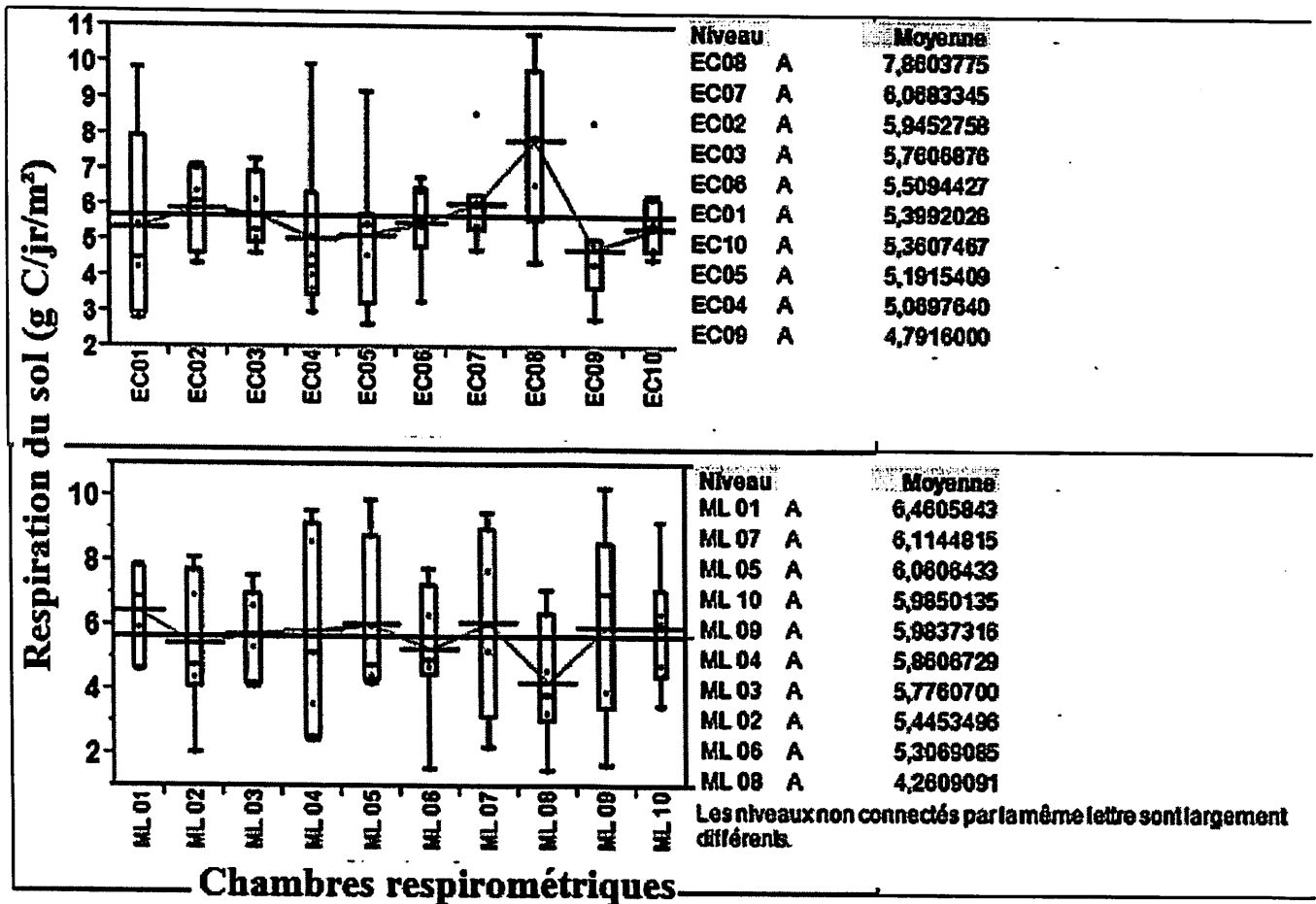


Fig. 27: Variabilité spatiale de flux sortant de carbone du sol sous le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*

L'analyse de comparaison des moyennes des flux de carbone dégagé par le sol sous le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*, confirme d'une manière générale que ces flux moyens ne varient pas spatialement d'une chambre respirométrique à une autre.

Plusieurs études ont analysé la variabilité spatiale de la respiration du sol par rapport aux modèles de différentes propriétés des sols, comme la biomasse racinaire la porosité totale du sol (Fang *et al.*, 1998 ,la biomasse microbienne (Xu et Qi, 2001),Schwendenmann *et al.*, 2003 , Scott-Denton *et al.*, 2003 ; la valeur de pH (Rethet *et al.*, 2005b) ;Soe et Buchmann, 2005 ; la quantité et la qualité de matière organique du sol (Saizetal., 2006 ,), Han *et al.*, 2007 et), La non variabilité spatiale observée entre les chambres respirométriques s'expliquerait par le fait que notre étude a été menée sur une plantation de pieds de *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii* de même âge, qui sont supposés partagés les mêmes propriétés des sols susmentionnés qui influent sur la variabilité spatiale.

4.2. VARIABILITÉ TEMPORELLE DE FLUX SORTANT DE CARBONE DU SOL SOUS LEPEUPELEMENT à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*

Les résultats relatifs aux analyses statistiques de variations temporelles de flux sortant de carbone du sol sous les peuplements à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii* et aux comparaisons multiples des moyennes sont consignés dans la figure 28 et le tableau I ci-dessous.

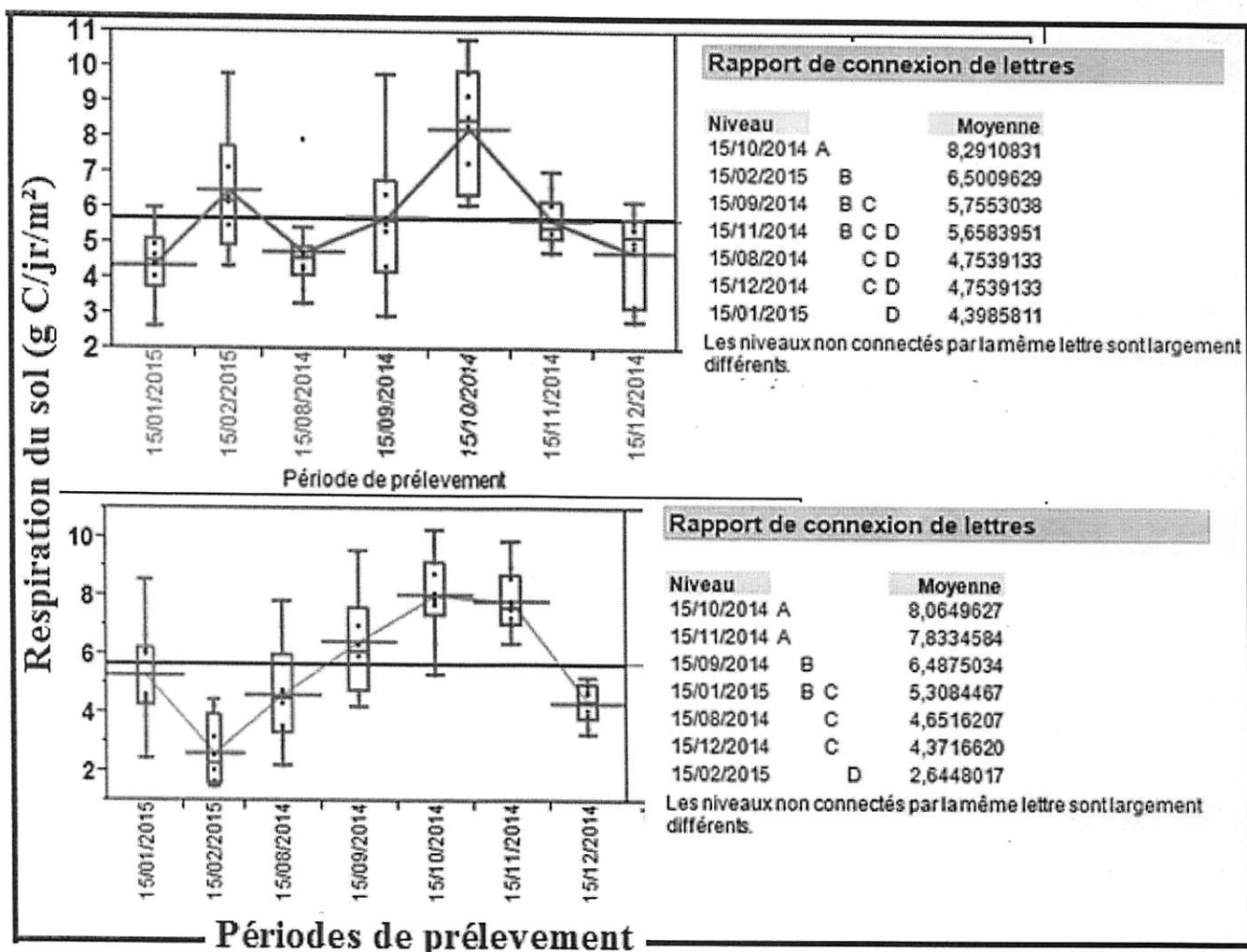


Fig. 28: Variabilité temporelle de flux sortant de carbone du sol sous le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*

Les flux de carbone dégagés sous le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii* varient temporellement d'une période de mesure à une autre car, leurs p-value sont inférieures au seuil de risque de 5 % soit, 0,05. Ce résultat atteste que le flux sortant de

carbone du sol varie temporellement sous les peuplements à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*. Les périodes de mesure pour lesquelles les différences de flux de carbone sont importantes à partir de la comparaison multiple des moyennes sont consignées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Comparaison multiple des moyennes des émissions de CO₂

Comparaison multiple		<i>Eucalyptus</i>			
		<i>camaldulensis</i>		<i>Millettia laurentii</i>	
Niveau A	Niveau B	Différence	P-Valeur	Différence	P-Valeur
15/10/2014	15/01/2015	3,892502	<,0001*	5,420161	<,0001*
15/10/2014	15/12/2014	3,53717	<,0001*	5,188657	<,0001*
15/10/2014	15/08/2014	3,53717	<,0001*	3,842702	<,0001*
15/10/2014	15/11/2014	2,632688	0,0001*	3,693301	<,0001*
15/10/2014	15/09/2014	2,535779	0,0002*	3,361796	<,0001*
15/02/2015	15/01/2015	2,102382	0,0030*	3,413342	<,0001*
15/10/2014	15/02/2015	1,79012	0,0106*	3,181838	<,0001*
15/02/2015	15/12/2014	1,74705	0,0126*	2,756516	<,0001*
15/02/2015	15/08/2014	1,74705	0,0126*	2,663645	0,0003*
15/09/2014	15/01/2015	1,356723	0,0382*	2,525012	0,0002*
15/11/2014	15/01/2015	1,259814	0,0537	2,115841	0,0018*
15/09/2014	15/12/2014	1,001391	0,1231	2,006819	0,0048*
15/09/2014	15/08/2014	1,001391	0,1231	1,835883	0,0061*
15/11/2014	15/12/2014	0,904482	0,1629	1,72686	0,0176*
15/11/2014	15/08/2014	0,904482	0,1629	1,577459	0,0176*
15/02/2015	15/11/2014	0,842568	0,2196	1,345955	0,0415*
15/02/2015	15/09/2014	0,745659	0,2766	1,179057	0,0731
15/08/2014	15/01/2015	0,355332	0,581	0,936785	0,1524
15/12/2014	15/01/2015	0,355332	0,581	0,6464252	0,3136
15/09/2014	15/11/2014	0,096909	0,8802	0,279959	0,6665
15/08/2014	15/12/2014	1e -10	1	0,231504	0,7215

En se référant à l'analyse de comparaison multiple des moyennes consignée dans le tableau N°1 ci-dessus, il ressort que les flux de carbone dégagés aux périodes pour lesquelles leurs p-values portent des astérisques sont significativement différents entre elles. Les flux de carbone dégagés durant les autres périodes pour lesquelles leurs p-values ne portent pas des astérisques ne sont pas significativement différents entre elles car, leurs seuils de probabilité sont supérieurs à 0,05.

La variabilité temporelle observée entre les différentes périodes pourrait s'expliquer par la disponibilité du substrat, de la température et de l'humidité du sol qui sont reconnues par plusieurs auteurs comme les facteurs qui influencent largement la variabilité temporelle et saisonnière de flux de carbone du sol (Davidson *et al.*, 1998 ; Xu et Qi, 2001 , Subke *et al.*, 2003 Davidson *et al.*, 2006 ,).

4.3. COMPARAISON DE FLUX SORTANT DANS LE SOL VIA LA RESPIRATION DU SOL ENTRE LES SAISONS ET ENTRE LE PEUPELEMENT à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*

La figure 29 ci-après compare le flux sortant de carbone du sol via la respiration du sol entre les saisons et entre le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*.

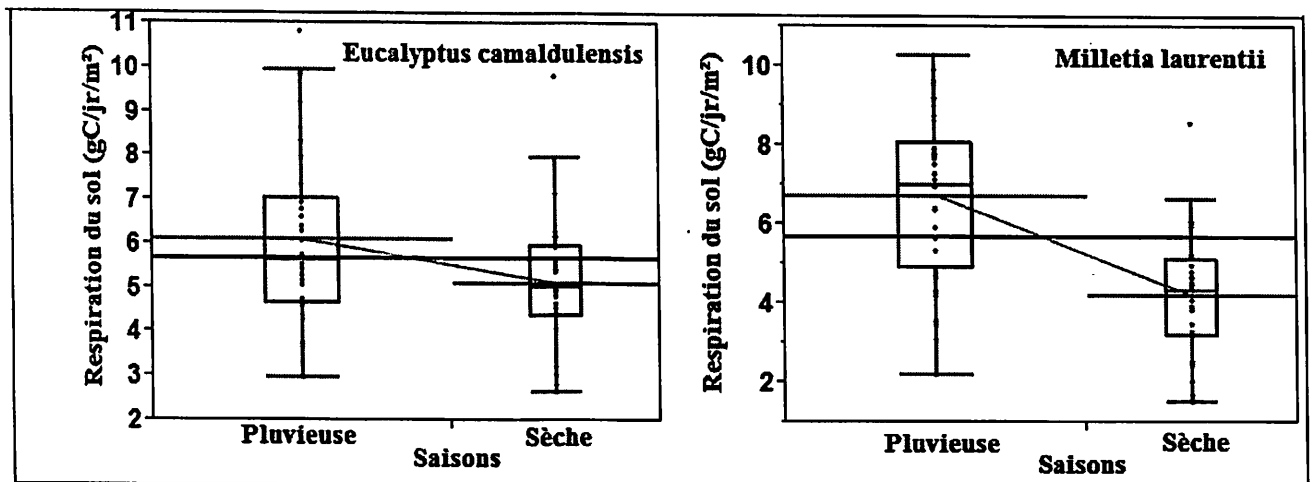


Fig.29 : Comparaison de flux sortant dans le sol via la respiration du sol entre les saisons et entre les deux peuplements

La situation de la figure ci-dessus montre que le flux de carbone est important en saison de pluie qu'en saison sèche au sein de chaque type de peuplement (*Eucalyptus camaldulensis* p-valeur= 0,0012) et (*Millettia laurentii* p-value = 0,0001). Ceci confirme l'hypothèse selon laquelle, l'humidité du sol serait le facteur prépondérant de la respiration du sol sous les tropiques étant donné que l'activité biologique favorisant la décomposition de la litière

par les organismes hétérotrophes du sol est plus intense en saison humide. Le potentiel hydrique contrôle l'activité biologique des micro-organismes telluriques (Orchard et Cook, 1983).

Nos résultats sont aussi confirmés par une étude menée au Congo-Brazza-ville à Pointe noire, par Kouilou en 2006 qui a démontré que le flux de carbone était important en saison pluvieuse et qu'il était faible en saison sèche, en précisant que les valeurs minimales de la saison sèche étaient de l'ordre de $2\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ (mai-septembre), alors que la valeur maximale en saison de pluie était de l'ordre de $10\mu\text{mol de CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ (Octobre-Avril). Par contre, la comparaison des émissions de CO_2 entre les deux peuplements ne montre pas une différence significative.

Le flux sortant de carbone du sol dans les écosystèmes forestiers peut varier selon le type de forêt, la composition des espèces, l'état du site et est positivement corrélée avec le stockage de carbone (Zhou *et al.*, 2000; Kang *et al.*, 2006).

4.5. COMPARAISON DE FLUX ENTRANT DANS LE SOL VIA LES RETOMBÉES AÉRIENNES ENTRE LES SAISONS SOUS LE PEUPEMENT à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*

La figure 30ci-après compare le flux entrant dans le sol via les retombées aériennes entre les saisons et entre le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii*.

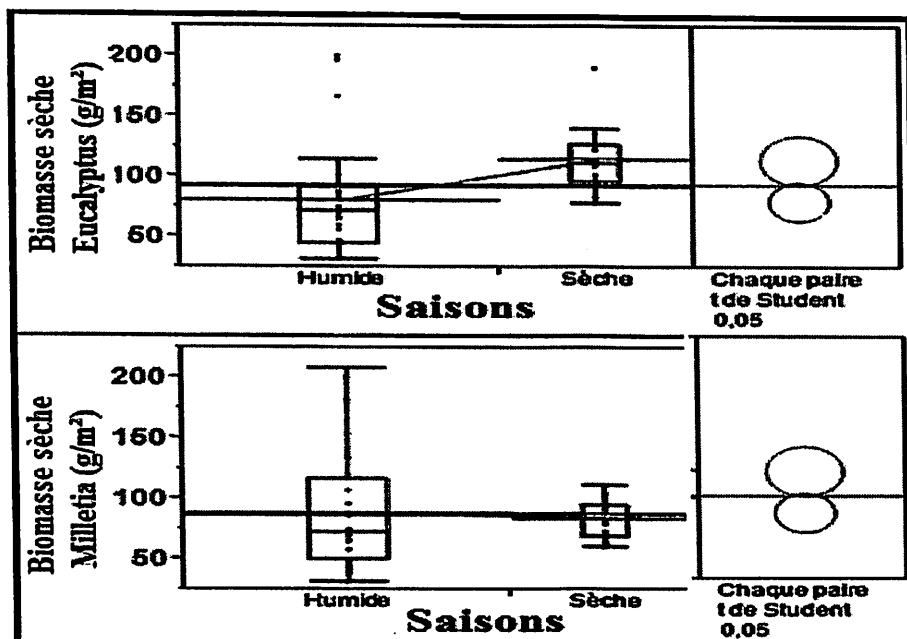


Fig. 30 : Comparaison de flux entrant dans le sol via les retombées aériennes entre les saisons et entre les deux peuplements

La comparaison des moyennes de biomasse sèche entre les saisons montre que le flux de carbone entrant dans le sol sous le peuplement entre les peuplements à *Eucalyptus camaldulensis* est significativement différent entre les deux saisons. Par contre, la biomasse sèche de retombées aériennes de *Millettia laurentii* entre les deux saisons n'est pas statistiquement différente, étant donné que la valeur du test de 0,3384 est supérieure au seuil de probabilité de 5 %. En outre, la comparaison des moyennes de biomasse sèche de retombées aériennes entre les deux peuplements n'est pas significativement différentes.

La différence non significative observée peut se justifier par le tempérament et le comportement du feuillage, la densité de l'essence, la grosseur des feuilles,... Mais aussi par le fait qu'au regard des données climatiques enregistrées, il n'y pas eu des mois secs pouvant permettre aux essences semi-décidues de perdre la quasi-totalité de leur feuilles durant la période de stress.

La saisonnalité de la chute de litière dans les forêts tropicales a été mise en évidence dans la littérature (Hopkins, 1966). Les pics de chute de quantité maximale de litière ont été observés après la saison sèche (Aliage et Rodrigues, 1968) dans la forêt tropicale camerounaise située dans la réserve de Bakundu (Sanuiet *al.*, 1988) et dans la plupart de forêts amazonienne ou guyanaise (Brouwer (1996). Ces pics des chutes maximales de litières particulièrement ceux de la litière des feuilles sont situées dans la saison sèche. Ces deux auteurs ont montré que les pics de chute maximale de litière sont liés à la période de stress hydrique, avec le maximum en saison sèche. D'autres explications ont été avancées comme par exemple le climat, la confection de phénomènes biologiques et mécaniques.

La tendance de chute de litière dans les écosystèmes forestiers tropicaux humides (Hudds, 1971 ; Sundarapandian et Swamy, 1993), comme dans n'importe quel type d'écosystème forestier, est de déterminer une diversité des facteurs tels que la composition spécifique, le stade de développement où l'âge de forêt est lié à la différence microclimatique (Sundarapandian et Swamy, 1999 ; Protochordé *et al.*, 1983).

4.6. RELATION ENTRE LE FLUX DE CO₂ DEGAGE DU SOL ET SES QUELQUES FACTEURS EXPLICATIFS (HUMIDITÉ ET TEMPÉRATURE DU SOL)

Le tableau 2 qui suit discute la relation entre la teneur en eau et la température du sol et le CO₂ respiré par le sol

Tableau 2 : Analyse de corrélation entre la teneur en eau et la température du sol et le CO₂ respiré par le sol

Humidité du sol			
Peuplements	r	r ²	P-valeur
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,68	0,46	0,0001**
<i>Millettia laurentii</i>	0,58	0,34	0,0012*
Température du sol			
Peuplements	r	r ²	P-valeur
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,053	0,0028	0,665
<i>Millettia laurentii</i>	0,23	0,053	0,0595

L'examen de cette relation montre que 63 % du flux de carbone dégagé par le sol sont influencés par la teneur en eau du sol et 37 % restants sont dûs à d'autres facteurs explicatifs non pris en compte dans cette étude. La p-value de 0,0001 dénote que la relation entre la teneur en eau du sol et le flux de carbone est évident. Ceci confirme les résultats des études menées par Pargade, 2000 et étudiant FTH, 2001 où ils concluent que l'humidité du sol et la topographie sont aussi des facteurs importants qui expliquent la respiration du sol ; aussi par Lamade en 1996 où il trouve que le flux de CO₂ est dépendant de la température, de l'humidité, du contenu des matières organiques du sol et de la densité racinaire et en fin, Gaëlle en 2006 qui a ressorti de son étude, que les variations saisonnières de CO₂ sont expliquées par la température et la teneur en eau du sol, et que les variations spatiales pouvaient être corrélées à des facteurs liés aux sols et à la végétation (surface terrière, activité microbienne, densité apparente) à l'échelle de la station forestière.

L'analyse de la relation entre la respiration et la température du sol montre que 18% seulement de flux de carbone sont influencés par la température et 82% restants sont expliqués par d'autres facteurs explicatifs. La p-value de 2,5 étant largement supérieure à 5 %, dénote que la température du sol dans notre étude à peu influencé le flux de carbone dégagé par

le sol. Ce résultat confirme ceux trouvés par Fang, 1998 et Etudiants FTH, 2001 qui expliquent qu'en milieu tempéré, la température est le premier facteur de variabilité de l'émission de CO₂ par le sol; en zones tropicales, où les variations de température sont nettement plus tamponnées au niveau du sol, ce facteur influe peu.

une autre étude menée par Xuf Qi en 2001 a montré que la respiration du sol variait significativement le long d'un gradient topographique, en relation avec les caractéristiques pédologiques changeantes sur Guyaflux, résultant de processus biologiques (c'est-à-dire maintenance et croissance des tissus des racines des végétaux et des activités de décomposition et modification de communauté microbienne) et physique (c'est-à-dire, diffusivité et altération de roches) dans le sol, et que chaque modification d'un paramètre de ces différents processus est potentiellement responsable de variations de flux carboné mesurés à la surface.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

L'objectif poursuivi dans cette étude était de mesurer d'une part, les flux de carbone sortant via la respiration du sol et entrant dans le sol via les retombées aériennes en vue de comparer et d'évaluer la variation de ces flux de carbone dans l'espace et dans le temps dans les peuplements à *Eucalyptus camaldulensis* et *Millettia laurentii*.

De plus, le travail visait à mesurer les flux sortants de carbone via la respiration du sol en vue d'évaluer aussi la variation de ces flux de carbone dans le temps et dans l'espace et de les comparer à la somme de flux entrant de carbone dans le sol via les retombées aériennes dans les deux peuplements étudiés.

Il s'est observé après les analyses que :

- ✦ Les flux de carbone dégagés par le sol sous le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia laurentii* ne varient pas spatialement d'une chambre respirométrique à une autre. Par contre, ils varient d'une période de mesure à une autre ; Le dégagement de CO₂ a semblé diminuer avec l'augmentation de la température surtout sous *Millettia laurentii*.
- ✦ La comparaison des moyennes de biomasse sèche de retombées aériennes qui retournent au sol entre les saisons montre une différence significative sous le peuplement à *Eucalyptus camaldulensis* et non significativement différentes entre les deux saisons sous le peuplement à *Millettia laurentii*. Par contre, les moyennes de biomasse sèche de retombées aériennes qui retournent au sol ne diffèrent pas entre les deux peuplements.
- ✦ Les flux sortant de carbone via la respiration du sol montre que, le flux de carbone est important en saison de pluie qu'en saison sèche au sein de chaque type de peuplement d'*Eucalyptus camaldulensis* et *Millettia laurentii*. Par contre, ces flux sortants de carbone via la respiration du sol ne diffèrent pas entre les deux peuplements ; la respiration du sol et la température du sol sous les peuplements d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Millettia laurentii* montre que le dégagement de CO₂ ne varie pas nécessairement avec la variation de la température du sol.

SUGGESTIONS

- Que des prochaines études similaires soient menées sous les peuplements artificiels sur une durée d'un an, afin d'intégrer leur lien avec la surface terrière ;
- Mesurer les différents facteurs explicatifs de la respiration du sol sous ces mêmes peuplements.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amani, K. (2012). Détermination de la biomasse retournant au sol par les retombées aériennes et la litière du sol dans la forêt mixte de la Yoko 71p, Mémoire inédit IFA-YANGAMBI, 2006.
- Bourgogne, A. (2008). Stockage naturel de carbone : état de lieu de connaissance et estimations régionales. Rapport technique, France. Vol2, 69-79
- Burke, M.K. and Raynal, D.J. (1994). Fine root growth phenology, production and turnover in a northern hardwood forest ecosystem. *Plant Soil* 162, 135–146.
- Campagna, M. (1996). Le cycle du carbone et forêt : De la photosynthèse aux produits forestiers. 171-179p
- Cote B., Hendershot W.H., Fyles J.W., Roy A.G., Bradley R., Biron P.M. and Courchesne F. (1998). The phenology of fine root growth in a maple dominated ecosystem: relationships with some soil properties. *Plant Soil* 201, pp. 59–69.
- Dabin, B. (1981). Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Car OSTORM, Série pédol* 18 (4) : 197-215.
- Duchaufour P. (1983). Pédologie – pédogène et classification, Masson-Paris pp2147-2149.
- Fahey, T.J. and Hughes, J.W. (1994). Fine root dynamics in a northern hardwood forest ecosystem, Hunnard Brook Experimental Forest, N H. J. *Ecol.* 82, pp. 533–548.
- Gbelu, K. (2012). Caractérisation spatiale et temporelle de la respiration du sol en forêt mixte dans la réserve forestière de la Yoko/P.O. en RD Congo. 61p, Mémoire inédit IFA-YANGAMBI, 2012.
- Grogan, P. et Chapin, F. (1999). Arctic soil respiration effects of climate and vegetation depend on season Vol 2., *Issues*, pp451-459
- Hanson, P. Wullschleger, S., Bohlman, S. et Tood, D., (1993). Seasonal and topographic patterns of forest floor CO₂ efflux from an upland oak forest: Tree physiology 13:1-15.
- Hendricks, R.L. and Pregitzer K.S. (1993a). The dynamics of fine root length, biomass and nitrogen content in two northern hardwood ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research* 23: pp. 2507-2520.

- Jeanssens, I, et Ceulmans R. (1998). Spatial variability in forest soil CO₂ efflux assessed with a calibrated soda line technique. "Ecology letter, 95-98.
- Joslin, J.D., Wolfe, M.H. and Hanson, P.J. (2001). Factors controlling the timing of root elongation intensity in a mature upland oak stand. *Plant Soil* 228, pp. 201–212.
- Kadange, N. (1996). Distribution écologique et essai de capture-recapture de petits mammifères (rongeurs et insectivores) de concession du Jardin Zoologique de Kisangani ; Mémoire inéd ; Fac. Des sciences /UNIKIS 71p
- Kakuni, M. (2013). Cours de biologie du sol, premier grade, IFA-Yangambi.68p
- Kambale, N. (2013). Evaluation du stock en carbone organique et la biodisponibilité du phosphore dans le sol sous *Millecia excersa* (welw). En plantation dans l'arboretum de Kisangani R. D. Congo.70p, Mémoire inédit IFA-YANGAMBI, 2013.
- Keith, H. Jacobsen K.L. et Raison R.J. (1997). Effects of soil phosphorus availability, temperature and moisture on soil respiration in *Eucalyptus paniculata* forest plant and soil (1): 127-141.
- Keyes, M. R. and Grier C. C. (1981). Above and below ground root production in 40 year old Douglas fir stands in low and high productivity sites. *Can. J. For Res* 11, pp.599–605.
- Levy, G. et Lefevre J. (2001). La forêt et sa culture sur le sol à nappe temporaire. Nancy, FR, Engref.223p
- Litemandja, N. (2013). Cours d'écosystèmes forestiers et gestion des aires protégées, deuxième grade, IFA-Yangambi.45p
- Livingston, G. et Hutchinson G. Hutchinson G. (1995). En closure-based measurement et trace gas exchange: applications and sources of error. Oxford, Blackwell scientific publication.394p
- Lundegardh, H. (1927). Carbon dioxide evolution of soil and crop growth, *soil science* 23: 417-453.
- Lundquest, E. (1999). Wet-dry cycles affect dissolved organic carbon in two California agricultural soil". *Soil biology and biochemistry* 31: 1031-1038.

- Norman, (1997). A comparison of six methods for measuring soil surface carbon dioxide fluxes. *Journal of geophysical Research*.7p
- Ntumba, B. (2015). L'importance d'une flore urbaine comme puit de carbone : cas de flore du Jardin Zoologique de Kisangani, et son actualisation spatiale. Mémoire inédit – FGRNR/UNIKIS, 2015.69p
- Pargade, J. (2000). Analyses des variations spatio-temporelles du flux de CO₂ d'un sol forestier mesuré par la méthode dynamique. DEA de Biologie forestière, Université H. Poincaré, Nancy, INPA Bordeaux, 30p.
- Paluku. T. (2006). Morphométrie, reproduction et structure des populations chiroptère dans les habitats naturels du Jardin Zoologique de Kisangani(RDC) Mémoire inédit ; Fac. Des sciences /UNIKIS 39p
- Rayment et Jarvis P. G. (1997). An improved open chamber system measuring soil CO₂ efflux in the field, "Journal of Geophysical Research" 24p
- Saugier, B. (1999). Bilan carbone des écosystèmes.38p
- Schawitz, (1998). Origine et évolution des racines. *the new England journal of medicine* 338(5) ;307-312
- Yan, T. Yang, L. et Campbell C.D. (2003). Microbial biomass and metabolic quotient of soils under different land use in the three Gorges Reservoir area *Geoderma* 115 (1-2): 129-139.

WEBOGRAPHIE

1. www.apequa/component/content
 2. [Fr.wikipedia.org/wiki/cycle-du-carbon=int.C3.Arg.C3.Aat](http://fr.wikipedia.org/wiki/cycle-du-carbon=int.C3.Arg.C3.Aat).
 3. [Fr.wikipedia.org/wiki/eucalyptus](http://fr.wikipedia.org/wiki/eucalyptus).
 4. [http:wikipediahumus](http://wikipediahumus).
 5. www.apequa/componet/content.
 6. www.futura-sciences.com/magazines.../d/botanique-eucalyptus-8065/.
 7. www.hippocratus.com/metastite/.../Eucalapytusmemoires.warotpdf.
- www.plantes du sud.com, fiches conseil.

TABLE DES MATIERES

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
1.1. PROBLEMATIQUE	1
1.2. HYPOTHESES	3
1.3.1. Objectif général	3
1.3.2. Objectifs spécifiques	3
1.4. But du travail	3
1.5. Intérêt du travail	4
1.6. Subdivision du travail	4
CHAPITRE PREMIER : GENERALITES	5
1.1. LA RESPIRATION DU SOL (EMISSIONS DE CO₂ DU SOL)	5
1.2.2. Respiration hétérotrophe	5
1.2.3. Respiration autotrophe	5
1.2.4. Facteurs influençant la respiration du sol	5
1.2.4.1. Facteurs climatiques (température et humidité)	5
1.2.8. Variabilité de la respiration du sol	6
1.8.2. Méthodes de mesure de co₂	6
1.8.2.1.6. Système ferme statique	7
1.8.3. Retombées aériennes	8
1.8.3.1. Définition	8
1.8.3.2. Origine des retombées aériennes	8
1.8.4. Cycle de carbone	9
1.8.4.1. Aperçu global	9
1.8.4.2. Stock de carbone des écosystèmes terrestres	9
1.1. 2. Le carbone dans la biosphère	10
CHAP 2 MILIEU, MATERIEL ET METHODE	12
2.1. MILIEU	12
2.1.1. Situation géographique	12
Fig1 : La carte de la flore urbaine de Kisangani. Source : Ntumba, 2015	13
2.1.2. Le climat	14
2.1.3. Sol	15
2.1.4. Végétation	15

2.1.5 Hydrographie.....	16		
Fig.2 : Carte de Kisangani et ses environs.....	17		
2.1. MATERIEL NON BIOLOGIQUE	18		
2.2. MATERIEL BIOLOGIQUE.....	19		
2.2.1.2 <i>Millettia laurentii</i> De wild (wenge).....	23		
2.3. METHODOLOGIE.....	25		
2.3.1. Méthode de mesure des retombées aériennes	25		
2.3.1.1. Installation des collecteurs de litière.....	25		
Fig. 3: Installation des collecteurs de litière.....	25		
2.3.1.2. Collecte et traitement des retombées aériennes	25		
Fig. 4: Collecte mensuelle des retombées aériennes.....	26		
Fig. 5 : Triage de retombées aériennes	Fig. 6 : Pesée des retombées aériennes	27	
2.3.1.3. Installation des chambres respirométriques	27		
Fig. 7 : l'installation des chambres respirométriques	28		
2.3.1.4. Préparation de la chaux sodée au laboratoire.....	28		
Fig.8 : Pesée du poids sec de boîtes de Pétri	Fig.9 : Pesée poids sec de boîtes de Pétri +Chaux	29	
2.3.3.2. Mesure de la Respiration du Sol.....	29		
Fig. 10: Aspersion de 8 ml d'eau sodée	Fig. 11 dépôt de la chaux sodée dans la chambre respirométrique.	sur la chaux	30
Fig.12 : Retrait de la chaux sodée	Fig.13 relier la boîte de Pétri	des	31
chambres respirométriques	par un parafilm		
Fig. 15 : Mesure de la température du sol.....			33
3.5. ANALYSE DES DONNEES.....			33
3.5.1. Calculs de la biomasse sèche et de la respiration du sol			33
CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE RESULTATS.....			35
3.1.RESPIRATION DU SOL.....			35
3.1.1.Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement d' <i>Eucalyptus</i>			35
Fig. 16 : Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> ..			35
3.1.2. Variation spatiale de CO ₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvements sous le peuplement d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>			36
Fig. 17 : Variation spatiale de CO ₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement.....			36
3.1.3.Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement de <i>Millettia laurentii</i>			37
Fig. 18: Variation spatiale de la respiration du sol sous le peuplement de <i>Milletia laurentii</i>			37

3.1.4. Variation spatiale de CO₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement sous le peuplement de <i>Milletia laurentii</i>	38
Fig. 19 : Variation spatiale de CO₂ dégagé par chacune des chambres respirométriques en fonction de périodes de prélèvement.....	38
Fig. 20 : Variation temporelle de CO₂ dégagé par chacune des périodes de mesure en fonction de chambres respirométriques sous <i>Eucalyptus</i>	39
3.1.6. Variation temporelle de CO₂ dégagé par chacune des périodes de mesure en fonction des chambres respirométriques sous le peuplement de <i>Milletia laurentii</i>	40
Fig. 21 : Variation temporelle de CO₂ dégagé par chacune des périodes de mesure en fonction de chambres respirométriques sous <i>Milletia laurentii</i>	40
3.1.7. Variation temporelle de la respiration du sol sous les peuplements d'<i>Eucalyptus camaldulensis</i> et de <i>Milletia laurentii</i>	41
Fig. 22 : Variation temporelle de CO₂ moyen dégagé par chacune des périodes de mesure.....	41
3.1.8. Relation entre la respiration du sol et l'humidité du sol sous les peuplements d'<i>Eucalyptus camaldulensis</i> et de <i>Milletia laurentii</i>	42
3.1.9. Relation entre la respiration du sol et la température du sol sous les peuplements d'<i>Eucalyptus camaldulensis</i> et de <i>Milletia laurentii</i>	43
3.2. CHUTE DE LITIÈRES	44
3.2.1. Chute de litières sous le peuplement d'<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	44
Fig.25 : Chute de litières sous le peuplement d'<i>Eucalyptus camaldulensis</i>.....	44
3.2.1. Chute de litières sous le peuplement de <i>Milletia laurentii</i>.....	45
CHAPITRE 4 : DISCUSSION DE RESULTATS	46
4.1. VARIABILITÉ SPATIALE DE FLUX SORTANT DE CARBONE DU SOL SOUS LE PEUPEMENT à <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et à <i>Milletia laurentii</i>	46
Fig. 27: Variabilité spatiale de flux sortant de carbone du sol sous le peuplement à <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et à <i>Milletia laurentii</i>	46
4.2. VARIABILITÉ TEMPORELLE DE FLUX SORTANT DE CARBONE DU SOL SOUS LEPEUPEMENT à <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et à <i>Milletia laurentii</i>.....	48
Fig. 28 : Variabilité temporelle de flux sortant de carbone du sol sous le peuplement à <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et à <i>Milletia laurentii</i>	48
Tableau 1 : Comparaison multiple des moyennes des émissions de CO₂	49
4.3. COMPARAISON DE FLUX SORTANT DANS LE SOL VIA LA RESPIRATION DU SOL ENTRE LES SAISONS ET ENTRE LE PEUPEMENT à <i>Eucalyptus camaldulensis</i> et à <i>Milletia laurentii</i>	50
Fig.29 : Comparaison de flux sortant dans le sol via la respiration du sol entre les saisons et entre les deux peuplements.....	50

4.5. COMPARAISON DE FLUX ENTRANT DANS LE SOL VIA LES RETOMBÉES AÉRIENNES
ENTRE LES SAISONS SOUS LE PEUPEMENT à *Eucalyptus camaldulensis* et à *Millettia
laurentii*..... 51

Fig. 30 : Comparaison de flux entrant dans le sol via les retombées aériennes entre les saisons et entre les
deux peuplements 51

4.6. RELATION ENTRE LE FLUX DE CO₂ DEGAGE DU SOL ET SES QUELQUES FACTEURS
EXPLICATIFS (HUMIDITÉ ET TEMPÉRATURE DU SOL)..... 53

Tableau 2 : Analyse de corrélation entre la teneur en eau et la température du sol et le CO₂ respiré par le
sol 53

CONCLUSION ET SUGGESTIONS..... 55

SUGGESTIONS..... 56

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 57

WEBOGRAPHIE 59

TABLE DES MATIERES 60