

Le site-atelier de Pointe Noire

CongoFlux (République du Congo)

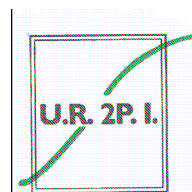
(Plantation industrielle d'Eucalyptus au Congo et savane originelle)

Rapport Annuel 2008

Coordinateur **Laurent Saint-André**
CIRAD, TA 10/D, Campus de Baillarguet
34398 Montpellier Cedex 5

Participants :

1. **CIRAD** : L. Saint-André ; P. Deleporte ; C. Jourdan ; J-P. Bouillet
2. **UR2PI** : A. de Grandcourt (Cirad) ; J. Levillain (Cirad) ; J-N. Marien (Cirad) ; Yves Nouvellet (Cirad) ; A. Thongo. (Congo) ; F. Bikindou (Congo) ; H. Gomat (Congo)
3. **UMR 1137 Nancy** : Daniel Epron. **UR 1138 Nancy** : Jacques Ranger, Bernd Zeller



Décembre 2008

Introduction générale

1- Faits marquants :

Durant cette année 2008 :

1. Après réfection du site de Kondi, les récoltes d'échantillons de solutions ont repris (voir Encadré n°1). L'étude des flux de Carbone Organique Dissout a effectivement commencé avec l'arrivée d'un doctorant (Antoine Versini) en octobre 2008 après le gros travail de mise en compatibilité du dispositif mené par Joseph Levillain. La thèse d'Antoine Versini portera sur l'impact de la gestion des rémanents d'exploitation sur la dynamique de la matière organique des sols et leur fertilité minérale en plantation d'eucalyptus au Congo. Elle se fera sur la parcelle expérimentale de plantation et sur la savane. Une station météo a également été mise en place sur le site.
2. Le site de Luvuiti a été redimensionné à cause de difficultés de gestion de l'herbe. Les mesures se poursuivent dans les placeaux 10 000 tiges/ha. Les objectifs sont globalement restés les mêmes, à savoir quantifier les effets des facteurs densité et fertilisation sur la productivité primaire nette aérienne (ANPP), la surface foliaire (LAI), les allocations de biomasse entre les différents compartiments, l'efficacité d'utilisation de la lumière (LUE) et la mortalité (voir Encadré n°2).
3. Pour compléter l'étude des déterminants de la fertilité des sols du massif d'eucalyptus, une campagne de mesures des éléments bio-disponibles a été réalisée grâce à l'installation de résines échangeuses de cations et de résines mixtes. Les résines sont en cours de traitement en France (voir Encadré n°3).
4. L'étude des transferts d'azote (suite de la thèse de Remi d'Annunzio soutenue en janvier 2008) se continue avec un nouveau prélèvement d'échantillons effectué en octobre 2008 (voir Encadré n°4).
5. L'étude de la gestion des rémanents sur la croissance des plantations (essai CIFOR) se poursuit avec la 3ème rotation après savane (voir Encadré n°5). Une diminution de la croissance des arbres est observée pour tous les traitements entre la deuxième et la troisième rotation après savane.
6. Sur la savane, la plantation d'eucalyptus a été retardée pour des raisons économiques, la crise économique mondiale ayant contraint EFC à réduire ses dépenses. Ce retard permet toutefois de coupler une année entière de mesure pour les études démarrées en décembre 2007. Les mesures par la technique d'eddy covariance se poursuivent.
7. Les mesures de flux de méthane se poursuivent pour boucler une année entière. Les résultats sont intéressants, montrant une forte émission de méthane au niveau des termitières et une consommation nette du méthane dès qu'on se place hors de la termitière. La zone d'influence de celle-ci à moins d'un mètre de rayon (voir Encadré n°6). Americo Rasile est également revenu pour une deuxième campagne de mesure qui devait se tenir pendant la saison des pluies. En raison de conditions climatiques particulières cette année 2008, cette période correspondait plutôt à une saison sèche intermédiaire particulièrement marquée.
8. La dynamique racinaire en savane montre également des résultats prometteurs en rhizotrons et en carottes de recolonisation. La dynamique montre une forte variabilité saisonnière. La croissance est en générale fonction de la quantité de pluie tombée lors du temps de résidence de la carotte de recolonisation sauf lors de la période de mise en réserve du carbone des herbes dans les racines à la fin du cycle annuel.
9. Une étude sur les risques d'érosion dans le massif est en cours de réalisation. Elle est menée par Gaël Sola (étudiant à Agro Paris Tech) et Brice Mayima (étudiant de l'Université Marien Ngouabi). La quantité et la qualité d'eau ruisselée ainsi que la quantité et la qualité des surnageants a été mesurée après une simulation de pluie dans différentes situations de pentes pour différentes occupations des sols (plantation, savane, piste, pare-feu) (voir Encadré n°7).
10. Des échantillons de sol ont été prélevés dans le cadre du projet Dynamos (Dynamique moléculaire de la matière organique du sol), projet ANR dirigé par Christine Hatté du LSCE.
11. Armel Thongo Mbou a soutenu sa thèse portant sur l'Etude des composantes statique (topologie et géométrie) et dynamique (production et respiration) de l'architecture du système racinaire d'un clone d'eucalyptus PF1 (1-41) dans les plantations au Congo le 23 juin 2008. Armel Thongo Mbou a été recruté comme chercheur au sein de l'UR2PI le 12 décembre 2008 pour travailler sur la durabilité des plantations.
12. Un biogéochimiste Louis Mareschal, a été recruté par le CIRAD et affecté à l'UR2PI. Il est arrivé le 6 décembre 2008.

2- Compléments quantitatifs

Missions Europe-Congo

Yann Nouvellon : appui à Hugues Gomat, janvier 2008

Americo Rasile (doctorant de l'Université Naples 2) : mesure de l'effet de l'humidité sur les flux de N₂O et CH₄ des sols de savane. Campagne de saison des pluies 18-25 février 2008

Laurent Saint André : Appui aux thésards, projets en cours (CARBOAFRICA, EMERGE). 28 mai – 12 juin 2008

Delphine Derrien : Appui aux thésards, projets en cours (ANR DYNAMOS). 28 mai – 4 juin 2008

Daniel Epron et Loïc Pagès : soutenance de thèse d'Armel Thongo Mbou 16-23 juin 2008

Laurent Saint André Appui aux thésards, projets en cours (CARBOAFRICA). 20 octobre-7 novembre 2008

Serge Didier : prélèvement d'échantillons dans le cadre de l'étude du transfert de l'azote, 20 -30 octobre 2008

Missions Congo-Europe ou Afrique

Armel Thongo Mbou et Hugues Gomat : Cours CarboAfrica : « site survey, Soil and vegetation characterisation, photosynthetic measurements and Eddy covariance measurements and processing » à Phalaborwa, Afrique du Sud, 7-17 mars 2008

Armel Thongo Mbou : travail sur manuscrit de thèse avec Daniel Epron et Christophe Jourdan à Nancy et Montpellier 19 mars - 9 mai 2008

Fanny Bikindou INRA de Nancy Rédaction du protocole d'extraction des résines, Extraction et début d'analyses des extraits de résines, Nancy, France, juillet 2008

Joseph Levillain et Agnès de Grandcourt : réunion annuelle CarboAfrica, Accra, Ghana, 23-29 novembre 2008

Fanny Bikindou INRA de Nancy et CIRAD, travail sur les données de thèse. Novembre - décembre 2008

Hugues Gomat : INRA de Nancy et CIRAD, travail sur les données de thèse, Novembre - décembre 2008

Accueil stagiaires

Gaël Sola (étudiant AgroParisTech) : risques d'érosion sur le massif d'eucalyptus de Pointe Noire, septembre-décembre 2008

Brice Mayima (DEA, université Marien Ngouabi) : risques d'érosion sur le massif d'eucalyptus de Pointe Noire, septembre 2008 – février 2009

Claise Minzélé (étudiant Institut du Développement Rural, Université Marien Ngouabi) : dynamique de la croissance racinaire en savane, novembre 2007 – février 2009

Sedric Mambouana (Institut du Développement Rural, Université Marien Ngouabi) : flux de méthane et de protoxyde d'azote dans la savane, novembre 2007 – février 2009

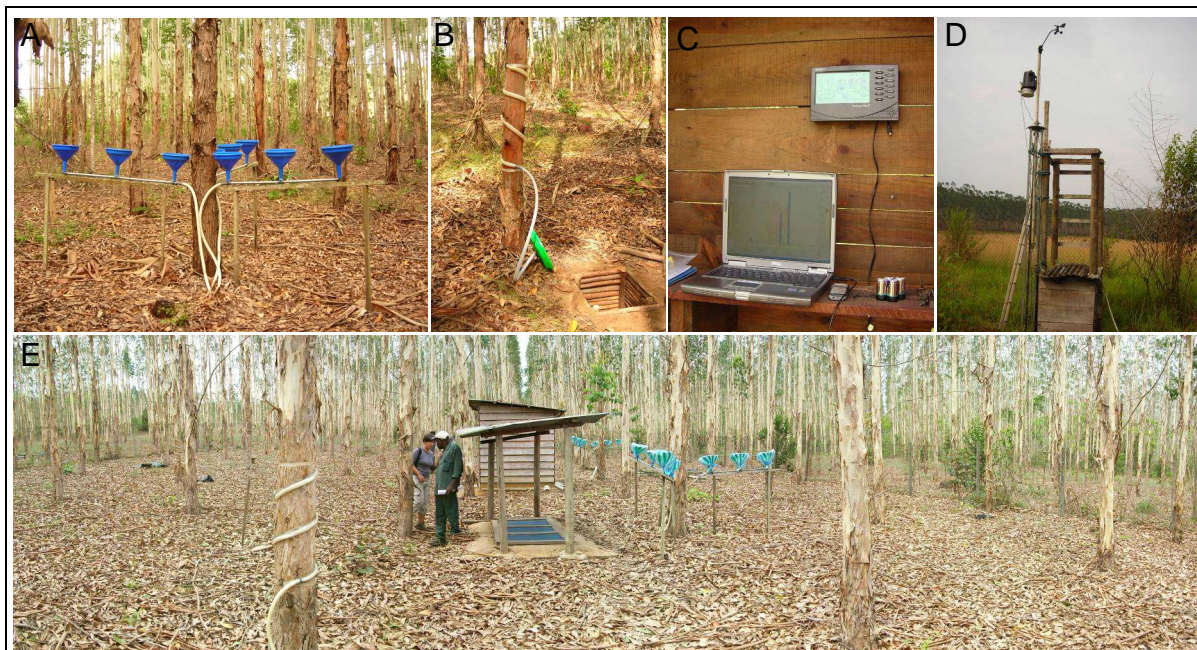
Publications

L. Merbold, W.L. Kutsch, J. Ardo, Y. Nouvellon, A. de Grandcourt, R.J. Scholes, A. Arneth, D. Ramier, B. Cappelaere, N. Boulain, U. Falk, L. Kergoat, M. M. Mukelabai, S. Archibald, F. Timouk, E. Mougin, Valerie Le Dantec, E. Ceschia, 2008, Precipitation as driver of carbon fluxes in 11 African ecosystems, BGD, 5, 4071-4105

Thongo Mbou A., 2008, Etude du système racinaire de l'Eucalyptus en plantation tropicale : analyse architecturale, croissance et respiration, Thèse de l'Université Nancy I et de l'Université Marien Ngouabi, 181 p.

Encadré n°1– Dispositif d'études des cycles biogéochimiques et mise en place de l'étude d'impact de la gestion des résanants d'exploitation sur la dynamique de la matière organique des sols et leur fertilité minérale en plantation d'eucalyptus au Congo

Le site d'étude des cycles biogéochimiques de Kondi (Rep. Du Congo) a été remis en service après le changement des tuyaux de bougies poreuses afin de permettre d'étudier le Carbone Organique Dissout (COD) du sol. Le site est agrémenté par une station météo qui permet un suivi précis des précipitations et de l'évapotranspiration potentielle. Nous avons remis en état le dispositif de collecte des pluies (pluviolessivat, écoulement de troncs, capteur de dépôt sec) afin d'avoir une « baseline » avant l'exploitation prévue en Mars 2009. L'exploitation en saison des pluies nous permettra de déterminer l'impact de ces travaux sur les solutions de sol.



Figures 1 : Photographies de la remise en état du site de collecte des pluies de Kondi, (A) mise en place des pluviollessivats, (B) mise en place des écoulements de troncs, (C et D) console et capteur pour la collecte des données météorologiques, (E) vue d'ensemble du site d'étude de Kondi sous plantation d'eucalyptus 1-41.

En octobre 2008, une thèse est financée sur ce site, le sujet d'étude est : « *impact de la gestion des résanants d'exploitation sur la dynamique de la matière organique des sols et leur fertilité minérale en plantation d'eucalyptus au Congo* ». Afin de mener cette étude, nous avons mis en place un dispositif de collecte des solutions de sol « témoin » en savane avec 3 répétitions de bougies poreuses (15, 50 et 100cm) et 3 répétitions de mini plaques lysimétriques sous la litière (Cf. figures 2). Un dispositif de mesures de la respiration du sol a été installé en savane et sous plantation afin de quantifier les composantes qualitative et quantitative du carbone émis par la respiration du sol. Après stabilisation des colliers, les mesures devraient commencer au mois de Janvier 2009. Après exploitation, l'essai sera complété par la mise en place de deux traitements du Cifor (BI3 et BI0) sur les sites où il est

possible de mesurer les flux de COD et de NOD dans le sol (dispositif lysimétrique en place), nous devrions pouvoir quantifier l'impact, comprendre les processus impliqués et évaluer les risques à long terme d'une gestion plus ou moins intensive des plantations industrielles sur les stocks et flux de carbone et d'azote dans les sols tropicaux de Pointe Noire.



Figure 2 : photographie de la mise en place du dispositif « témoin » de collecte de solution de sol sous savane, (A) mini plaques lysimétriques, (B) bougie poreuse dans le sol, (C) tranchées reliant les trois fosses de prélèvement vers la fosse de pompage, (D) une fosse de 1m de profondeur pour la collecte des solution de sol, (E) vue d'ensemble du chantier de la mise en place du dispositif lysimétrique.

Encadré n°2– dispositif expérimental de Luvuiti (réduit à 10ha)

Activité courante : Le dispositif de Luvuiti est un essai sylvicole classique combinant les approches dendrométriques, écophysologiques et biogéochimiques pour séparer la part de la production liée à la génétique (trois clones testés), à l'environnement (via la fertilisation non limitante) et celle associée à la compétition entre arbres (via les régimes d'éclaircies). Il pour objectif : comprendre, quantifier et modéliser l'impact de la fertilisation, de la densité de plantation et des régimes d'éclaircies sur la production de bois et la structure des peuplements et par l'identification des mécanismes sous-jacents (efficacité d'utilisation de la lumière, allocation etc..) L'année 2008 était consacré essentiellement à la récolte des données : Croissance (hauteur, diamètre à la base et diamètre à 1.30 m), mortalité, Indice de surface foliaire, chute de litières et à la poursuite des travaux de sylviculture prévue (fertilisation, éclaircie). Une base importante des données se constitue : 3 points de mesures de Hauteur (3, 7 et 12 mois) ; 2 points de mesures de Diamètre à la base et à 1.30 m (7 et 12 mois) ; 5 points de mesure de LAI (4, 5, 7, 9 et 12 mois), 14 points de récolte de chute de litière (tous les 15 jours). Sont aussi disponible : les mesures de taux de cendre sur 124 échantillons de litière au sol avant plantation représentant les 4 blocs, la densité apparente.

En raison de difficulté d'entretien du dispositif initial, le choix a été fait de se concentrer sur quelques placettes bien entretenues plutôt qu'un dispositif entier mal entretenu. Le choix s'est porté sur les parcelles 10 000 tiges/hectares ainsi que les placeaux LAI. La surface totale de l'essai est donc réduite à 10 hectares.

Principaux résultats sur l'année 2008 :

Résultat 1 : la détermination de la fertilité de la parcelle avant plantation en vue de la mise en place d'un plan optimal a été faite sur l'analyse de deux composantes : 1)- Analyse du gradient de pente de la parcelle expérimentale ; 2)- Analyses des spectres nirs obtenues sur les échantillons de sol provenant des 179 placeaux de la zone d'expérimentation. Au final 716 échantillons de sol ont été prélevé dans 4 horizons (0-10, 10-20, 20-30 et 30-50 cm). Cette année nous avons procédé à une analyse de l'indice de fertilité naturelle (vérification des résultats nirs) ; les résultats dans la parcelle viennent valider a posteriori le dispositif mis en place (Thèse en cours de Fanny Bikindou). Pas de différence de fertilité entre les de zone de fertilisation (Figure 1).

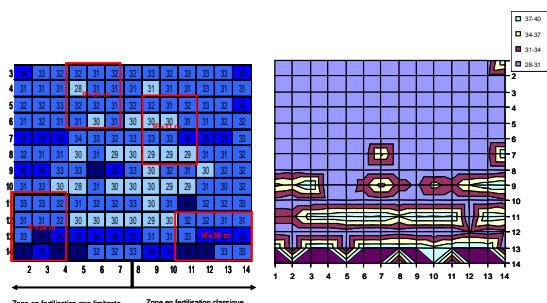


Figure 1 : carte d'indice de fertilité des sols. En rouge, placeaux 10000 tiges/ha

Résultat 2 : Premiers résultats prometteurs, la mortalité est moins importante en fertilisation non limitante (figure 2).

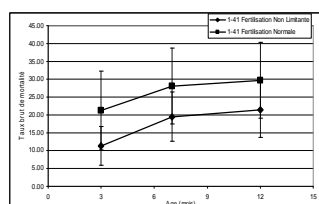


Figure 2 : mortalité pour le clone 1-41 entre les deux zone de fertilisation

Résultat 3 : Les résultats d'analyse de Hauteur totale, la hauteur dominante, le diamètre à la base, le diamètre à 1,30 m, la surface terrière à la base montrent à 3 mois une différence entre zone de fertilisation. Les arbres sont moins grands dans la zone de fertilisation non limitante ayant reçu en plus un amendement calcaire. Mais à 7 mois avec pour différence unique l'amendement calcaire la tendance s'inverse et se maintient à 12 mois. Les arbres en fertilisation non limitante ayant reçu une

fertilisation complémentaire au NPK poussent mieux et il apparaît une différence de croissance entre clones (les clones d'E.urograndis poussent mieux que le clone 1-41).

Résultat 4 : La surface spécifique des feuilles diminue de façon exponentielle quand l'âge des arbres augmente (Source Fanny Bikindou et Claire Marsden).

Encadré n°3– étude des déterminants de la fertilité des sols du massif d'eucalyptus

Premiers résultats

Les résultats préliminaires de ces travaux montrent:

(i) une variation de l'indice de fertilité allant de 25 m à 36 m pour l'ensemble des placettes étudiées soit respectivement un accroissement moyen annuel de 4 m³/ha/an et 24 m³/ha. Cette variation entraîne des pertes en production du volume de bois (figure1)

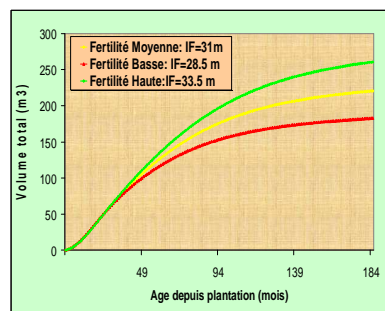


Fig 1: Relation fertilité et production en bois

(ii) SLA entre les placettes, avec un écart de 20,7 cm²/g entre le maximum et le minimum. Ces valeurs sont inférieures à celle obtenues par Nouvellon (2001) et Saint-André (2005) qui observent pour le même clone des valeurs de 80-120 cm²/g et 100-180 cm²/g respectivement. Cette différence pourrait s'expliquer par l'effet de l'âge des plantations (Figure 2)

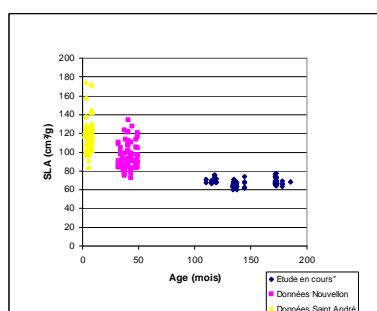


Fig 2 :Variation de SLA en fonction de l'âge.

(iii) les caractéristiques chimiques des sols sont également variables avec une faible teneur en bases échangeables (0.39-0.44), une faible capacité d'échange cationique (0.47-0.56 me/100g) et également de faibles taux en matière organique (0.43%-0.58 %); (iv) les analyses foliaires montrent également une forte variabilité (par exemple 1.12%-2.01% ; 0.09 %-0.20 % respectivement pour N et P) et des teneurs faibles comparées aux seuils définis par Bonneau (1995) pour les espèces les moins exigeantes (par exemple, 2% à 2.5 % pour N et 0.15 à 0.18 % pour P); (v) les régressions linéaires multiples entre l'indice de fertilité des placettes et les analyses foliaires, racinaires ou chimiques du sol sont peu significatives excepté pour le magnésium foliaire qui montre une corrélation négative avec l'IF ($r^2=0.23$); (vi) par contre, les spectres NIRS expliquent 67 % de la variabilité de l'indice de fertilité (figure 3).

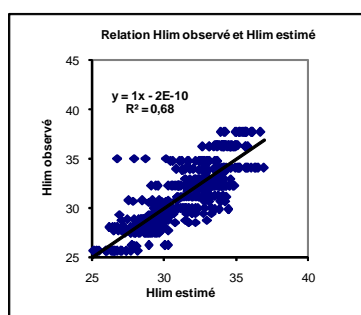


Fig 3 : Relation Hlim estimé et Hlim Observé

L'analyse des données se poursuit avec d'autres méthodes statistiques (ACP, PLS) pour expliciter les causes de cette variabilité. Celle-ci confirme que la matière organique (C et N), le Ca, et la somme des bases échangeables sont les supports de l'indice de fertilité mais il ya d'autres facteurs non identifiés qui se traduisent par des gammes de spectres pour lequel l'indice de fertilité n'est pas lié à un élément de la chimie du sol.

Essai résines

Pour affiner la recherche des indicateurs de fertilité, telle la matière organique, il a été mis en place l'essai résines pour étudier la disponibilité en éléments minéraux dans trois traitements de gestion de la matière organique. BL0, BL4, BL3 dans le site de Kondi A cet effet des résines échangeuses d'ions cationiques et mixtes ont été installées dans 6 placettes. 5 sacs de chaque type de résine ont été placés à 15 cm du sol. Au total, 180 sacs de résines ont été incubés au champ durant 3 dates 7, 14, et 21 jours. A chaque date 10 sacs étaient pris par placette soit 60 sacs par date.

A chaque récolte, les résines ramenées au laboratoire étaient nettoyées à l'eau distillée puis sécher à l'air, celles-ci ont été ramenées en France pour extraction et analyses.

Par ailleurs des points GPS ont été pris à 20 points caractéristique autour du massif pour recaler le MTN avec le parcellaire de l'industriel et aussi d'estimer des indices topographiques (pente sur la placette, pente en amont de la placette, altitude etc.) susceptibles d'apporter des explications supplémentaires sur la variation de l'indice de fertilité dans le massif.

Etant donnée l'exploitation des parcelles de certaines zones par EFC, il a été nécessaire pour nous de relocaliser nos placettes.

Encadré n°4– Etude des transferts d'azote à l'interface sol/plante (immobilisation et restitution) par le biais d'expérience reposant sur l'enrichissement en ^{15}N sous forme d'engrais ou de rémanent (suite travaux de thèse de Rémi d'Annunzio)

Les expérimentations sur la dynamique de transfert de l'azote marqué au ^{15}N entre le sol et la plante ont été poursuivies cette année (poursuite des travaux initiés par la thèse de Rémi d'Annunzio). 6 arbres ont été prélevés (site de Kondi) pour étudier le transfert de ^{15}N de la décomposition des rémanents marqués vers la plante et 8 autres (site de Kissoko) pour l'étude des transferts de ^{15}N entre les engrais et la plante. Les travaux de terrain ont porté sur des prélèvements la biomasse et minéralomasse sur l'eucalyptus, de litières et enfin sur des prélèvements de sols. Les échantillons récoltés ont été séchés, broyés, et préparés par le laboratoire de l'UR2PI et seront analysés au laboratoire de l'INRA de Nancy. Ces expérimentations serviront à quantifier les stocks et la dynamique des flux d'Azote dans l'écosystème des plantations. A terme, ces résultats permettront d'étudier l'évolution et la modélisation de la décomposition de la matière organique dans le sol sous peuplement forestier.



Figures 1 : photographies des prélèvements de terrain pour l'expérimentation ^{15}N . (A) prélèvement sélectif de la litière ; (B) tri des différentes composantes de la litière ; (C) prélèvement de sol au cadre de 1 x 1m ; (D) séparation du sol et des racines ; (E) prélèvement de biomasse et de minéralomasse sur l'eucalyptus ; (F) tri des feuilles et des branches pour séparer les différents compartiments de l'eucalyptus.

Encadré n°5 – Effet de la gestion des rémanents sur la croissance et la fertilité d'une 3^{ème} rotation d'Eucalyptus au Congo

L'inventaire en circonférence et hauteur des parcelles **CIFOR** a été réalisé à 24 mois (mai et juin 2008). Les bacs à litières ont été mis en place en novembre 2007 dans l'essai (72 bacs) sur les 3 traitements BL0/BL0, BL3/BL3 et BL4/BL4 et les 4 blocs. Dans le cadre de l'expérimentation « décomposition des rémanents », le dernier prélèvement de litière au sol a été effectué depuis l'exploitation en novembre 2007.

Les traitements

BL₀/BL₀ : Toute la matière organique est enlevée. Le sous-bois, la litière au sol et les rémanents sont enlevés hors du plateau. Replantation.

BL₁/BL₁ : Les arbres de taille commerciale sont enlevés en totalité, leurs rémanents transportés sur BL₃/BL₃, le sous-bois est coupé et étalé sur le sol sauf dans les interlignes de vidange. Replantation.

T/BL₂ : Le bois de découpe supérieure à 2 cm de diamètre est enlevé hors du plateau. Les rémanents (feuilles, écorces et branches fines) et le sous-bois (coupé) sont étalés au sol sauf dans les interlignes de vidange. Les rejets sont conduits en taillis 1 brin.

BL₃/BL₃ : Le bois et l'écorce des arbres de taille commerciale sont enlevés jusqu'à la découpe 2 cm et mis hors de l'essai. Les rémanents de ce traitement et ceux provenant du BL₁/BL₁ (feuilles branches et écorces) et le sous-bois (coupé) sont étalés au sol sauf dans les interlignes de vidange (BL₁ + BL₂). Replantation.

BL₄/BL₄ : Tout le bois de découpe supérieure à 2 cm est enlevé hors de l'essai, les rémanents (feuilles, branches fines et écorces) et sous-bois (coupé) étalés au sol sauf dans les interlignes de vidange (Pratique EFC). Replantation.

BL₅/BL₅ : Gestion de la matière organique comme BL₄, puis brûlis. Replantation.

Fertilisation de tous les Eucalyptus à la replantation avec 54 g N/plant (200 g d'ammonitrate à 27%).

Résultats

Croissance pendant les 24 premiers mois de la 3^{ème} rotation

La mortalité est faible pour tous les traitements et évoluent peu avec l'âge. Pour l'ensemble de l'essai, elle est de 2.4% à 6 mois, 2.8% à 13 mois et 3.7% à 24 mois.

Le taillis (T/BL2) a la meilleure croissance. Pour les autres traitements, BL5/BL5, BL3/BL3 et BL4/BL4 (témoin) ont des croissances supérieures aux traitements BL0/BL0 et BL1/BL1 (cf. tableau 1 et graphique 1).

L'écart de croissance entre T/BL2 et le groupe [BL5/BL5, BL3/BL3, BL4/BL4] se réduit avec l'âge, alors que celui entre le groupe [BL5/BL5, BL3/BL3, BL4/BL4] et le groupe [BL0/BL0, BL1/BL1] augmente avec l'âge.

Tableau 1 : caractéristiques dendrométriques à 6, 13 et 24 mois des différents traitements

	Traitements					
	BL0/BL0	BL1/BL1	BL3/BL3	BL4/BL4	BL5/BL5	T/BL2
Hauteur 6 mois (m)	1.1 ^b	1.2 ^b	1.4 ^{ab}	1.4 ^{ab}	1.7 ^a	4.30
Hauteur 13 mois (m)	4.7 ^d	4.8 ^{cd}	5.6 ^{bc}	5.7 ^{ab}	6.5 ^a	8.20
Circonférence 13 mois (cm)	12.6 ^b	13.3 ^b	17.4 ^a	17.4 ^a	19.9 ^a	22.80
Surface terrière 13 mois (m ² /ha)	1.11 ^b	1.21 ^b	2.01 ^a	2.03 ^a	2.72 ^a	4.10
Volume sous écorce 13 mois (m ³ /ha)	2.8 ^b	3.1 ^b	5.4 ^a	5.5 ^a	7.4 ^a	11.2
Volume sur écorce 13 mois (m ³ /ha)	3.5 ^b	3.9 ^b	6.8 ^a	6.9 ^a	9.3 ^a	14.2
AMA à 13 mois (m ³ /ha/an)	3.20 ^b	3.64 ^b	6.25 ^a	6.34 ^a	8.58 ^a	13.10
Hauteur 24 mois (m)	10.1 ^c	10.4 ^{bc}	11.7 ^a	11.5 ^{ab}	12.2 ^a	13.30
Circonférence 24 mois (cm)	24.0 ^b	24.9 ^b	31.0 ^a	30.0 ^a	30.4 ^a	30.60
Surface terrière 24 mois (m ² /ha)	3.86 ^b	4.13 ^b	6.16 ^a	5.94 ^a	6.16 ^a	7.18
Volume sous écorce 24 mois (m ³ /ha)	15.9 ^b	18.5 ^b	27.3 ^a	25.9 ^a	28.0 ^a	31.2
Volume sur écorce 24 mois (m ³ /ha)	19.6 ^b	21.9 ^b	33.5 ^a	31.8 ^a	34.3 ^a	37.9
AMA à 24 mois (m ³ /ha/an)	9.79 ^b	10.93 ^b	16.74 ^a	15.90 ^a	17.17 ^a	18.96

* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas différentes (test de Bonferroni à 5%).

** Les analyses statistiques ont été faites sans le traitement T/BL2 (taillis) qui a une dynamique de croissance très différente de celle des autres traitements.

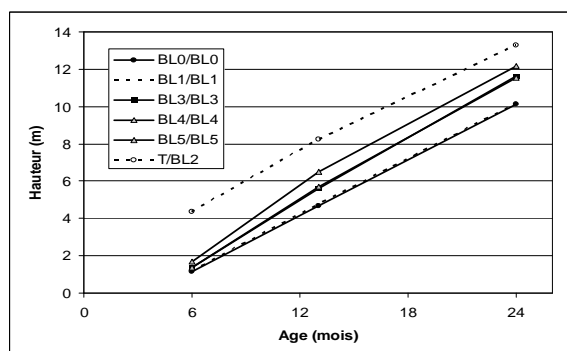


Figure 1 : Croissance en hauteur des différents traitements lors de la 3^{ème} rotation

Comparaison des volumes de production entre traitements et la deuxième rotation à 24 mois

Tableau 2 : comparaison des résultats de volume inter et intra rotation à 24 mois pour les différents traitements

	Traitements				
	BL0	BL1	BL3	BL4	BL5
Volume à 24 mois rotation 2 (m ³ /ha)	25.8	31.2	43.5	38.1	36.9
Volume à 24 mois rotation 3 (m ³ /ha)	19.6	21.9	33.5	31.8	34.3
Comparaison entre les rotations 2 et 3	76%	70%	77%	83%	93%
Comparaison des traitements/témoin BL4 rotation 2	68%	82%	114%	100%	97%
Comparaison des traitements/témoin BL4/BL4 rotation 3	62%	69%	105%	100%	108%

1. Pour tous les traitements, la production en volume à 24 mois est plus faible en 3^{ème} rotation qu'en 2^{ème} rotation (-18% pour BL5 à -38% pour BL1) (cf. tableau 2).
2. Pour la 3^{ème} rotation, la comparaison des traitements par rapport au témoin (BL4/BL4) montre une croissance un peu plus élevée pour BL3/BL3 et BL5/BL5 (resp. 105% et 108%). La même tendance mais plus marquée avait été observée pour BL3 lors de la 2^{ème} rotation (114%) mais pas pour BL5 (97%) (cf. tableau 2).
3. Pour la 3^{ème} rotation, l'effet « slash » est beaucoup plus marqué que lors de la 2^{ème} rotation. Les pertes en volume par rapport au témoin BL4/BL4 (rémanents et sous bois étalés) sont de l'ordre de 31 à 38 % (resp. BL1/BL1 et BL0/BL0) (cf. tableau 2).
4. L'effet du feu pour le traitement BL5/BL5 augmentant la minéralisation en début de rotation a un effet starter sur la plantation qui se fait sentir encore à 24 mois. Lors de la 2^{ème} rotation, le traitement BL5 avait commencé à moins bien pousser que BL3 et BL4 après 24 mois et a eu en fin de 2^{ème} rotation une production inférieure de 2.8 m³/ha/an par rapport au traitement témoin BL4, ce qui montrait les limites de cette pratique (cf. figure 2).

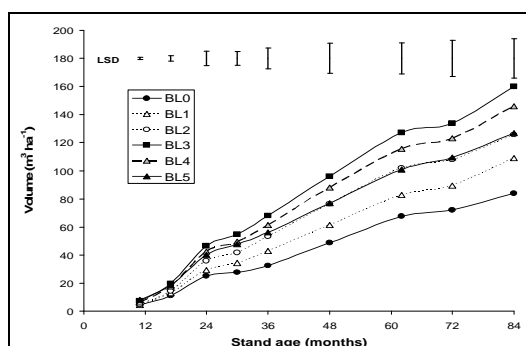


Figure 2 : Croissance en volume des différents traitements lors de la 2^{ème} rotation

Conclusion

Lors de la 3^{ème} rotation, les réponses aux quantités de rémanents sont similaires à celles de la 2^{ème} rotation. Toutefois, les écarts des traitements ayant eu le moins de rémanents (BL1/BL1 et BL0/BL0) avec le témoin sont plus grands en 3^{ème} rotation qu'en 2^{ème} rotation ce qui semble indiquer une diminution des éléments biodisponibles dans le sol.

Pour tous les traitements, la production en 3^{ème} rotation est nettement plus faible (en moyenne de 30%) qu'en 2^{ème} rotation. Cette différence peut avoir plusieurs origines : une pluviosité légèrement différente lors des premiers 24 mois (3060 mm pour la 2^{ème} rotation, 2960 mm pour la 3^{ème} rotation) et une diminution de la biodisponibilité en éléments minéraux.

Encadré n°6– Mesure des flux de méthane et de protoxyde d'azote sur la termitière et hors termitières dans la savane

Un suivi annuel des échanges de méthane a été entrepris en collaboration avec l'université de Naples 2 au niveau des termitières et en dehors. Ce travail est effectué par Sédric Mambouana, stagiaire de l'IDR de Brazzaville. Le but de l'étude étant de faire un calcul du flux annuel de méthane sur la savane.

Aucun flux de protoxyde d'azote n'a pu être décelé sur les termitières ou hors termitière (concentration dans l'échantillon inférieur au seuil de détection de l'analyseur).

Les flux de méthane varient en fonction de la distance à la termitière. Les flux sont positifs et élevés sur la termitière et faiblement négatif hors de la termitière (figure 1). Il n'y a pas de différence significative entre les flux à 1 m de la termitière et à 3 m de la termitière, indiquant que la zone d'influence de la termitière a moins d'un mètre de rayon.

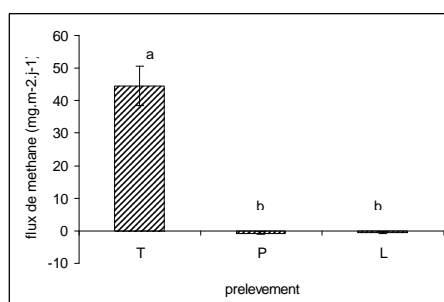


Figure 1 : flux de méthane moyen pour tous les prélèvements (en $\text{mg.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$) sur les termitières (T), à 1m de la termitière (P) et à 3 m de la termitière (L). Les barres représentent les erreurs-standard. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes des flux de méthane mesurées sur les termitières. $n=20$ à 24

Le flux de méthane des termitières et du sol varie au cours du temps (figure 2). Le feu réduit fortement le flux de méthane des termitières (mesure le lendemain du feu).

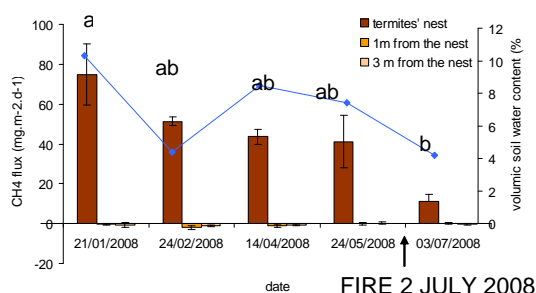


Figure 2 : flux de méthane (en $\text{mg.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$) dans la savane sur les termitières et en dehors des termitières (histogramme) et humidité du sol (en%, courbe). Les barres représentent les erreurs-standard. Les lettres différentes indiquent une différence significative entre les moyennes des flux de méthane mesurées sur les termitières. $n=4$ à 5

Les flux de méthane des termitières sont contrôlés par la température du sol à 8 cm et par l'humidité du sol ($R^2=0,39$), les flux de méthane hors termitières sont contrôlés quant à elles par l'humidité du sol et l'interaction température à 8 cm x humidité ($R^2=0,40$). Ces résultats seront affinés avec les campagnes de mesures suivantes.

Encadré n°7– Etude des risques d'érosion sur le mas sif d'eucalyptus

Les sols de la zone de Pointe Noire sont réputés très filtrants (144 à 360 mm/h, VAN CAILLIE, 1989). Cependant, les pluies très agressives, la pauvreté chimique et organique du sol et l'observation de phénomènes d'érosion marqués (nappes de sables lessivés, ravines, cirques) laissent supposer que l'érosion des sols est peut-être un problème pour la durabilité des plantations. Une mission d'Eric Roose en 2007 a permis de mettre en évidence ces phénomènes, influencés par la pente et l'occupation du sol (passage de feux, mise à nu). Pour compléter cette première expertise, une étude a été menée pour évaluer les pertes en éléments (C,N principalement) par ruissellement et érosion. Les objectifs de cette étude sont de cartographier les risques, d'orienter la réflexion sur les mesures à prendre dans les zones de risques majeurs et de déterminer la durabilité des plantations.

8 occupations ont été retenues (savane :S, savane brûlée :SB, eucalyptus jeunes : EJ, eucalyptus jeunes brûlés : EJB, eucalyptus âgés : EV, eucalyptus âgés brûlés :EVB, pistes : P, coupes feu :CF) à raison de 4 classes de pente (1 :< 5%, 2 : 5-10 %,3 :10-15 %, 4 :> 15 %) et de 3 répétitions par traitement. Un simulateur de pluie transportable de type Roose (2007,figure 1) a été utilisé pour simuler une pluie d'intensité de 60 à 80mm/h pendant 30 min.



Figure 1 : vue d'ensemble du simulateur de pluie et du plateau de mesure de l'érosion

La pluie simulée a été caractérisée précisément avec l'intensité moyenne de la pluie simulée, l'écart entre les mini pluviomètres disposés sur le plateau de mesure de l'érosion et le volume d'eau ruisselée en fonction du temps. Deux prélèvements de l'eau ruisselée ont été récoltés pour déterminer sa composition chimique et la quantité et la composition de matière en suspension.

Un certain nombre de paramètres ont été relevés pour chaque simulation (point GPS, pente, azimuth, occupation du sol, taux de fermeture du sol : % sol fermé, % sol couvert, % couvert herbacé par la méthode des points quadrats). Des prélèvements de sol ont été effectués pour des analyses au laboratoire : densité apparente, granulométrie, analyse N et C (NIRS).

Résultats

Les premiers résultats sur le pourcentage d'eau ruisselée indiquent que le ruissellement est très élevé sur les pistes quelque soit la pente (figure 2). Il est faible voire nul sur savane et coupe-feux. Il est très variable sous eucalyptus avec écart-type élevé. Le ruissellement a tendance à augmenter quand la pente augmente.

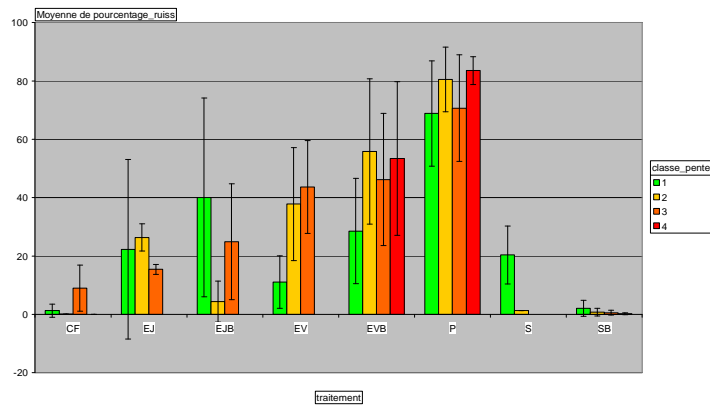


Figure 2 : pourcentage d'eau ruisselée dans les différentes simulations en fonction de l'occupation du sol et de la pente. Les barres représentent les écart-types. Les phénomènes influençant le ruissellement apparaissent nombreux et complexes. Il reste à déterminer les pertes par érosion grâce aux analyses chimiques et à déterminer les facteurs principaux des pertes en éléments.