

**PROGRAMME FEDERATEUR « AGRICULTURE ET DEVELOPPEMENT DURABLE »  
Appel à propositions de recherche 2006**

Décembre 2006

**1- FICHE D'IDENTITE DU PROJET**

**Titre du projet**

**UN OUTIL D'INTERVENTION POUR PROTEGER ET AMELIORER L'ETAT ET LA DISPONIBILITE DES SERVICES  
ECOSYSTEMIQUES EN SAVANE TROPICALE : LA SYLVICULTURE**

**Acronyme**

**ECOSSYLV'**

**Résumé court**

Le développement durable est grandement dépendant de l'état des services écosystémiques. La coexistence d'afforestation naturelle et anthropique dans une zone géologiquement homogène constitue une situation privilégiée pour évaluer la capacité d'une plantation forestière sur savane à reconstituer une biodiversité de type forestier, assurant sa pérennité et son usage par les populations locales.

**Responsable du projet**

Civilité (M, Mme, Mlle)	Mme	Titre	DR	Nom	ROULAND-LEFEVRE	Prénom	Corinne
Adresse électronique	rouland@bondy.ird.fr			Tel	0148027956	Fax	0148025970
Etablissement	Institut de Recherche pour le Développement (IRD)						
Unité (nom complet)	UMR « Biofonctionnement des sols »						
Département	Ressources Vivantes						
N° d'unité	137						
Directeur d'unité	Patrick Lavelle						
Adresse	Centre IRD d'Ile de France - 32 avenue Henri Varagnat						
Code Postal	93140			Ville	BONDY		

**Ce projet fait-il partie des projets labellisés (ou en cours de labellisation) par un pôle de compétitivité (ou par plusieurs, en cas de projet interpôle) ?**

**Oui  Non**

**Si oui, nom du pôle ou des pôles :**

**Axe(s) thématique(s)<sup>1</sup> auquel le projet se rattache :**

Thématique 1	De la préservation à l'amélioration des ressources naturelles par l'agriculture
Eventuellement Thématique 2	
Eventuellement Thématique 3	

**Principales disciplines associées au projet :**

Discipline 1	Foresterie
Discipline 2	Ecologie
Discipline 3	Sociologie

**Mots clés libres associés au projet (5 maximum)**

Français	Sylviculture tropicale, macrofaune, services écosystémiques,
Anglais	Tropical sylviculture, macrofauna, ecosystemic services

<sup>1</sup> Cf. « Les thématiques de recherche », partie 3 de l'appel 2006

PADD 2006 – ECOSSYLV'

Equipes de recherche participantes (équipe 1 = équipe du responsable du projet) :

Equipe n°	Nom du correspondant principal	Prénom	Titre ou grade + organisme employeur	Discipline	Etablissement	Département de recherche (le cas échéant)	Unité	Nom et Prénom du Directeur de l'unité
1	ROULAND-LEFEVRE	Corinne	DR IRD	Ecophysiologie	Centre IRD d'Ile de France	DRV	UMR 137 BioSol	LAVELLE Patrick
2	DELEPORTE	Philippe	I.R. CIRAD	Foresterie	CIRAD	Forêt	UR80 ETP	BOUILLET Jean-Pierre
3	MATONDO	Rosalie	CR – UR2PI	Socio-économie	UR2PI		UR GSE (Gestion Sociale et Environnementale)	MATONDO Rosalie
4	BRAUMAN	Alain	DR IRD	Microbiologie	IRD -Montpellier	DRV	UMR Seq Bio	CHOTTE Jean-Luc
5	LOUMETO	Joël	MC – Un. Marien Ngouabi	Botanique Ecologie végétale	DGRST Congo – Un. Marien Ngouabi		GREFE	LOUMETO Joël
6	SCHWARTZ	Dominique	Pr – Un. Louis Pasteur	Géographie	Université Louis Pasteur de Strasbourg	Faculté de géographie	UMR 7011 Image et ville	WEBER Christiane
7	EGGLETON	Paul	DR – Natural History Museum	Entomologie	Natural History Museum		Soil Biodiversity Group	WHEELER Quentin

Durée du projet :  24 mois  36 mois

Nombre de personnes-mois<sup>2</sup> mobilisées pour toute la durée du projet :

Chercheurs et enseignants-chercheurs permanents	Post doctorants déjà recrutés	Doctorants déjà recrutés	Ingénieurs et techniciens permanents	Personnes à recruter
129		4	39	41

---

<sup>2</sup> Nombre de personnes x nombre total de mois de travail sur le projet.

**2-RESUME DU PROJET**

## ECOSSYLV'

Les plantations industrielles d'arbres à croissance rapide comme les Eucalyptus ont été largement développées en zones tropicales, mais la conservation de la fertilité des sols de façon durable demande une gestion appropriée.

Dans les sols sableux de la région de Pointe Noire au Congo, les plantations ont été entreprises au début des années 80 et couvrent maintenant plus de 40 000 ha d'Eucalyptus. Si dans les premières années, ces plantations présentent une faible diversité végétale et animale, elles deviennent en vieillissant des zones privilégiées de développement de nombreuses plantes de sous-bois d'origine forestière et acquièrent en quelques années une diversité végétale non négligeable. Cette colonisation végétale des sous-bois est concomitante d'une recolonisation de ces sites par une faune plus abondante parmi laquelle des espèces d'invertébrés-ingénieurs dont l'importance dans le fonctionnement biologique des sols a été clairement démontrée.

Dans ce même biotope, une lente progression naturelle de la forêt sur la savane se produit à une échelle de temps différente de la reforestation anthropique, mais présente le point commun de passer aussi par une phase de faible diversité végétale.

Avec l'extension des plantations dans ces zones de savane, les villageois se sont trouvés confrontés au développement rapide d'une forêt. Ces populations qui trouvent dans les îlots de forêt naturelle, souvent éloignés, les produits forestiers dont ils ont besoin, pourraient maintenant trouver de tels produits dans les plantations à condition de les favoriser ou de les y introduire par une gestion appropriée du sous-bois.

Cette coexistence de reforestations naturelles et anthropiques dans une zone géologiquement homogène nous a paru constituer une situation privilégiée pour évaluer la capacité des plantations à fournir une source de biodiversité, assurant non seulement leur pérennité mais encore leur usage par les populations locales, ces deux conditions étant nécessaires au développement durable de cette sylviculture.

La diversité biologique et le maintien des services écosystémiques pouvant être considérés comme essentiels pour que puissent être remplies ces deux conditions, il faut en évaluer le statut actuel, leur évolution à long terme avec l'âge des plantations ou de la reforestation naturelle, leur évolution à court terme en fonction des modes de gestion.

C'est ce que nous nous proposons de faire en nous intéressant plus particulièrement à la séquestration du carbone, à la disponibilité de l'azote dans le sol comme services de l'écosystème, à la macrofaune du sol (termites, vers de terre) et à sa microflore associée comme agents influant sur ces services et à la production de plantes de sous-bois utile comme type de gestion forestière. Trois approches seront privilégiées :

Une analyse sur les situations actuelles, une enquête sociologique sur les produits forestiers, ligneux ou non, utilisés en forêt naturelle et dans les plantations par les populations locales et une approche expérimentale de terrain.

Plusieurs disciplines sont impliquées dans ce projet. L'étude de la diversité des groupes d'invertébrés retenus fera appel à l'écologie animale et à la taxonomie classique et moléculaire (LEST, British Museum). L'étude de la diversité fonctionnelle des micro-organismes nécessite la maîtrise des techniques moléculaires d'études des communautés microbiennes impliquées dans les cycles du carbone (LEST) et de l'azote (UR Seq'Bio). L'étude de leur environnement édaphique fera appel à la pédologie, à l'écologie végétale et à la botanique (GREFE). La paléoclimatologie permettra de prendre en compte le passé de la végétation naturelle et l'histoire des civilisations du canevas ethnique actuel de la zone (UMR7011, UR2PI). Les études socio-économiques pourront, seules, déterminer la place de ces nouveaux écosystèmes forestiers dans l'économie de ressources des populations locales ou transplantées (UR2PI). Enfin, la foresterie sera indispensable pour intégrer les recherches dans une problématique de gestion forestière, (CIRAD).

La connaissance et la comparaison de la structure et du fonctionnement de ces deux modes de reconquête forestière en relation avec la qualité de la matière organique, la structure et la diversité des organismes telluriques devraient permettre de définir des critères de durabilité des écosystèmes forestiers mis en place suite à l'action anthropique et de déterminer les échelles de temps et d'espace nécessaires à la réalisation d'une reforestation équilibrée. La recherche d'un nouvel équilibre entre activité humaine et services écosystémiques, ou entre forêt, savane et populations, devrait permettre d'établir les conditions nécessaires au développement durable d'une sylviculture industrielle dans les zones de savane pauvre de régions équatoriales, comme la zone côtière du Congo.

### 3- DESCRIPTION DU PROJET

- A. Problématique et objectifs scientifiques poursuivis ; indiquer notamment, en l'argumentant, le positionnement par rapport au développement durable et par rapport à l'appel 2006, tant en ce qui concerne « L'esprit des recherches attendues » que « Les thématiques de recherche »<sup>3</sup>.

Le développement des sociétés est grandement dépendant des services écosystémiques rendus en particulier par les milieux naturels sur le long terme, tels que maintien de la biodiversité, prévention des changements climatiques par la séquestration du carbone et la régulation du cycle de l'eau. La croissance démographique mettant ces écosystèmes en situation précaire, il est indispensable de pouvoir rechercher ces services dans les agrosystèmes, et de mettre au point pour ceux-ci des modes de gestion adaptés à cette demande et restaurant les services écosystémiques. Ceci est actuellement un des objectifs du développement durable. Cependant si les auteurs s'accordent à reconnaître que la forêt, et plus particulièrement la forêt tropicale, est un réservoir de biodiversité végétale et animale, un important puit de carbone, un régulateur des flux hydriques et minéraux, et assure une protection physique du paysage, de nombreux écosystèmes naturels n'ont que peu d'impact sur certains de ces services que l'on s'intéresse à la biodiversité ou à la séquestration du carbone. Il ne s'agit plus alors de restaurer mais de créer des services écosystémiques et socio-économiques non pré-existants, tout en bénéficiant des processus liés à la résilience de l'écosystème initial. La sylviculture sur savane pourrait être alors envisagée comme un outil d'intervention, et retrouver ainsi une légitimité qui ne se limite pas à la production de bois, même si celle-ci est également essentielle au développement durable.

Les plantations industrielles d'arbres à croissance rapide comme les Eucalyptus ont été largement développées en zones tropicales, mais la conservation de la fertilité des sols de façon durable demande une gestion appropriée. Au Congo, les principales contraintes à ce développement durable sont liées à la pauvreté initiale du sol en matière organique et à la pauvreté de la matière organique du sol en azote ainsi qu'à la compétition des arbres avec les adventices, tout ceci entraînant une baisse de rendements nécessitant l'utilisation d'intrants (engrais, herbicides) souvent trop onéreux pour le niveau économique du pays.

Dans les sols sableux de la région de Pointe Noire au Congo, les plantations ont été entreprises au début des années 80 et couvrent maintenant plus de 40 000 ha d'Eucalyptus. Si dans les premières années, ces plantations présentent une faible diversité végétale et animale, elles deviennent en vieillissant des zones privilégiées de développement de nombreuses plantes de sous-bois d'origine forestière et acquièrent en quelques années une diversité végétale non négligeable. Cette colonisation végétale des sous-bois est concomitante d'une recolonisation de ces sites par une faune plus abondante parmi laquelle des espèces d'invertébrés-ingénieurs dont l'importance dans le fonctionnement biologique des sols a été clairement démontrée.

Dans ce même biotope congolais, une autre situation de changement de diversité peut être observée. En effet, dans ces zones tropicales humides d'Afrique équatoriale où la pression anthropique est faible, on observe une lente progression naturelle de la forêt sur la savane de 0,6 à 1,3m par an. Ce reboisement naturel se produit à une échelle de temps différente de la reforestation anthropique, mais présente le point commun de passer par une phase de faible diversité végétale avec une canopée pratiquement monospécifique à okoumé (*Aucoumea klaineana*).

Devant l'extension des plantations dans des zones de savane, les villageois se sont trouvés confrontés au développement rapide d'une forêt. Ces populations trouvent dans les îlots de forêt naturelle, existant dans les talwegs éloignés, les produits forestiers dont ils ont besoin, et n'utilisent que peu l'écosystème de savane, si ce n'est pour la chasse. La possibilité pour eux de trouver de tels produits dans les plantations proches des villages, leur permettrait de bénéficier de ce nouvel écosystème.

La coexistence de reforestations naturelles et anthropiques dans une zone géologiquement homogène nous a paru constituer une situation privilégiée pour évaluer la capacité des plantations à fournir une source de biodiversité, assurant non seulement leur pérennité mais encore leur usage par les populations locales, ces deux conditions étant nécessaires au développement durable de cette sylviculture.

Les observations sur l'évolution des services écosystémiques dans ces deux cas, forêt pionnière et plantations, mettant en évidence l'articulation entre processus situés à des pas de temps différents, apporteront les informations utiles permettant d'éclairer le débat sous-jacent à toute sylviculture, en particulier en ce qui concerne la biodiversité, et de suggérer de nouvelles orientations des recherches sylvicoles d'une part et de la gestion forestière d'autre part.

La diversité biologique pouvant être considérée comme essentielle pour que puissent être remplies ces deux conditions, il faut en évaluer son statut actuel, son évolution à long terme avec l'âge des plantations ou de la reforestation naturelle, son évolution à court terme en fonction des modes de gestion.

<sup>3</sup> Cf parties 2 et 3 de l'appel 2006

C'est ce que nous nous proposons de faire en nous intéressant plus particulièrement à la séquestration du carbone et à la disponibilité de l'azote dans le sol comme services écosystémiques, à la macrofaune du sol (Invertébrés – ingénieurs) et à sa microflore associée comme agents influant sur ces services écosystémiques. Trois approches seront privilégiées :

Une étude des situations actuelles, une enquête sociologique sur les produits forestiers, ligneux ou non, utilisés en forêt naturelle et dans les plantations par les populations locales et une approche expérimentale de terrain, afin de répondre aux questions suivantes : (i) les reforestations accélérées par les activités humaines présentent-elles une **biodiversité** et un **fonctionnement biologique du sol** équivalent à ce qui est observé dans les zones de reconquête naturelle ? (ii) La reforestation anthropique permet-elle l'apparition d'écosystèmes forestiers durables en terme de fonctionnement biologique mais aussi de **services écosystémiques**, (iii) Une échelle de temps longue permet-elle de passer du milieu savane au milieu forestier sans provoquer **d'accident de la biodiversité** et les plantations d'Eucalyptus peuvent-elles être considérées comme un facteur d'accélération du processus ? (iv) Les plantations pourront-elles fournir à terme les ressources végétales et animales permettant aux populations humaines de s'approprier ce nouveau milieu forestier et assurer ainsi leur **durabilité** ?

- B. «Etat de l'art» du sujet et de la problématique abordés ; bibliographie ; apport des différentes disciplines au projet et contribution scientifique originale du projet ; réflexivité critique vis-à-vis des concepts, outils et méthodes utilisés

Notre étude cherche à relier un mode anthropique d'utilisation du **sol**, la **silviculture**, aux variations de la **biodiversité** à différentes échelles de temps et d'espace, la **biodiversité** étant étudiée en tant que « fournisseur de **services écosystémiques** » permettant un **développement durable**. C'est pourquoi ces différents concepts se doivent, tout d'abord, d'être situés dans les problématiques actuelles.

Par son rôle-clé dans la production d'aliments ou la protection de l'environnement contre les phénomènes naturels, **le sol** réalise des fonctions fondamentales pour la survie de l'humanité. C'est pourquoi, il est essentiel d'améliorer nos connaissances sur le sol et particulièrement sur son fonctionnement. Par exemple, à l'échelon mondial, les sols représentent la plus importante réserve de carbone, environ 3 fois plus de carbone que la végétation terrestre et deux fois plus que l'atmosphère. Or le carbone organique du sol est le déterminant majeur de la fertilité, des capacités de rétention d'eau et de l'activité biologique et il est de plus hautement corrélé aux niveaux de biodiversité sur et sous terre. La matière organique du sol influence aussi le tassement de sol, la friabilité et l'agrégation, qui ont des implications majeures sur la perméabilité du sol et l'érosion (Carter, 2002). La gestion et la maintenance de la teneur du sol en matière organique font donc partie des stratégies utilisables pour contrôler les **services écosystémiques** du sol comme la fertilité et la régulation climatique.

Les **services écosystémiques** peuvent être définis comme un ensemble de fonctions de l'écosystème qui sont utiles à la survie de l'humanité comme la régulation du climat, la production de nourriture et de fibre, la désintoxication, etc... Ces services ont été classés en fonction de leur valeur économique et de l'importance des menaces qui pèsent sur leur maintien (Millenium Assessment 2003). Les fonctions de l'écosystème sont, elles, définies comme « l'ensemble minimal de processus (biochimiques, biophysiques et biologiques) qui assure la productivité biologique, l'intégrité d'organisation et le maintien de l'écosystème » (Swift et al, 2004). Cependant la définition de stratégies pour utiliser ces services et les préserver après que les activités humaines les aient endommagées, est encore balbutiante en raison d'un manque de compréhension des facteurs écologiques qui déterminent ces fonctions (Balmford et al, 2003). Par ailleurs, peu d'études ont essayé de définir le rôle de la **biodiversité** en tant que fournisseur de services écosystémiques (Luck et al., 2003).

La première mise en garde sur la réduction de la **biodiversité** et de ses conséquences potentielles sur le fonctionnement de la planète a été énoncée lors du sommet de Rio (1992). Cette prise de conscience a déclenché une série d'actions internationales telles que Millenium Ecosystem Assessment,, Diversitas, IFB etc... En 2002 lors de la réunion de Johannesburg, il a été décidé de protéger la biodiversité et donc de réduire le taux de perte d'ici 2010. La biodiversité peut être analysée à différents niveaux, la diversité génétique est la variation à l'intérieur et entre des populations d'espèce, la diversité d'espèce se rapporte à la richesse spécifique (nombre d'espèce dans un habitat) et la diversité de l'écosystème correspond à la diversité des assemblages à travers un paysage. Mais depuis quelques années, les recherches s'intéressent à la diversité fonctionnelle intégrant un nouveau concept « la redondance fonctionnelle », essentiel à utiliser lorsque l'on parle de développement durable des **agrosystèmes** (Lawton et Brown, 1993 ;Johnson et al, 1996 ; Loreau et al, 2001).

**Un agrosystème** peut être défini comme un système naturel qui a été délibérément simplifié par l'homme pour satisfaire ses besoins. D'un point de vue écologique, on peut le considérer comme un système dont l'équilibre est maintenu par perturbation constante (travail de la terre, ajout d'intrants, etc.). Dans ces systèmes, la diversité est prévue par le fermier, par exemple, qui choisit la culture. Les pratiques agricoles ont donc un effet significatif sur la composante biologique du sol. Dans ces agrosystèmes, certaines fonctions des écosystèmes sont substituées ou augmentées par le travail entrepris par l'homme ou par les intrants. Dans ce cas, toutes les stratégies sont choisies essentiellement en vue de s'assurer que les opérations effectuées sont orientées sur la production agricole et la réduction des coûts. L'impact sur la résilience des fonctions naturelles et sur la biodiversité est une notion relativement récente et donc rarement prise en compte. Dans le cas particulier de la sylviculture, l'exploitation sur de longues années, entraîne une recolonisation progressive des sous-bois et donc une diversification des espèces végétales. La régénération de la biodiversité pour la restauration de sols peut ainsi être un des objectifs de la sylviculture, c'est ce qui a été développé dans le programme de la Banque Mondiale "The catalytic effect of tree plantings on the rehabilitation of native forest biodiversity on degraded tropical lands" (Parrotta 1995, Lugo 1997) au cours duquel la biodiversité végétal a été principalement étudiée, ne laissant que peu de place à l'étude des autres « fournisseurs de services écosystémiques », garants de la durabilité du système.

La visée du **développement durable** est celle d'une intégration des objectifs économiques et sociaux et des exigences de reproduction à long terme de l'environnement. L'aménagement du sous-bois en sylviculture qui prend en compte la conservation de la biodiversité, la nécessité de trouver des sources de revenus pour les populations locales et la restauration des sols, répond bien à ce concept de durabilité. Plusieurs expérimentations dans ce sens ont été faites avec succès en forêt naturelle, comme la plantation d'une plante de sous bois très consommée et appréciée, *Gnetum africanum*, au Cameroun sous l'égide du CIFOR (Anon. 2005), ou d'un palmier ornemental *Chamaedorea hooperiana* en forêt tropicale au Mexique (Trauernicht et Ticktin 2005). En plantations d'arbres à croissance rapide, cette possibilité a été moins explorée, en particulier en plantation d'eucalyptus, arbres réputés pour leur effet allélopathique, d'où l'originalité de notre projet.

En Afrique équatoriale (Gabon, Congo, Cameroun), les formations forestières envahissent progressivement les savanes (Schwartz *et al.*, 2000). L'actuelle progression de la forêt sur la savane en Afrique centrale est maintenant bien établie (Vincens *et al.* 1999 ; Guillet *et al.* 2000). Elle est récente et date de quelques siècles (Delègue *et al.* 1996), se produirait à une vitesse de 10 à 30 m par siècle selon les datations de la matière organique du sol par les isotopes du carbone (Schwartz *et al.* 1996), mais pourrait atteindre, selon la datation par dendrochronologie sur l'okoumé, 100 m par siècle dans la région côtière du Congo (Belingard *et al.* 1996). L'okoumé constitue la principale espèce pionnière à la lisière des massifs de forêt et forme sur une centaine de mètres de profondeur un front pionnier dont la canopée est monospécifique, assurant la transition avec la forêt mature (Fuhr *et al.*, 2001 ; Delègue *et al.*, 2001, Favier *et al.* 2001).

**Aucune étude des organismes du sol n'a été faite dans ces forêts pionnières ni dans les forêts matures sableuses de la plaine côtière.**

Les plantations forestières à croissance rapide, principalement *Eucalyptus* spp, *Pinus* spp et *Acacia* spp, sont largement répandues en zones tropicales. Le rôle de ces plantations est très controversé, certains arguant que ces espèces diminuent la teneur du sol en eau et en nutriments, inhibent la croissance d'autres végétaux et provoquent en conséquence une érosion du sol et une perte de fertilité (Abbassi and Vinithan, 1997 ; Bouvet, 1998). Cependant, l'« effet catalytique » des plantations forestières tropicales dans la régénération de la biodiversité a été démontré au cours d'un programme international sur le sujet (Parrotta 1993). Ce programme a concerné essentiellement l'utilisation des plantations pour régénérer la forêt sur les sols dégradés (Lugo 1997), et les études de biodiversité n'ont été faites que sur la végétation (Fang et Peng 1997 ; Keenan *et al.* 1997), ignorant les organismes du sol. D'autres travaux ont montré que les plantations d'arbres à croissance rapide aidaient à la réinstallation de plantes de sous-bois d'habitat forestier (Huttel et Loumeto, 2001) et ainsi augmentaient la biodiversité végétale et la fertilité du sol par rapport à la savane initiale (Geldenhuys, 1997 ; Harrington et Ewel, 1997).

Selon l'hypothèse des diversités emboîtées, la diversité des plantes est susceptible de déterminer celle des invertébrés-ingénieurs du sol, fourmis, termites et vers de terre (Jones *et al.*, 1994, Lavelle, 1996). A leur tour, ces organismes ingénieurs déterminent la diversité des invertébrés qui habitent dans les structures créées, comme les microarthropodes qui vivent dans les galeries de vers de terre (Loranger *et al.*, 1998). Enfin, l'activité et la composition des communautés microbiennes du sol seraient affectées par le comportement trophique et constructeur de la macrofaune (Harry *et al.*, 2000 ; Fall *et al.*, 2001 ; Diouf *et al.*, 2003). L'étude de cette diversité est essentielle pour appréhender le fonctionnement de l'écosystème. En effet, l'impact des ingénieurs de l'écosystème est d'autant plus important que leur abondance comme leur diversité sont très fortes (Jones 2000). Mais de plus en plus d'études font apparaître que la diversité des

groupes fonctionnels peut, plus que la diversité spécifique, rendre compte de changements dans le fonctionnement de l'écosystème, et de son évolution à venir, l'absence de certains groupes fonctionnels pouvant altérer un certain nombre de processus (Lavelle et Spain 2001).

Le choix des groupes étudiés s'appuie d'une part sur leur importance présumée dans le fonctionnement du sol et d'autre part sur ce que l'on sait de leur diversité. Les termites constituent le groupe d'ingénieurs le plus actif en zone tropicale en raison de leur densité et de leur activité permanente aussi bien en saison sèche qu'en saison des pluies (Jones 2000 ; Rouland et al., 2001). Les termites et les vers de terre ont une forte influence sur le sol soit par leur nutrition (vers de terre, termites humivores) soit par leurs constructions (termites). Les termites se distinguent, de plus, par la diversité de leur régime alimentaire. Ainsi aux termites xylophages et fourrageurs, on peut opposer les termites humivores qui s'alimentent à partir de l'humus qui recouvre le sol et sont même parfois géophages (Grassé, 1982). Dans chaque biotope tropical, des termites à régime alimentaire différent coexistent (Josens et Covearle, 1973). À la faveur du défrichement, il est possible qu'une seule ou peu d'espèces se multiplie. Ainsi, dans une étude portant sur la restauration de la diversité spécifique de termites suite à une perturbation expérimentale de l'habitat, Davies et al (1999) montrent que la recolonisation du milieu par les termites humivores est beaucoup plus lente, ce qui entraîne un changement dans la composition des populations de termites, dont Lawton et al (1998) établissent qu'elle peut avoir de grands impacts sur le cycle du carbone et donc sur la fertilité des sols.

Les vers de terre ont une faible densité dans les plantations d'eucalyptus (Mboukou-Kimbatsa et Bernhard-Reversat 2001) comparée aux chiffres donnés pour les forêts tropicales par Lavelle et Spain (2000), et leur impact sur le sol est sans doute limité. Cependant, ce groupe semble réduit à une seule espèce en plantation ce qui le rend intéressant pour la comparaison avec l'afforestation naturelle. Cette espèce, *Pontoscolex corethrurus*, est une espèce tropicale envahissant les écosystèmes perturbés (Lavelle et al 1987). La diminution de la faune du sol sous plantation lorsqu'elle est plantée en zone de forêt est signalée par plusieurs auteurs (Yang-Xiao Dong et Sha-Li Qing 2000) mais dans le cas présent où la forêt remplace une savane pauvre en faune du sol **la comparaison avec l'afforestation naturelle permettra de détecter un effet spécifiquement dû aux plantations.**

La relation de l'homme à la forêt est un domaine largement couvert qui a fait l'objet de compilations récentes, en particulier par Hladik et al (1993), et mobilise de nombreuses activités (ENDA, 1993). Au Congo cependant peu de travaux sont diffusés, et en ce qui concerne les populations de la côte, seuls quelques travaux montrent qu'elles utilisent les ressources des îlots forestiers reliques subsistant dans la savane (Katz E. 1996 ; 2000) pour la chasse et la recherche de plantes. Par ailleurs c'est dans ces forêts qu'elles pratiquent l'agriculture. Dans notre zone d'étude, deux situations socio-économiques différentes coexistent. D'une part dans la zone en bordure du Parc de Conkouati, les ethnies dominantes sont les Vilis (ethnie d'origine), puis les Loumbous (originaires du Niari proche de la région de Nkola-Youbi), ensuite on note une multitude d'ethnies du Niari et également des Congolais de RDC (République Démocratique du Congo). Les Vilis sont encore majoritaires (bien que les allochtones soient de plus en plus nombreux) ce qui implique une utilisation des forêts selon les pratiques traditionnelles locales (chasse, recherche de plantes...) donc une implication économique faible mais les allochtones étant de plus en plus nombreux (surtout les ressortissants de RDC), il y a une évolution progressive vers une utilisation agricole des forêts.

Pour la zone des plantations d'Eucalyptus, proches de Pointe-Noire, l'origine des villageois est très variable selon les villages. Certains villages ne comportent plus de Vilis autochtones, d'autres sont mixtes. Globalement, les Vilis ne sont plus majoritaires, même si les propriétaires des terres (terriens) sont toujours Vilis, la majeure partie des habitants est originaire du Pool et du Niari. La proximité de la ville de Pointe-Noire pousse ses habitants à tirer une ressource économique des zones forestières, en particulier, les jeunes font des allers-retours entre leur village et Pointe-Noire. Ils reviennent au village pour quelques semaines pour faire quelques activités rémunératrices comme la fabrication de charbon de bois.

**Une étude socio-économique permettra de mieux cerner la place qu'occupent à l'heure actuelle ces nouveaux écosystèmes forestiers dans la recherche de ressources, autres que le bois, par les villageois et, compte tenu des mouvements de populations, de déterminer l'importance de ces ressources forestières dans le maintien des villages autour de Pointe Noire.**

#### **Apport des disciplines concernées**

Plusieurs disciplines sont impliquées dans ce projet. L'étude de la diversité des groupes d'invertébrés retenus fera appel à l'écologie animale et à la taxonomie classique et moléculaire (équipes 1,4 et 7). L'étude de la diversité fonctionnelle des micro-organismes associés aux structures biogéniques nécessite la maîtrise des techniques moléculaires d'études des communautés microbiennes impliquées dans les cycles du carbone (équipe 1) et de l'azote (équipe 4). L'étude de leur environnement édaphique fera appel à la pédologie, à l'écologie végétale et à la botanique nécessaire pour définir la végétation des parcelles étudiées et la diversité spécifique de leur sous-bois (équipe 5). La paléoclimatologie permettra de prendre en compte le passé de la végétation naturelle et l'histoire des civilisations celui du canevas ethnique actuel de

la zone (équipe 5). Les études socio-économiques pourront, seules, déterminer la place de ces nouveaux écosystèmes forestiers dans l'économie de ressources des populations locales ou transplantées (équipe 3). Enfin, la foresterie sera indispensable pour intégrer les recherches dans la problématique de gestion forestière, et pour évaluer l'importance des processus étudiés dans le fonctionnement des plantations afin d'en recenser les applications possibles (équipe 2).

### **Contribution scientifique originale du projet**

Ce projet cherche à comparer des changements de biodiversité à différentes échelles de temps et à relier entre elles les diversités mesurées à différentes échelles de l'écosystème : diversité végétale, peuplements de macrofaune du sol et communautés microbiennes associées à leurs structures selon un gradient d'intensité, spatial et temporel, de l'utilisation des sols. Le choix du mode d'anthropisation, à savoir les plantations forestières tropicales à croissance rapide, est particulièrement novateur puisque, malgré l'importance des surfaces concernées, peu de travaux se sont intéressés à l'impact de ces transformations sur la biodiversité des principaux invertébrés ingénieurs, par ailleurs aucune donnée n'est disponible sur l'évolution de ces mêmes communautés dans les sites de reforestation naturelle. Enfin, la dimension humaine est prise en compte par l'étude des ressources offertes aux populations locales par le nouveau milieu forestier que constituent les plantations. L'originalité de notre étude réside également en son approche écologique intégrative d'écosystèmes forestiers tropicaux tant au niveau de l'échelle spatiale (parcelles, macrofaune, microflore) que méthodologique (historique des parcelles, qualité de la matière organique, identification morphologique et moléculaire de la diversité, traitements statistiques des données, enquête sociologique).

Ceci nécessite une approche pluridisciplinaire possible grâce aux compétences complémentaires des chercheurs impliqués

#### C. Résultats attendus et leur pertinence du point de vue de la contribution de l'agriculture aux objectifs de développement durable

La connaissance et la comparaison de la structure et du fonctionnement de ces deux modes de reconquête forestière en relation avec la qualité de la matière organique, la structure et la diversité des organismes telluriques devraient permettre de définir des critères de durabilité des écosystèmes forestiers mis en place suite à l'action anthropique et de déterminer les échelles de temps et d'espace nécessaires à la réalisation d'une reforestation équilibrée. Ce nouvel équilibre entre activité humaine et services écosystémiques, ou entre forêt, savane et populations, devrait permettre à la sylviculture des eucalyptus de favoriser le développement durable des zones de savane pauvre dans les régions équatoriales, comme la zone côtière du Congo. A l'échelle de la parcelle cette étude doit également permettre d'envisager des modes de gestion en sylviculture qui pourraient remédier aux conséquences négatives d'une plantation industrielle monospécifique et permettraient l'appropriation durable de ces nouveaux écosystèmes forestiers par les populations locales.

#### D. Description du projet : étapes, méthodologie, outils, données, terrains...

Le projet s'intéressera tout d'abord à la diversité de la macrofaune du sol (Invertébrés – ingénieurs) et de sa microflore associée comme agents influant sur les services écosystémiques. Comme fonctions de l'écosystème nous étudierons particulièrement la séquestration du carbone et la disponibilité de l'azote dans le sol, comme service écosystémique, la production de plantes de sous-bois « utiles ».

Trois approches seront privilégiées :

- I – Une analyse comparative du fonctionnement des écosystèmes forestiers choisis
- II - Des enquêtes sur l'appropriation des forêts naturelles et anthropiques par les populations locales
- III - Une approche expérimentale de gestion des plantations d'Eucalyptus

Ces 3 approches seront menées sur deux sites :

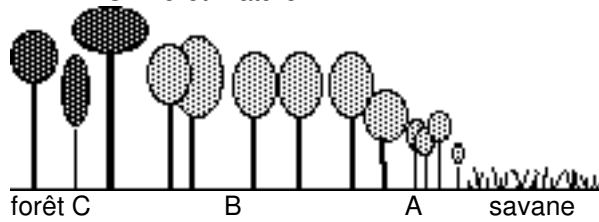
- + Les plantations d'eucalyptus proches de Pointe Noire :
- + Un site de recolonisation pionnière à okoumé (limite du parc de Conkouati)

Pour les plantations d'eucalyptus, 3 chronoséquences de 3 âges (de 5 à 25 ans) seront choisies soit 9 parcelles de plantations monoclonales (Hybride PF1, clone 1- 4) avec une diversité du sous-bois croissante.

En forêt pionnière : 9 emplacements.

-3 sites (répétitions)

-3 "âges" : A = lisière jeunes Okoumés  
B = milieu forêt à Okoumé  
C = forêt mature



### **I – Analyse comparative du fonctionnement des écosystèmes forestiers choisis**

Selon l'hypothèse des diversités emboîtées, la diversité des plantes est susceptible de déterminer celle des invertébrés-ingénieurs du sol, ici les termites et les vers de terre, qui, à leur tour, affectent l'activité et la composition des communautés microbiennes du sol. L'étude de cette diversité est donc essentielle pour appréhender le fonctionnement de l'écosystème.

À l'intérieur d'une parcelle, l'échantillonnage se fera selon une grille régulière. Dans les plantations, la direction et la maille de cette grille ne devront pas correspondre aux lignes et à la maille de plantation afin d'échantillonner la diversité de situations due à celles-ci. Deux campagnes d'échantillonnage sont envisagées, une en saison sèche et une en saison des pluies.

Les paramètres étudiés et les méthodes utilisées sont les suivants :

#### **A-Variabilité de l'environnement édaphique**

-Caractéristiques physiques : mesure du pH, de l'agrégation et de la granulométrie, de la densité apparente sur des prélèvements au cylindre de l'horizon A1, et mesure d'hydrophobicité de surface *in situ*.

-Matière organique du sol : profondeur de l'horizon A1, prélèvements au cylindre sur cet horizon. Mesure du C organique et du C/N, de la biomasse microbienne, de la labilité du carbone (minéralisation). Ces mesures pourront être faites sur deux fractions, la fraction légère de la matière organique et la fraction organo-minérale, séparées à 0,050 mm.

-Litière : mesures de la quantité de litière au sol dans des carrés de dimension déterminée (0.25 m) ou au cylindre. Ces prélèvements seront triés en feuilles, débris + racines avec détermination chimique de la part des racines (Laclau et al 2004), structures biogéniques. Sur les fractions végétales, on évaluera la qualité de la litière par l'analyse de l'azote, de la matière organique soluble, des composés phénoliques, des lipides et des fibres, et de labilité du carbone

#### **B-Couvert végétal**

##### Mesure de l'ancienneté du peuplement forestier

L'histoire de la végétation et de la progression forestière naturelle des sites étudiés sera reconstituée par l'analyse du  $\delta^{13}\text{C}$  de la matière organique, qui permet de connaître les proportions de matière organique du sol provenant de la savane et de la forêt (Trouvé et al, 1994). Ces analyses seront faites sur dix échantillons prélevés au cylindre dans l'horizon 0-10 cm, et sur les horizons plus profonds de quelques profils.

##### Détermination des plantes de sous-bois

Une étude des plantes de sous-bois ayant déjà été réalisée lors de travaux précédents sur les plantations anciennes d'eucalyptus (Loumeto et Huttel 1997), notre étude botanique sera centrée principalement sur les zones pionnières naturelles. Dans ces zones, il sera effectué un inventaire floristique et une évaluation de l'occupation spatiale (répartition des espèces) par le coefficient d'abondance – dominance.

#### **C-Etude de la macrofaune**

##### Densité et diversité de la macrofaune

La macrofaune sera analysée selon la méthode définie par le programme "Tropical Soil Biology and fertility" (Anderson et Ingram, 1993), qui consiste à prélever des monolithes de sol, avec sa litière, de 25 x 25 x 30 cm, de trier manuellement le sol prélevé et de classer les animaux en grands groupes taxonomiques.

Les vers de terre, en raison de leur importance comme "ingénieurs du sol", seront classés en morpho-espèces qui seront déterminées ensuite si nécessaire par des spécialistes. Ils seront également classés en fonction d'une part de leur impact sur le sol (compactant/décompactant) et d'autre part de leur régime alimentaire pour les espèces déjà répertoriées. Pour les espèces dont le groupe fonctionnel n'est pas connu, une analyse physico-chimique des turricules et une analyse de leur capacité digestive seront réalisées..

La diversité spécifique des termites : l'échantillonnage sera fait selon la technique mise au point pour les forêts par Jones & Eggleton (2000). Un des problèmes majeurs rencontrés lors de l'échantillonnage des termites est que souvent seuls quelques animaux sont récoltés ce qui, compte tenu de l'importante différenciation morphologique entre castes (ouvriers, soldats, sexués), ne permet pas toujours de déterminer l'espèce. C'est pourquoi, nous développerons les nouvelles méthodes d'identification de ces taxons par extraction de l'ADN et amplification spécifique du gène cytochrome oxydase mitochondrial (COI) pour lequel il existe déjà un certain nombre d'espèces en banques de données. La diversité fonctionnelle de ce groupe sera estimée d'une part en fonction de leur capacité à utiliser les différentes molécules végétales présentes dans le milieu comme source de nutriments, d'autre part de leur capacité à élaborer des structures biogéniques (nids en terre, en carton, placages de récolte, galeries, tunnels ...).

#### **D-Rôle de la macrofaune sur la diversité des communautés microbiennes telluriques**

En plus des échantillons de sols, cette étude sera réalisée sur les structures biogéniques des espèces dominantes de vers de terre et de termites.

##### Diversité des communautés microbiennes :

Caractérisation par une approche polyphasique combinant les techniques classiques de culture des microorganismes (PCA count, Most Probable Number) et de biologie moléculaire (extraction de l'ADN total et amplification spécifique par PCR, analyses de la structure génétique des communautés microbiennes par électrophorèse en gradient de dénaturation (DGGE), séquençage et identification des groupes taxonomiques).

##### Impacts sur le fonctionnement du sol :

Pour le cycle du carbone, détermination des activités enzymatiques selon la technique de microplaque mise au point dans notre laboratoire. Détection et la quantification des gènes de fonction liés au métabolisme de l'azote. Quatre gènes seront ciblés : *nifH* pour la fixation de l'azote, *amoA* pour l'oxydation de l'ammonium, *nirS* et *nirK* pour la réduction de l'azote. Après extraction d'ADN, les gènes ciblés seront amplifiés par PCR en utilisant des amorces précédemment décrites dans la littérature (Wallenstein and Vitgalys, 2005). La détection et la quantification de ces gènes seront réalisées par la technique de la PCR en temps réel.

#### **II – Appropriation des systèmes forestiers par les populations locales**

On cherchera à déterminer par enquêtes l'intérêt des populations locales pour les produits forestiers, ligneux ou non, recherchés dans les îlots de forêt naturelle qui se trouvent imbriqués dans le massif d'eucalyptus. L'enquête devra également déterminer l'écologie des plantes les plus recherchées, et leur éventuelle présence en sous-bois de plantation, afin d'envisager des essais d'introduction ou d'aménagement en plantation.

A la périphérie de l'exploitation forestière, 6 villages seront sélectionnés : 3 à faible flux migratoire sur les dernières années et 3 caractérisés par une forte immigration. Des enquêtes participatives seront réalisées auprès des populations locales dans les zones de reforestation naturelle et dans les plantations après établissement d'un questionnaire type. Ces enquêtes se feront au niveau des ménages afin de prendre en compte les utilisations par les hommes et les femmes des ressources forestières. Les résultats seront analysés en fonction de l'origine, Villi ou migrant, des personnes interrogées.

#### **III – Expérimentations de terrain**

L'expérimentation sur le terrain en vraie grandeur permettra de tester les hypothèses en intégrant le maximum de paramètres. Le transfert vers les utilisateurs sera facilité par l'existence d'un dispositif visible et reproductible. Cette approche a été préférée à l'approche comparative (comparaison de plantations soumis à divers modes de gestion et d'âges différents, déjà utilisée dans un projet précédent) ou à l'approche expérimentale en microcosmes, prématurée dans la thématique choisie et trop difficile à mettre en œuvre lorsque l'on veut contrôler les activités de la macrofaune du sol. Les dispositifs miment des interventions possibles de l'agriculteur sur la diversité végétale sous plantations forestières.

Deux dispositifs expérimentaux seront installés sur le terrain :

- *Le dispositif 1 teste l'effet de l'élimination sélective de certaines espèces de sous bois et sur la croissance d'espèces « utiles » déterminées à partir des résultats de l'enquête* : le désherbage sélectif de certaines espèces « non utiles » sera réalisé sur des parcelles mises à notre disposition par la Société Eco (Eucalyptus Congolais). Plusieurs combinaisons d'espèces seront réalisées en fonction du nombre d'espèces utiles répertoriées.

- *Le dispositif 2 teste l'effet de la culture de légumineuses introduites expérimentalement pour améliorer le statut azoté des plantations, sur la biodiversité et ses conséquences sur la matière organique du sol: Une expérimentation a déjà été mise en place et consiste en une introduction d'acacias australiens sous eucalyptus à différentes densités. L'essai d'une légumineuse herbacée ou arbustive consommable (pois d'angole) pourra être fait également*

Dans ces deux dispositifs, sera effectué un suivi des différents paramètres précédemment listés (biomasse des litières, macrofaune, activité biologique du sol...).

E. Organisation et conduite du projet :

E1. décrire l'organisation générale du projet sous forme de « work packages » en indiquant, pour chacun, ses objectifs, son responsable, les équipes impliquées et les principaux participants, son calendrier, son contenu (tâches), les résultats attendus et les « deliverables » ; un « work package » spécifique devra porter sur la coordination du projet.

Le projet sera organisé en plusieurs Work Packages afin d'aborder les différentes questions que le projet cherche à résoudre :

(i) En quoi les assemblages biotiques (Plante - Macrofaune) des plantations forestières sont-elles différentes de ceux des reforestations naturelles (WP1) et quel en est l'effet sur les communautés microbiennes telluriques (WP2) ?

(ii) Dans ces zones de reforestation accélérée par les activités humaines, est-ce que les modifications de la diversité microbienne du sol peuvent changer la contribution de ces communautés aux **services écosystémiques**, (WP3) ?

(iii) Est-ce que la préservation des services écosystémiques par une gestion forestière appropriée (WP4) est économiquement viable et socialement acceptable (WP5) ?

*W.P.1 : Choix et caractérisation des sites choisis*

Objectifs : Décrire la végétation et comparer la qualité de l'environnement physico-chimique, organique et biologique du sol dans les zones forestières étudiées.

Responsable : J.J. Loumeto (équipe 5)

Equipes et participants : Equipe 5 (J.J. Loumeto, J. Goma-Tchimbakala, J.D. Nzila, V. Kimpouni) , équipe 6 (Schwartz D), équipe 1 (F. Reversat, D. Sotto, I ; Mboukou), équipe 2 (P. Deleporte, C. Mazoumbou)

Calendrier et contenu : Année 1, datation des parcelles, campagne d'échantillonnage du sol et de la litière et mesures physiques in situ, puis analyses des sols, tri et pesées des litières, et analyses biochimiques, détermination de l'activité biologique globale. Relevés botaniques dans les parcelles retenues. Année 2, deuxième campagne d'échantillonnage, pour la quantification et l'analyse de la litière, l'analyse de la matière organique et de l'activité biologique globale.

Résultats attendus et « deliverables » : Mise en évidence de l'évolution des paramètres du sol mesurés avec l'âge des peuplements forestiers ainsi que de leur variabilité intra et inter parcellaire ; acquisitions de données pour le W.P. 2.

*W.P.2 : Impact des reforestations pionnières et anthropiques sur les assemblages biotiques*

Objectifs : Comparer la diversité spécifique et fonctionnelle des différents ingénieurs de l'écosystème dans les différentes parcelles forestières en relation avec l'évolution du couvert végétal

Responsable : Corinne Rouland-Lefevre (équipe 1)

Equipes et participants : équipe 1 (C. Rouland, P. Mora, J. Roman, J. Mathieu, I. Mboukou), Equipe 7 (P. Eggleton, X), équipe 4 (E. Blanchard)

Calendrier et contenu : Année 1, campagne d'échantillonnage au Congo selon le protocole établi ci-dessus, afin de recueillir les spécimens de termites et de vers de terre, puis déterminations morphologiques, moléculaires et enzymatiques au laboratoire d'entomologie du British Museum, aux laboratoires de l'IRD à Bondy et à Pointe-Noire, de l'université Paris XII à Créteil. Année 2, deuxième campagne d'échantillonnage au Congo, puis déterminations au laboratoire comme ci-dessus. Année 3, analyse des données en relation avec celles du W.P. 1 et du W.P.3.

Résultats attendus et « deliverables » : En accord avec l'hypothèse des diversités emboîtées une diversité spécifique de la macrofaune accrue par la diversité du couvert végétal, mise en concordance des résultats du WP.2 et du W.P.1; acquisitions de données pour le W.P. 3

*WP 3 : Impact des reforestations pionnières et anthropiques sur les communautés microbiennes et sur la*

*réalisation de certains services écosystémiques*

Objectifs : Estimer la diversité fonctionnelle des microorganismes du sol associés aux activités des termites et des vers de terre dans les forêts naturelles à Okoumé et dans les plantations d'Eucalyptus et leur capacité à réaliser les services de l'écosystème comme la séquestration du carbone et la disponibilité de l'azote.

Responsable : Alain Brauman (équipe 4)

Equipes et participants : équipe 4 (A. Brauman, E. Blanchard), équipe 1 (C. Rouland, E. Miambi, J. Roman)

Calendrier et contenu : Année 1, campagne d'échantillonnage au Congo selon le protocole établi ci-dessus, afin de recueillir les échantillons de sol et de structures biogéniques, puis déterminations, aux laboratoires de l'IRD à Montpellier et à Bondy. Année 2, deuxième campagne d'échantillonnage au Congo, puis analyses au laboratoire comme ci-dessus. Année 3, exploitation des données, rapports et publications.

Résultats attendus et « deliverables » : Redondance des populations microbiennes, stabilisation du peuplement microbien et maintien de certains services de l'écosystème ; avec les WP 1 et 2, relations entre diversité fonctionnelle des microorganismes, évolution des peuplements de macrofaune, qualité du sol et variabilité des paramètres du sol.

*WP4 : Perception de l'intérêt des plantations par les populations de la région*

Objectifs : Collecter des données sur l'histoire des populations installées actuellement à proximité de l'exploitation forestière, déterminer si l'utilisation de ces nouveaux écosystèmes forestiers diffère en fonction de l'origine de la population (locale ou migrante)

Responsable : Rosalie Matondo (équipe 3)

Equipes et participants : équipe 3 (R. Matondo, G. Kinouani, G. Hervé, R. Mazandou, P. Missamba-Lola, X) ; équipe 6 (D. Schwartz)

Calendrier et contenu : Année 1 : choix des villages en fonction de l'origine de leur population, enquête sur les utilisations des plantes de sous-bois dans ces villages ; Année 2 : synthèse et proposition de mode de gestion sur le long terme adapté aux populations actuelles et à venir.

Résultats attendus et « deliverables » : Détermination de l'importance du flux migratoire depuis l'installation des plantations et de son influence sur l'exploitation des ressources forestières par les différents groupes ethniques, en déduire les plantes de sous bois à utiliser pour le WP.5

*WP5 : Impact de la gestion du sous-bois sur la durabilité d'écosystèmes forestiers anthropisés*

Objectifs : A l'aide d'expérimentations de terrain, analyser l'impact sur le fonctionnement biologique du sol de l'élimination sélective de plantes non utilisées par les populations locales ou de l'introduction de plantes de sous bois de la forêt naturelle

Responsable : Philippe Deleporte (équipe 2)

Equipes et participants : équipe 2 (P. Deleporte, G. Kazotti, J.C. Mazoumbou, X), équipe 1 (C. Rouland, E. Miambi, P. Mora, J. Roman), équipe 3 (R. Matondo, P. Missamba), équipe 4 (A. Brauman, E. Blanchard), équipe 5 (J.J. Loumeto, J. Goma-Tchimbakala, V. Kimpouni) Calendrier et contenu : Année 1 : prélèvement et analyses de l'essai « légumineuses » ; Année 2 : mise en place de l'essai « plantes de sous bois » ; fin année 2 – année 3 : collecte et analyse des données, transfert des connaissances vers les populations locales.

Résultats attendus et « deliverables » : Possibilité et durabilité d'une gestion du sous-bois destinée à favoriser quelques espèces « utiles », transfert de techniques et d'informations aux utilisateurs.

*WP6 : Coordination du projet*

Objectifs : Assurer la coordination des actions de recherche, regrouper les données, réunir les différents participants, préparer les restitutions

Responsable : Corinne Rouland-Lefevre (équipe 1)

Equipes et participants : P. Deleporte (équipe 2)

Calendrier et contenu : Année 1 : réunion de mise en place du projet, calendrier des actions conjointes de terrain ; Année 2 : 1ère compilation des données, mise en place de la 2<sup>ème</sup> série de mesures de terrain ; Année 3 : réunion de restitution, valorisation des résultats, compte rendu final.

Résultats attendus et « deliverables » : données compatibles grâce à un échantillonnage coordonné, publications rapides.

E2. indiquer la contribution de chaque équipe à la mise en œuvre du projet (tâches prises en charge par chaque équipe) et les modalités de coordination entre les différentes équipes ;

Equipe 1 : LEST (IRD) :

- Coordination du projet (WP6)

## PADD 2006 – ECOSSYLV'

- échantillonnage de la macrofaune des sols, diversité spécifique des termites, contribution à leur détermination spécifique, répartition des termites en groupes fonctionnels (WP2)
- Etude de la diversité microbienne, activités biologiques des sols (WP3 – WP5)
- analyse biochimique des litières en relation avec leur résistance à la dégradation (WP1)

### Equipe 2 : UR 80 ETP (CIRAD)

- choix de parcelles homogènes correspondant au protocole adopté, dans la base de données UR2PI (WP1)
- caractérisation de l'environnement édaphique, sol et litières, en plantations d'eucalyptus (WP1)
- mise en place des expérimentations (WP5)

### Equipe 3 : UR GSE (UR2PI)

- enquêtes participatives (WP4 –WP5)
- historique des migrations dans la zone de Pointe Noire : plantations d'Eucalyptus (WP4-WP5)

### Equipe 4 : UMR Seq'Bio (IRD)

- Détermination des vers de terre, taxinomie et groupe fonctionnel (WP2)
- Biodiversité fonctionnel des communautés microbiennes (WP3 – WP5)

### Equipe 5 : GREFE (DGRST Congo - Un Marien N'gouabi)

- caractérisation de l'environnement édaphique, sol et litières, en forêt naturelle (WP1)
- analyse de l'activité biologique globale dans l'ensemble des échantillons (WP1-WP5)

### Equipe 6 : UMR 7011 (U. de Strasbourg)

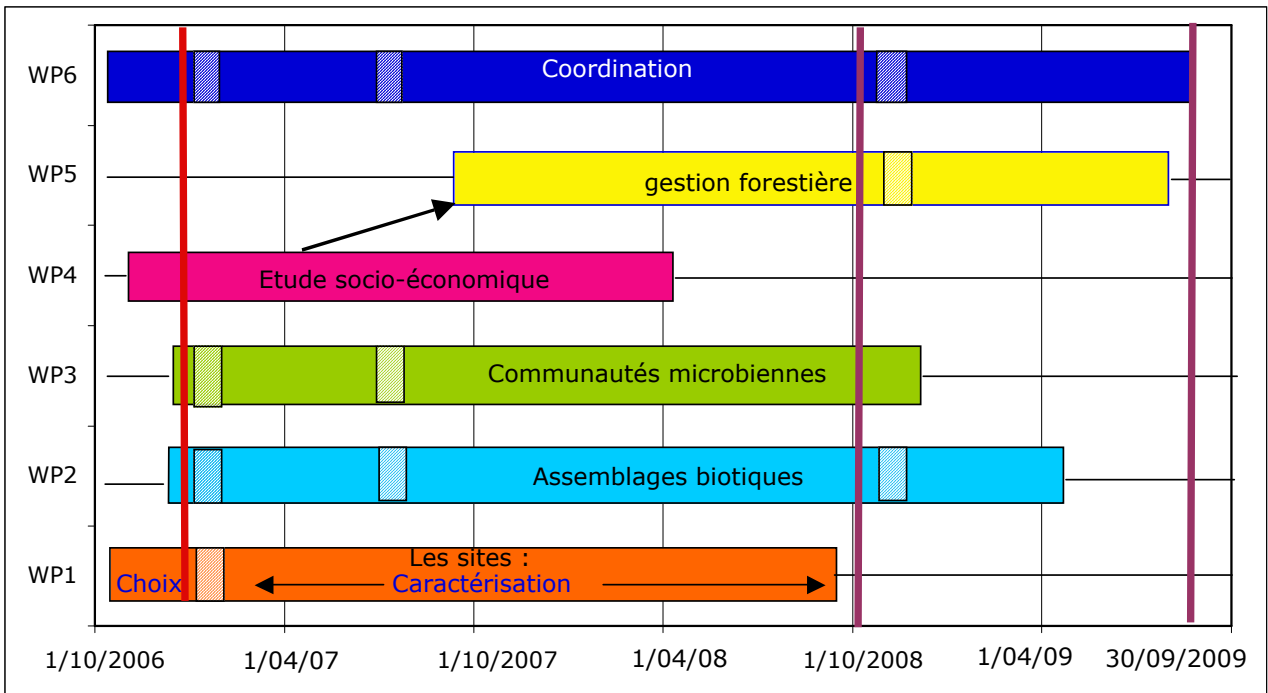
- choix des parcelles de forêt naturelle (WP1)
- analyse isotopique de la matière organique (WP1)
- historique des migrations dans la zone de Pointe Noire : forêts et savanes naturelles (WP4)

### Equipe 7 : Soil Biodiversity (Natural History Museum)

- Echantillonnage des termites (WP2)
- détermination moléculaire des espèces de termites (WP2)

Coordination ; Tout d'abord une réunion de mise en place du projet sera organisée en octobre (en fonction de la disponibilité des crédits) à Pointe Noire avec un représentant de chacune des équipes afin d'établir un calendrier précis des campagnes d'échantillonnage et de la répartition des échantillons pour analyse. La présence du coordonnateur du projet au Congo de septembre à décembre 2006 devrait faciliter cette mise en place. Par la suite, la coordination entre équipes sera assurée par des missions communes pour les campagnes d'échantillonnage. Enfin, un portail web interactif sera dédié au projet afin de permettre une communication en temps réel entre les différents intervenants.

PADD 2006 – ECOSSYLV'



- réunion de mise en place du projet
- campagnes d'échantillonnage
- réunions de restitution

Bibliographie citée dans le texte

- Abbasi S.A. et Vinithan S., 1997. Ecological impacts of eucalypts – Myths and realities. *Indian Forester*, August 1997, 710-739.
- Anderson, J.M. and Ingram, J.S.I. 1993 *Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods.* C.A.B/ International, Oxon, 221 pp.
- Balmford, A., Green, R.E., & Jenkins, M. 2003. Measuring the changing state of nature. *Trends Ecol. Evol.*, 18, 326-330.
- Belingard C., Tessier L., Namur C. de & Schwartz D., 1996. Dendrochronological approach to the radial growth of Okoume (Congo). *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Vie*, 319, 523-527.
- Bouvet J.M., 1999. Les plantations d'eucalyptus. *Evolutions récentes et perspectives. Le Flamboyant*, 49, 4-14.
- Carter MR. 2002. Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal* 94 (1): 38-47.
- Davies R. G., Eggleton P., Dibog L., Lawton J. H., Bignell D. E., Brauman A., Hartmann C., Nunes L., Holt J., Rouland C. 1999. Assemblage response of a tropical forest termite assemblage to experimental habitat perturbation. *Journal of Applied Ecology*, 36, 946-962.
- Delègue M., Fuhr M., Schwartz D., Mariotti A. & Nasi R., 2001.- Recent origin of a large part of the forest cover in the Gabon coastal area based on stable carbon isotope data. *Oecologia*, 129, 1, 106-113.
- Fall S., Brauman A., Chotte J-L. 2001. Comparative distribution of organic matter in particle and aggregate size fractions in the mounds of termites with different feeding habits in Senegal: *Cubitermes niokoloensis* and *Macrotermes bellicosus*, *Applied Soil Ecology*, 17, 131-140
- Diouf M., A. Brauman, E. Miambi, C. Rouland-Lefèvre. 2005. Fungal communities of the foraging soil sheeting built by several fungus-growing termite species (Isoptera, termitidae:Macrotermitinae) in a dry savanna (Thiès, Sénégal); *Sociobiology*, 45 (3), 899-914.
- Fang W. and Peng S. L. 1997. Development of species diversity in the restoration process of establishing a tropical man-made forest ecosystem in China. *Forest Ecology and Management*, Volume 99, Issues 1-2, pp 185-196
- Favier R. 2001. Histoire et mémoire des risques naturels : René favier, Anne-Marie Granet-Abisset (Éd.) *Nature Sciences Sociétés*, 9, 4, 79p.
- Fuhr M., Nasi R. & Delègue M.A. (2001) - Vegetation structure, floristic composition and growth characteristics of *Aucoumea klaineana* Pierre stands as influenced by stand age and thinning. *Forest Ecol. Manag.*, 140, 117-132.
- Geldenhuys C.J. 1997. Native forest regeneration in pine and eucalypt plantations in Northern Province, South Africa. *Forest Ecology and Management*, 99, 1-2, Pages 101-115
- Grassé, 1982 – *Termitologia* tome 2, 652p.
- Guillet, B.; Achoundong, G.; Youta Happi, J. ; Kamgang, V., Bonvallet, J. ; Riera, B. ; Mariotti, A. & Schwartz, D. (2001) - Agreement between floristic and soil organic carbon isotope ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) indicators of forest invasion of savannas during the last century in Cameroon. *J. Trop. Ecol.*, 17, 809-832.
- Harry M., Jusseaume N., Gambier B., Garnier-Sillam E. 2000. Use of RAPD markers for the study of microbial community similarity from termite mounds and tropical soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 417-427.
- Harrington R.A. & Ewel J.J. 1997. Invasibility of tree plantations by native and non-indigenous plant species in Hawaii. *Forest Ecology and Management*, 99, 1-2, 153-162
- Huttel and J.J. Loumeto 2001 Effect of exotic tree plantations and site management on plant diversity in Bernhard-Reversat F. (ed) 2001 Effect of exotic tree plantations on plant diversity and biological soil fertility in the Congo savanna: a reference to eucalypts. CIFOR , Bogor, 71
- Jones C. G., Lawton J. H., Shachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386.
- Jones, D. T. 2000. Termite assemblages in two distinct montane forest types at 1000 m elevation in the Maliau Basin, Sabah. *J. Trop Ecol*, 16: 271-286.
- Keenan, R., Lamb, D., Woldring, O., Irvine, A. and Jensen, R. 1997 Restoration of plant diversity beneath tropical tree plantations in northern Australia. *Forest Ecology and Management* 99: 117-132.
- Lavelle P. 1996. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. *Biology International* : 3-16.
- Lavelle et Spain 2001 *Soil Ecology* Kluwer Acad. Publ. 654 pp
- Lavelle P. Barrois I. Frago C. et al 1987. Adaptative strategy of *Pontoscoles corethrurus*, a peregrine geophageous earthworm of th humid tropics *Biol. Fertil. Soils* 5 188-194.
- Lawton, J.H., Brown, V.K., 1993. Redundancy in ecosystems. In : Schultze, E.D., Mooney, H.A. (Eds.), *Biodiversity and Ecosystem Function, Ecological Studies*, vol. 99, 255-268.
- Lawton J. H., D. Bignell E., Bolton B., Bloemers G. F., Eggleton P., Hammond P. M., Hodda M., Holt R. D., Larsen T. B., Mawdsley N. A., Stork N. E.. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391: 72-76.
- Loranger, G., Ponge J. F., Blanchart E., Lavelle P.. 1998. Impact of earthworms on the diversity of microarthropods in a vertisol (Martinique). *Biol Fertil Soils* 27: 21-26.
- Loumeto, J. J. and Huttel, C. 1997 Understory vegetation in fast-growing tree plantations on savanna soils in Congo. *Forest Ecology and Management* 99: 65-81.

- Luck, G.W., Daily, G.C., & Ehrlich, P.R., 2003. Population diversity and ecosystem services. *Trends Ecol. Evol.*, 18, 331-336.
- Lugo, A.E. 1997 The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. *Forest Ecology and Management* 99: 9-19.
- Mboukou Kimbatsa et Bernhard-Reversat 2001 Effect of exotic tree plantations on invertebrate soil macrofauna and population changes with eucalypt hybrids and plantation age. in Bernhard-Reversat F. (ed) 2001 Effect of exotic tree plantations on plant diversity and biological soil fertility in the Congo savanna: a reference to eucalypts. CIFOR , Bogor, 71 pp
- Millennium Ecosystem Assessment., 2003. Ecosystems and Human Well-Being: A Framework For Assessment. Island Press, Washington.
- Parrotta, J. A. 1993 Secondary forest regeneration on degraded tropical lands. The role of plantations as "foster ecosystems". In: Lieth , H. and Lohman, M. (Eds) Restoration of tropical forest ecosystem, 63-73. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Rouland C., Johnson A. & Mora P. 2001 - Enzymatic polymorphism of two allopatric populations of *Macrotermes bellicosus* (Termitidae - Macrotermitinae). *Sociobiology*, 38, 739-751.
- Schwartz D., Foresta H. De, Mariotti A., Balesdent J., Massimba J.P. & Girardin C., 1996. Present dynamics of the savanna-forest boundary in the Congolese Mayombe: a pedological, botanical and isotopic (<sup>13</sup>C and <sup>14</sup>C) study. *Oecologia*, 106, 516-524.
- Schwartz, D. ; Elenga H. ; Vincens A. ; Bertaux, J. ; Mariotti A. ; Achoundong G. ; Alexandre, A. ; Belingard, C. ; Girardin, C. ; Guillet, B. ; Maley, J. ; Namur, C. De ; Reynaud-Farrera, I. & Youta Happi, J. (2000a) - Origine et évolution des savanes des marges forestières en Afrique centrale atlantique (Cameroun, Gabon, Congo) : approche aux échelles millénaires et séculaires. In : Servant, M. & Servant-Vildary, S. (éds.) - *Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux*. Paris, IRD-UNESCO-MAB-CNRS, pp : 325-338..
- Swift, M.J., Izac, A-M.N., Van Noordwijk, M., 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 104, 113-134.
- Trouvé C., Mariotti A., Schwartz D. & Guillet B., 1994. Soil organic carbon dynamics under eucalyptus and pinus planted on savannas in the Congo. *Soil Biol. Biochem.*, 26, 2, 287-295.
- Vincens, A. ; Elenga, H. ; Schwartz, D. ; Namur, C De ; ; Bertaux, J. ; Fournier, M. & Dechamps, R. (2000a).- Histoire des écosystèmes forestiers du Sud-Congo depuis 6 000 ans. In : Servant, M. & Servant-Vildary, S. (éds.) - *Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux*. Paris, IRD-UNESCO-MAB-CNRS, pp : 375-379.
- Vincens, A. ; Elenga, H. ; Reynaud-Farrera, I. ; Schwartz, D. ; Alexandre, A. ; Bertaux, J. ; Mariotti, A. ; Martin, L. ; Meunier, J.-D. ; Nguetsop, F. ; Servant, M. ; Servant-Vildary, S. & Wirrmann, D. (2000b) .- Réponse des forêts aux changements de climat en Afrique Atlantique Equatoriale durant les derniers 4 000 ans et héritage sur les paysages végétaux actuels. In : Servant, M. & Servant-Vildary, S. (éds.) - *Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux*. Paris, IRD-UNESCO-MAB-CNRS, pp : 381-387.
- Yang-XiaoDong; Sha-LiQing. 2000 Preliminary investigation on time and space variation of structure of soil fauna community in artificial and secondary forests of Xishuangbanna *Acta-Pedologica-Sinica*. 37 116-123