

Traduction du document en français :  
Yolande LYFOUNG (AGROOF)

<b>Acronyme</b>	ECOSFIX		
<b>Titre du projet en français</b>	Services écosystémiques des racines – redistribution hydrique, séquestration du carbone et fixation du sol		
<b>Titre du projet en anglais</b>	Ecosystem Services of Roots – Hydraulic Redistribution, Carbon Sequestration and Soil Fixation		
<b>Axe(s) thématique(s)</b>	<input type="checkbox"/> 1    x 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4		
<b>Type de recherche</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Recherche Fondamentale <input type="checkbox"/> Recherche Industrielle <input type="checkbox"/> Développement Expérimental		
<b>Aide totale demandée</b>	936021.19 €	<b>Durée du projet</b>	36 mois

## **1. CONTEXTE ET POSITIONNEMENT DU PROJET**

Dans le contexte actuel d'accroissement de la population mondiale, de changement des habitudes sociales (généralisation de la société de consommation) et de changement climatique, l'agriculture est en voie d'intensification mais dans le souci croissant de la nécessité de préserver et d'utiliser durablement les ressources mondiales, ce qui constitue le paradigme de l'intensification écologique (Tilman 1999; Griffon 2006). Une grande partie des cultures mondiales pousse sur des collines dont on a abattu la forêt originelle, ôtant par conséquent les puits de carbone et affaiblissant leur potentialité de séquestration. L'agriculture peut alors accentuer l'érosion du sol, particulièrement dans les climats tropicaux soumis à la mousson. Le sol, mis à mal par l'érosion superficielle, les processus d'instabilité gravitaire et des légers glissements de terrain peut prendre plusieurs milliers d'années pour se reconstituer. Une gestion attentive de cette situation pourrait éviter les conséquences préjudiciables du fait de cultiver sur des terres en pente. Il paraît nécessaire de recourir à la recherche à la fois fondamentale et appliquée pour déterminer quelle est la meilleure manière de planter, de gérer et de récolter en fonction de l'utilisation de la terre, des espèces et de la topographie. Sur les pentes fragiles et les terres marginales utilisées pour la culture, l'association spatiale ou temporelle de cultures (par exemple) et d'espèces ligneuses pérennes (agroforesterie), apporte probablement une solution optimale pour prévenir la perte de sol et augmenter la séquestration du carbone, bien que des données quantitatives soient limitées. Les Partenaires du projet se sont donc rassemblés pour effectuer des recherches afin d'évaluer de quelle manière différentes cultures / structures forestières, situées sur des terres en pente, affectent le sol et influencent la séquestration du carbone, en tenant compte également des relations hydriques du sol dans ces contextes.

La récente tendance à décerner des services à l'écologie (MEA, 2005) permet à la société d'attribuer une valeur aux bénéfices rendus par l'environnement dans le contexte mondial actuel (Costanza et al., 1997). Dans ce projet dont le but est de chercher les bénéfices rendus à la société par différents systèmes de cultures /forêts sur des terres en pente, il nous sera nécessaire d'examiner de quelle manière et en quelle proportion le système racinaire des végétaux est utile à la séquestration du carbone, à la protection du sol et influence les relations hydriques au sein du profil de sol. En particulier, nous déterminerons comment la fonction et le rôle de différentes parties d'un système racinaire apportent (ou n'apportent pas) ces différents services écosystémiques. Nos sites expérimentaux sont situés sur un environnement incliné, et sont constitués de forêts naturelles, d'agroforêts et de cultures itinérantes plantées sous les arbres dans des régions tempérées à tropicales. Grâce à la modélisation intégrée, des services peuvent être attribués à différents ensembles de traits racinaires sur différentes parties du système racinaire. Nous accorderons une attention particulière à la fonction des racines profondes ; les données sur ces racines sont rares, pourtant elles jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'écosystème par l'augmentation de la séquestration du carbone du sol par exemple, en modifiant l'infiltration (au détriment de l'érosion et du ruissellement superficiel) et la redistribution hydrique. Notre recherche pluridisciplinaire sera réalisée dans un contexte socio-économique bien défini, dessiné par les besoins des utilisateurs finaux. Les relations entre chercheurs et gérants forestiers/parties prenantes sont au premier plan de ce travail.

### **1.1. CONTEXTE, ENJEUX ECONOMIQUES ET SOCIETAUX**

Le second article de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) signé à Rio de Janeiro, au Brésil en 1992, favorisait, pour faire face au changement

climatique, une politique d'atténuation par rapport à d'autres options possibles, l'hypothèse sous entendue étant que les mécanismes d'adaptation dans les écosystèmes mais également dans les sociétés soient et restent spontanés. Toutefois, une succession de rapports publiés depuis lors par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a prouvé qu'une simple politique d'atténuation (principalement la réduction des émissions industrielles et automobiles) n'est pas suffisante pour réduire les conséquences d'un changement climatique ni les émissions des énergies fossiles qui ont augmenté de 29% entre 2000 et 2008 (Le Quéré et al., 2009). Alors que l'atténuation demeure nécessaire, des politiques d'adaptation commencent à devenir pressantes, ce qui demande que le discours sur le changement climatique ne soit plus seulement axé sur le débat énergétique mais soit élargi à la vaste sphère de la gestion environnementale et, par extension, à l'assistance internationale pour le développement. Cette tendance a récemment été illustrée lors des conférences COP (Convention des Parties) de la CCNUCC (Tollefson 2008), par l'émergence des pays en voie de développement en tant que pays participant à l'effort mondial pour réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). Lors de ces sommets, on a reconnu également l'urgence de lutter contre la déforestation qui libère le carbone stocké par les végétaux et par le sol dans l'atmosphère et dont on pense qu'elle contribue à plus de 25% des émissions mondiales de GES. Les catastrophes naturelles comme les inondations, les feux de forêts et les tremblements de terre augmentent également les émissions de GES par la perte en sol. Pour donner un exemple, après le tremblement de terre de Wenchuan qui s'est produit en Chine dans la région du Sichuan en mai 2008, on a estimé que le nombre des glissements de terrains suite à cet événement, aura pour conséquence, dans les décennies à venir, la libération dans l'atmosphère d'environ 105 Tg de CO<sub>2</sub> accumulé c'est-à-dire l'équivalent d'environ 2% des émissions carbonées annuelles actuelles provenant des combustions fossiles mondiales (Ren et al., 2008). La perte de la couche supérieure du sol riche en nutriment suite à ces accidents réduit également la surface arable disponible. Catastrophes mises à part, on réfléchit actuellement à une compensation des mécanismes pour « déforestation évitée » ou « dégradation évitée », possible réponse au contrôle des émissions de GES, mais leur chance de réussir n'est pas gagnée car la façon de quantifier les réalisations/améliorations effectuées n'est pas claire. Sous l'impulsion d'une demande mondiale en hausse, la conversion de surfaces non gérées en systèmes de production continue à progresser dans de nombreux pays, notamment les moins développés. Un nombre croissant d'écosystèmes vierges ou d'espaces dédiés traditionnellement à l'autosuffisance alimentaire locale est converti ou transformé en production agricole intensive. Le développement des biocarburants en est un exemple typique de ce phénomène qui soulève de nombreux problèmes environnementaux et socio-économiques : modification du cycle de l'eau, diminution de la fertilité, érosion, pénurie alimentaire et hausse des denrées alimentaires de base (Krutzen et al 2007, FAO 2008, Searchinger et al 2008).

Dans un monde qui devrait atteindre 9 milliards d'êtres humains vers 2040 (<http://www.census.gov/ipc/www/idb/worldpopgraph.html>), le sol agricole est précieux et la stabilité des pentes devrait être une priorité pour les gouvernements dans la nécessité de répondre au besoin alimentaire d'une démographique galopante. Toutefois, un des défis principaux dans le contrôle de l'érosion est l'intégration de divers paramètres techniques ou non techniques qui affectent les pratiques agricoles et l'acceptation de mesures de conservation du sol par les exploitants agricoles (Stocking and Lu 2000). Par exemple, les travailleurs agricoles sans terre peuvent être amenés à cultiver sur des pentes fragiles et marginales car les conditions du marché des terres agricoles limitent leur accès à des terres agricoles cultivables (FAO 1992; Valentin et al 2008). En même temps, la précarité du droit foncier détermine souvent si ces terres en pente font l'objet de cultures sylvicoles permanentes ou de cultures annuelles qui peuvent éventuellement conduire à une forte érosion du sol. La récente crise de la dette a démontré combien les efforts de certains pays à rembourser leur dette pourraient conduire à des pratiques non viables : encourager l'exploitation forestière par exemple, ou le défrichement des terres pour l'agriculture, dans les basses terres humides tropicales, dans le but de

générer des revenus d'exportation. A cause de la multitude de ces aspects et simplement à cause de la surexploitation agricole de ces terres en pente, il existe aujourd'hui de nombreux exemples montrant que la perte en sol a éventuellement conduit à des terres infertiles ou à la désertification au cours du dernier millénaire (Stokes et al 2004, 2010). Sur la seule période regroupant les 50 dernières années, l'érosion du sol a conduit à la perte de plus d'un tiers des terres mondiales arables avec une estimation de 10 millions d'ha par an (Pimentel et al 1995). Les impacts les plus importants de l'érosion du sol comprennent l'envasement des réservoirs et des rivières, la dégradation du paysage et son abandon, la réduction de la biodiversité et la pollution de l'eau. Ces répercussions sur d'autres zones géographiques sont toutefois difficiles à incorporer dans une analyse économique, car aucune valeur marchande ne leur a été attribuée (Columbo et al 2003). Dans une seule et rare étude sur les incidences négatives sur d'autres zones géographiques, Clarke et al. (1985) ont dénombré de nombreux impacts d'érosion du sol relatifs à l'eau, en dehors de la zone d'exploitation agricole. Ils ont estimé les dommages annuels, visibles en dehors de l'exploitation agricole et dus à une érosion ayant une origine agricole, à un montant total de 3 à 13 milliards de dollars pour les Etats-Unis seulement.

En ce qui concerne l'érosion du sol et la stabilité des terres en pente dans le contexte du changement climatique, ce qui ressort des scénarios potentiels sur le changement climatique, du 4<sup>ème</sup> et récent rapport du GIEC (Cruz et al., 2007) sur les glissements de terrains et l'érosion de la surface, est que les impacts sont relativement mitigés.

L'érosion de la surface et de faibles glissements de terrain pourraient contribuer à la hausse des températures si la fréquence locale des fortes tempêtes augmente. Ces phénomènes de dégradation massive sont influencés par la densité racinaire des végétaux, la modification du couvert végétal et les méthodes de récoltes dans un contexte agroforestier et de forêts gérées sur des terres abruptes. Plus d'attention doit être accordée sur les pratiques anthropiques durables, qui sont bien plus gérables dans l'état actuel des connaissances et de la mise en pratique de décisions politiques, que l'impact incertain du réchauffement climatique (Stokes et al 2009).

Rendements toujours plus importants, forte productivité ont, dans la plupart des cas, été possibles au prix d'un coût sur l'environnement comme l'épuisement des ressources en eau (Molden, 2007). De plus, cela a généré un impact négatif sur l'environnement du fait de la promotion et de l'utilisation de systèmes de production basés sur le labour intensif, sur l'utilisation excessive de pesticides et d'engrais minéraux. De la même façon, le manquement en matière environnementale de certaines pratiques agricoles traditionnelles basées sur le labour des sols, associé à de pauvres conditions socio-économiques créent un cercle vicieux de dégradation des sols, dû à la perte de matière organique et à la porosité des sols, qui conduit les agriculteurs d'exploitation de petite taille à pratiquer la déforestation pour utiliser de nouvelles terres, souvent marginales. En ce qui concerne l'agriculture à fort taux d'intrants, et particulièrement les systèmes reposant sur le labour, le défi à venir va être de réduire les impacts environnementaux ou sanitaires, dus à la pollution provoquée par les engrais et les pesticides, en observant une meilleure gestion de ces intrants sans sacrifier les rendements (IAASTD, 2008).

L'exigence collective des êtres humains à consommer plus de ressources que la planète ne peut en régénérer a commencé dans les années 1980. Il y a urgence à redessiner nos systèmes de production en tenant compte que l'économie est un sous-ensemble de l'environnement, et non inversement. En ce sens, il faut la synchroniser avec l'écosystème planétaire (Brown, 2001). Dans cette perspective, les systèmes d'intensification à faible niveau d'intrants, basé sur les associations multisécifiques, offrent des alternatives encourageantes pour une diversification de la production, accompagnée parallèlement et durablement de services écologiques. Par exemple, on a récemment mis en évidence dans des pays en voie de développement, que les systèmes d'agriculture biologique produisent 80% fois plus que les

exploitations conventionnelles et ce, contrairement aux doutes émis sur le fait qu'un couvert végétal à base de légumineuses suffit à fixer assez d'azote pour que l'on puisse se passer de la quantité d'engrais synthétiques utilisée d'habitude dans les systèmes traditionnels (Badgley et al., 2007). Plutôt que des schémas de plantations fixes, il s'agit d'un ensemble de raisonnements et de principes de conception qui permettent des bénéfices sociaux, économiques et environnementaux accrus pour ceux qui travaillent avec la terre (Dixon et al., 2001). Un principe clé d'intensification à faible taux d'intrants est la mise en place et la maintenance d'un cycle des nutriments bien cadré par la fonction de « filet de sécurité » qu'offrent, par exemple, les arbres aux racines profondes pour lutter contre la perte de nutriment, mais également par la fonction par laquelle ils font remonter les nutriments, notamment les minéraux qui circulent ainsi depuis les couches profondes du sol à travers les racines et la couverture végétale morte, vers la surface où ces nutriments deviennent alors disponibles pour des végétaux aux racines peu profondes. Un second principe portant sur les associations, comme les associations agroforestières, consiste à accroître la productivité par des effets de facilitation (par exemple en augmentant le système racinaire lorsque les espèces sont mélangées). D'une façon similaire, une des zones où il y a un besoin pressant de développer les stratégies d'adaptation est celle de l'agriculture non-irriguée de laquelle dépend les populations les plus pauvres dont le futur est extrêmement incertain compte tenu de l'évolution des régimes de précipitations et de la réduction de la disponibilité en eau. Dans un contexte de développement agricole durable, améliorer l'efficacité de l'utilisation en eau par les végétaux est et sera nécessaire. Dans cette perspective, comprendre et trouver les options pour maîtriser les processus qui gouvernent l'absorption racinaire en eau est un effort essentiel auquel l'équipe du projet *Ecosfix* contribuera.

Ces concepts représentent des systèmes de production agricole complexes. C'est pourquoi un niveau élevé de connaissances et d'information est requis. L'approche commune est de formuler des principes fondamentaux et de faire ressortir les éléments clés. Mais pour leur application concrète, ceux-ci doivent être convertis au cas par cas en technologie de production et en pratiques agricoles. L'approche standardisée, qui semble meilleure, n'est pas possible du fait de la diversité et de la variabilité des conditions agro-écologiques et socio-économiques associées à l'agriculture en général, à des zones moins favorables et à des petits exploitants en particulier (Meyer, 2009). Les connaissances locales et indigènes et les éléments traditionnels sont importants pour l'optimisation des ressources disponibles, dans un dialogue productif sans pour autant continuer les pratiques traditionnelles. Etablir un tel dialogue (par le biais de partenaires locaux et de groupes formés par les utilisateurs finaux dans le projet *Ecosfix*) donnera l'opportunité de désavouer la perception que l'on a des pratiques traditionnelles et de cette connaissance que l'on qualifie de sous-développée. La plupart des systèmes agroforestiers de petites tailles sont des systèmes riches en arbres et en espèces produisant des produits ligneux ou non ligneux à la fois pour un usage domestique et pour la vente sur le marché. Du fait de leur biomasse importante, ces systèmes contiennent de larges stocks de carbone. Parce que les systèmes des exploitants individuels sont de taille limitée, les systèmes des petits exploitants, par zone, accumulent d'importantes quantités de carbone égalant ainsi la quantité de carbone stockée par certaines forêts secondaires. Leur capacité à répondre aux besoins vitaux des petits exploitants tout en stockant simultanément de larges quantités de carbone font que ces systèmes sont des projets viables conformément au mécanisme de développement propre (CDM) du protocole de Kyoto dont l'objectif double vise à la réduction des émissions et au développement durable. Toutefois afin de rassurer les petits exploitants, les systèmes agroforestiers promus par un projet CDM doivent être économiquement et socialement viables indépendamment des rétributions financières du carbone. Pour garantir la productivité et la rentabilité, les projets devraient fournir aux exploitants agricoles un soutien technique et une aide à la commercialisation (Roshetko et al 2006).

Dans ce contexte environnemental, social et économique, le projet *Ecosfix* se propose de contribuer à la compréhension des cycles du carbone et de l'eau dans les systèmes forestiers intercalant des



cultures sur les terres inclinées. Nous conduirons des analyses détaillées sur les schémas racinaires des végétaux et sur leur croissance – les racines étant l'un des pilotes des processus de l'écosystème souterrain. Le résultat de cette recherche sera alors traduit en informations pratiques et transmis aux parties prenantes locales afin qu'elles puissent réévaluer les méthodes qu'elles utilisent. Les incitations à gagner plus d'argent ou de bien-être, un des résultats de cette recherche, devraient faire l'objet d'une communication afin que les parties prenantes puissent réévaluer les méthodes qu'elles utilisent. Notre projet est parfaitement en corrélation avec l'utilisation des terres, leurs changements et la forêt (UTCF) du GIEC et apportera les données nécessaires pour étalonner les modèles de quantification du carbone, d'érosion et de stabilisation des terres inclinées dans différents types de systèmes (agro)forestiers.

## **1.2. POSITIONNEMENT DU PROJET**

Les objectifs scientifiques et les retombées attendues du projet *Ecosfix* correspondent particulièrement au projet ANR SYSTERRA. *Ecosfix* en particulier, contribuera à la thématique de l'axe 2 « Ingénierie écologique à l'échelle du peuplement et de la région ». Nous examinerons également plusieurs concepts scientifiques qui rencontrent l'axe 1 « Intensification écologique des systèmes de production » et l'axe 4 « Elaboration de nouveaux paradigmes et de nouvelles méthodes ». Le projet a pour but de répondre à des questions liées à la conservation des sols (lorsque la conservation des sols est définie comme un ensemble de stratégies de gestion pour prévenir l'érosion, la contamination et la pollution des sols, etc.) particulièrement comment les végétaux et le sol interagissent par le système racinaire, afin d'améliorer la fixation du sol et de prévenir les processus d'érosion. Ces processus seront étudiés dans les systèmes complexes c'est-à-dire les systèmes naturels et les agroforêts où les compositions d'espèces et la diversité doivent être prises en compte par les expériences, la modélisation et les analyses menées dans le projet.

Comprendre et gérer des systèmes complexes est une sous-thématique importante du programme SYSTERRA (2.2.2) quant à l'amélioration de la gestion des systèmes agroforestiers, le besoin des exploitants et des forestiers à comprendre comment les interactions biotiques et abiotiques affectent le fonctionnement de l'association de diverses espèces. Nous étudierons également comment l'organisation spatiale et la dynamique temporelle influencent un ensemble de services écosystémiques qu'offrent différentes (agro)forêts. Nous étudierons les services écosystémiques des systèmes racinaires, zone où les données sont extrêmement limitées, et pourtant les parties souterraines de la continuité plante-sol sont des moteurs essentiels des processus écosystémiques (Foucaud et al 2008). La modélisation intégrée de compromis entre différents services racinaires est un processus complexe, requérant la connaissance des principes biophysiques en biologie des sols et des racines et en mécanique, mais également en fonctionnement hydrologique plante-sol. Ces aspects contribueront partiellement à l'axe 2.4.2 (Concepts et méthodes de développement pour étudier les systèmes complexes). Comprendre comment les systèmes racinaires modifient la structure du sol, y compris les relations hydrologiques du sol constituera une étape clé du projet, et correspondra en partie à l'axe 2.1.1 (Fonctionnement biogéochimique et physique des agro-écosystèmes) et à l'axe 2.1.2 (Fonctions écologiques du sol). Développé dans un contexte de nécessité de réduire les gaz à effet de serre, le projet *Ecosfix* aura pour objectif d'améliorer la séquestration du sol dans les écosystèmes terrestres correspondant ainsi à l'axe 2.1. Nous travaillerons à la fois sur un plan national et international, pour comprendre les schémas dans les processus plante-sol d'un point de vue global, sous différents climats, et dans les structures agroforestières. Le Partenaire n° 8 (CATIE) est basé dans un pays en voie de développement, le Costa Rica et est ainsi à même de bénéficier de fonds

AIRD. Nous développerons un travail au Laos, pays en voie de développement, avec l'aide d'un Partenaire français situé au Laos (BIOEMCO, Partenaire n°5).

*Ecosfix* s'appuie sur divers concepts, hypothèses, méthodologie, développés précédemment dans un projet soumis à l'ANR Systerra. Ce premier projet intitulé 'DROOPY – Deep ROOTs as a means to enhance the Productivity and sustainabilITy' (Les racines profondes, ou comment améliorer la productivité et la durabilité des systèmes agricoles') a été coordonné par le Dr Alain Pierret, de BIOEMCO, et est resté sur la liste d'attente de financement en 2008 et 2009. Les commentaires et les critiques de ce projet ont été pris en compte dans *Ecosfix*. En particulier, nous avons renforcé les aspects socio-économiques en incluant deux nouveaux Partenaires (l'AFAF - Association Française d'Agroforesterie et le CATIE – Centre Agronomique Tropical de Recherche et d'Enseignement) ainsi qu'un sous-traitant (HELVETAS). Les rôles de ces Partenaires, science appliquée mise à part, comprennent la coordination d'une campagne de sensibilisation auprès du public, une meilleure compréhension des besoins sociaux par une Méthode Accélérée de Recherche Participative (RRA) et la traduction du résultat des recherches en guide pratique destiné les parties prenantes locales. Nous avons renforcé les aspects de coordination du projet, détaillé celui-ci et inclus un comité de direction ainsi qu'un comité d'utilisateurs finaux constitué d'ONG locales, d'associations, et de professionnels pour mieux cibler la recherche et le rayon d'action. Avec *Ecosfix* le nombre de sites expérimentaux a été réduit de neuf à quatre, les quatre étant doté d'instruments de mesure dont les suivis sont effectués par des projets nationaux et internationaux (voir Cadre 1). Par conséquent, un nombre de données relativement élevé est d'ores et déjà disponible et, dans une certaine mesure, les sites sont déjà bien déterminés par ces projets liés. Le projet *Ecosfix* diffère du projet DROOPY par son objectif scientifique principal car il considère les propriétés mécaniques des racines en relation avec le mouvement de masse du substrat, un élément majeur du processus d'érosion des terrains en pente.

Les projets en cours dont *Ecosfix* bénéficiera incluent le projet BACCARA de l'Union Européenne (<http://www.baccara-project.eu/index.php>) coordonné par l'INRA de Bordeaux avec 16 institutions Partenaires dont le Cémagref (Partenaire N°6 du projet *Ecosfix*). BACCARA a pour but d'évaluer les impacts du changement climatique sur les associations d'espèces d'arbres et plus précisément de mieux comprendre les effets des conditions climatiques sur les processus écologiques qui forment la composition des espèces d'arbres tels que la compétition et la facilitation, la résistance et la résilience aux ravageurs et aux épidémies pathogènes. Un site expérimental est commun aux projets *Ecosfix* et BACCARA (Chamrousse, France – voir Cadre 1), et les deux projets bénéficieront ainsi d'échanges de données, particulièrement en ce qui concerne les données climatiques et les caractéristiques sol/végétaux.

Pour les systèmes agroforestiers de caféiers, comme ceux qui seront étudiés au Costa Rica par les Partenaires d'*Ecosfix*; notre projet bénéficiera directement de « Coffee-flux » sous projet du projet CAFNET (EuropAid/121998/C/G: 10/2006-09/2009): « Connecter, améliorer, rendre durables les services environnementaux et les valeurs marchandes du café provenant de systèmes agroforestiers situés en Amérique Centrale, en Afrique de l'Est et en Inde ». Il comprend un bassin versant d'1 km<sup>2</sup> parfaitement équipé de turbidimètres, de piézomètres, d'appareils de mesures des flux et de la covariance des turbulences, des dépôts par égouttement, de l'infiltrabilité, pour évaluer comment se répartissent le bilan hydrologique et l'érosion. Les mesures de la covariance des turbulences, de l'indice de la surface foliaire (LAI), les mesures par les minirhizotrons, les tranchées, les expériences sur la phénologie sont destinées à évaluer la productivité primaire et le bilan carbone de l'écosystème ([http://www.montpellier.inra.fr/ecosols/recherche/projets\\_de\\_recherche\\_finances/coffeeflux](http://www.montpellier.inra.fr/ecosols/recherche/projets_de_recherche_finances/coffeeflux)). En particulier, les avancées du projet *Ecosfix*, notamment sur les traits racinaires, à l'échelle locale feront l'objet d'un rapprochement avec les renseignements existants sur l'eau, l'érosion et le bilan

carbone à l'échelle de l'écosystème ou du bassin. Les deux projets CAFNET et *Ecosfix* bénéficieront d'une information complète pour l'évaluation des services environnementaux telle que le rôle des racines sur l'infiltration profonde, la stabilisation de la pente, la réduction de l'érosion ou le stockage du carbone en profondeur.

En ce qui concerne les projets soumis lors de l'appel à projet de l'ANR Systerra 2010, deux projets dans lesquels plusieurs Partenaires sont impliqués, ont également été présentés, il s'agit de SEPIA et INTENSIFIX, dont les descriptions et complémentarités sont détaillées ci-après :

(i) *Ecosfix* est présenté simultanément avec SEPIA «Négociations sur les services environnementaux dans les bassins versants cultivés. Quelle est la contribution des outils de simulation hydrologique, agronomique et économique ? » (Le Partenaire N°2 : CIRAD- Ecosystèmes de Plantations est impliqué dans SEPIA). La moitié du projet SEPIA concerne les services environnementaux dans les plantations de café agroforestières au Costa Rica. Toutefois, l'objectif de SEPIA est en premier lieu de faciliter les négociations entre les parties prenantes par l'utilisation de modèles permettant de simuler des scénarios de possibilité de gestion : une petite partie du programme SEPIA s'intéresse à la biophysique (WP3), la majeure partie portant sur des modèles de construction et des simulations avec les parties prenantes. Les lieux de recherche sont aussi très distincts puisque SEPIA se concentre sur le bassin de Tarrazu alors qu'*Ecosfix* opère sur le bassin Aquiares, tout deux distants d'environ 100 km. Toutefois, SEPIA et *Ecosfix* utiliseront tous deux le modèle d'hydrologie et d'érosion initialement développés sur le bassin d'Aquiares par CAFNET (Gómez-Delgado et al., in prep). Les résultats obtenus par *Ecosfix* relatifs aux traits racinaires, à l'infiltration, à la stabilisation et au stockage du carbone par le sol pourraient profiter au modèle SEPIA s'ils y sont intégrés et pourraient être présentés comme des simulations supplémentaires pour le bassin Tarrazu. En contrepartie, *Ecosfix* pourrait bénéficier de la stratégie du programme SEPIA pour la diffusion des résultats, les simulations et les liens avec les simulations d'hydrologie et d'érosion à l'échelle du bassin.

(ii) Un autre projet ANR-Systerra sera soumis en 2010 par trois de nos Partenaires (N° 2: CIRAD- Ecosystèmes de Plantations, N° 4: SYSTEM and N° 7: AFAF). Il concerne l'intensification écologique, INTENSIFIX « intensification des écosystèmes de plantations forestières par l'utilisation d'espèces fixatrices d'azote dans les plantations forestières ». Bien qu'il traite des plantations forestières orientées vers la production de bois, certains résultats clés seront intégrés dans le projet *Ecosfix* comme la modélisation de la croissance des racines (et le taux de renouvellement) et la répartition du carbone dans les racines. Un des sites en France, est commun aux deux projets (Restinclières), ainsi, la plasticité racinaire et l'efficacité des végétaux à utiliser les ressources en eaux et en nutriments, ainsi que les estimations de la litière et de la décomposition de la matière organique du sol qui sera déterminée dans le projet INTENSIFIX seront profitables à *Ecosfix*. Inversement, INTENSIFIX bénéficiera du projet *Ecosfix* en ce qui concerne le suivi sur 3 ans des dynamiques des racines avec les minirhizotrons, afin de valider l'approche de l'allocation souterraine totale du carbone (TBCA) en vue de l'estimation de l'allocation du carbone du sol réalisée dans le projet INTENSIFIX.

*Ecosfix* couvre divers aspects et concepts scientifiques inclus, dans une certaine mesure, dans les projets INTENSIFIX et SEPIA. *Ecosfix* concourt à la compréhension et à l'utilisation d'un nouveau paradigme, celui de l'influence de la fonction racinaire sur les processus écosystémiques selon la profondeur du sol. Par une science fondamentale très novatrice, nous repousserons les limites de l'écologie des végétaux et de la science du sol, attendant des répercussions grandement bénéfiques sur la gestion des écosystèmes agro/forestiers dans un contexte de changement climatique. C'est seulement grâce à une compréhension des processus souterrains et des interactions racines/sols que nous pourrions débloquer l'impasse pour aller vers une culture améliorée de la terre dans un contexte



de démographie croissante et de perturbation des écosystèmes (par des événements climatiques extrêmes par exemple et des processus de dégradation anthropogènes). Le type de recherche proposée par *Ecosfix* est par conséquent urgent sur un plan à la fois national et international.