B2IF - Biogéochimie des Écosystèmes Forestiers

Rapport Hcéres

▶ **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. B2IF - Biogéochimie des Écosystèmes Forestiers. 2012, Institut national de la recherche agronomique - INRA. hceres-02030622

HAL Id: hceres-02030622

https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02030622

Submitted on 20 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

agence d'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :

Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers

BEF

sous tutelle des établissements et organismes :

INRA

Mars 2012

agence d'évaluation de la recherche
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des Unités de recherche

Le Directeur

Pierre Glaudes

Unité

Nom de l'unité :	Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers
Acronyme de l'unité :	BEF
Label demandé :	UR INRA
N° actuel :	1138
Nom du directeur (2009-2012) :	M. Laurent SAINT ANDRÉ
Nom du porteur de projet (2013-2017) :	M. Laurent SAINT ANDRÉ

Membres du comité d'experts

Président :	M^me^ Chantal GASCUEL-ODOUX, Rennes
Experts :	M. Jérome BALESDENT, Aix en Provence
	M^me^ Isabelle BERTRAND, Reims (représentante des CSS INRA)
	M. Joseph DUFEY, Louvain La Neuve, Belgique
	M. Jean Louis FERRON, Limoges

Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Alain FRANC

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Jean Marc GUEHL, INRA

Rapport

1 • Introduction

Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée le 20 mars, de 8h30 à 18h30, dans d'excellentes conditions, bien organisée et très favorable aux échanges. Cette visite a permis d'avoir, le matin, une présentation du bilan de l'unité, incluant un exposé de synthèse et des exposés plus pointus de trois jeunes chercheurs, puis une présentation du projet de l'unité. L'après-midi a été consacrée à la visite du laboratoire et aux rencontres avec l'ensemble des personnels (techniciens et administratifs, doctorants et postdoctorants, scientifiques), avec le chef du département EFPA de l'INRA, ses adjoints et le président du Centre INRA de Nancy, puis avec le directeur d'unité. Le comité d'experts tient à souligner la qualité de l'accueil et des échanges et la très bonne organisation de la journée.

Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

L'unité BEF est une unité propre INRA, localisée à Champenoux, près de Nancy. C'est une unité de petite taille (15,9 ETPs permanents dont 7 scientifiques, environ 19 ETPs non permanents). Cette unité n'est pas structurée en équipe de recherche. Aucune modification de structure n'a eu lieu dans ce quadriennal comme dans le précédent.

L'activité de recherche de l'unité BEF porte sur les cycles biogéochimiques des écosystèmes forestiers. L'objectif de recherche est d'identifier des processus fondamentaux du fonctionnement des écosystèmes forestiers, de développer des outils d'observation et d'analyse de ces processus, d'utiliser des modèles et indicateurs pertinents pour leur gestion. L'objectif finalisé est de contribuer à des recommandations de gestion pour le maintien, voire l'amélioration de la capacité de production des sols, des fonctions écologiques et environnementales des forêts. L'unité BEF a une position très originale entre géosciences (cycle des nutriments, altération, dépôts atmosphériques,….), biosciences (fonctionnement des écosystèmes forestiers) et sciences biotechniques (gestion forestière innovante durable).

Le sol est une composante essentielle du fonctionnement biogéochimique des écosystèmes forestiers, et c'est donc un compartiment majeur des travaux de recherche de l'unité BEF. Les sols forestiers sont généralement des sols pauvres ou appauvris, dont la capacité de restauration naturelle est limitée. Dans ces systèmes, l'étude de la dynamique des éléments chimiques nécessite d'analyser très finement les processus, ceux-ci ayant une dimension générique, et de le faire sur un temps long. L'unité s'est ainsi dotée d'observatoires des forêts, labellisés en Observatoire de Recherche en Environnement (ORE) réunis en un réseau, le SOERE F-ORE-T pour lequel elle est très investie et dont elle assure la coordination scientifique. Elle possède un potentiel analytique de haut niveau, faisant appel notamment au marquage isotopique, permettant de suivre la dynamique des éléments nutritifs dans les différents compartiments de l'environnement. Les cycles C, N et des éléments majeurs de la nutrition végétale sont étudiés, de même que leurs déterminants biologiques, dont en particulier les compartiments microbiens.

Equipe de Direction :

La direction de l'unité a été assurée par Etienne DAMBRINE jusqu'en juillet 2010. Suite à son départ en mobilité, la direction a été reprise par Laurent SAINT-ANDRÉ (chercheur du Cirad mis à disposition de l'Inra). Il n'y a pas, dans cette unité de petite taille, d'équipe de direction. Laurent SAINT-ANDRÉ est assisté de personnels administratifs (1,5 ETP) pour assurer la gestion collective de l'unité. Un agent est responsable du pôle analytique.

Effectifs de l'unité :

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet **
N1 : Enseignants-chercheurs			
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC	7	7	7
N3 : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs			
N4 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	11 (10.73)	11 (10.73)	
N5 : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	13		
N6 : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	7		
N7 : Doctorants	16		
N8 : Thèses soutenues	11		
N9 : Nombre d'HDR soutenues	1		
N10 : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	4	
TOTAL N1 à N7	**54**	**18**	**7**

* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.

** Nombre de produisants de la période [1er janvier 2007-30 juin 2011] et qui seront présents en 2013-2017. Définition et téléchargement des critères : http://www.aeres-evaluation.fr/Evaluation/Evaluation-des-unites-de-recherche/Principes-d-evaluation.

2 • Appréciation sur l'unité

Avis global sur l'unité :

L'unité est excellente d'un point de vue scientifique. Le dernier quadriennal a été marqué par une forte progression, se traduisant par un bilan très riche, une augmentation de nombreux indicateurs (production, attractivité). L'unité porte une thématique très originale sur les cycles biogéochimiques des écosystèmes forestiers, originalité tant dans le paysage national qu'international, à l'interface entre géosciences et biosciences. La production scientifique est excellente, publiée dans le meilleur niveau de la discipline. Cette unité s'est montrée innovante sur les méthodes d'analyse des processus impliqués dans les cycles biogéochimiques (isotopie, imagerie, …). Elle est pionnière sur l'identification et la quantification de certains processus (altération biogène, dépôts atmosphérique,…). Elle a engagé des projets ambitieux, notamment par des expérimentations *in situ* de grande envergure. Elle a mis en place et coordonne le réseau d'observation des écosystèmes forestiers. Le projet scientifique est innovant, réaliste, fondé sur l'analyse de verrous au niveau des processus élémentaires et sur la capitalisation des connaissances par des approches d'inter-comparaison et de modélisation.

Points forts et opportunités :

- Cette unité est dotée d'une identité scientifique très bien définie. Elle occupe une niche scientifique à l'interface entre géosciences et biosciences (écosystème forêt) tant au niveau national qu'international.
- Il règne une très bonne qualité des relations humaines et scientifiques au sein de l'unité.
- L'unité dispose de sites d'observation labellisés ORE, et coordonne un SOERE, qui constitue un cadre favorable à la mise en place d'observations pour l'identification de processus, pour la mise en place d'expérimentations de grande envergure.
- L'unité dispose d'un potentiel analytique de haut niveau (isotopie, spéciation chimique,..), utilisé régulièrement dans le cadre des observatoires (suivi ORE et programmes de recherche).
- L'unité présente un dynamisme et une très forte capacité à attirer des jeunes scientifiques (doctorants, postdoctorants), des moyens financiers importants pour maintenir, renouveler et renforcer de manière continue le potentiel analytique et d'observation.
- L'unité a un lien fort avec l'ensemble du tissu scientifique régional. Elle occupe une place centrale dans des infrastructures d'avenir très récemment obtenues, d'une part, le Labex "arbre" de Nancy, d'autre part, la plateforme mobile pour l'analyse *in situ* qu'elle coordonne.

Points à améliorer et risques :

Le dimensionnement global des activités au regard des moyens et le flux tendu sur certaines activités les fragilisent et peut contribuer à une certaine tension sur les personnels techniques et scientifiques.

Recommandations :

- L'unité doit limiter le nombre de projets pour augmenter la part de ceux présentant un leadership affirmé de l'unité. Il faut en outre identifier un ou deux projets internationaux dont l'unité aurait le leadership, ce qui lui permettrait d'asseoir son rayonnement international.
- L'unité doit accompagner l'acquisition de connaissance par de la modélisation numérique, pour augmenter la généricité des connaissances et contribuer à une vision systémique (par ex cycle azote). Elle doit développer la comparaison de systèmes tempérés et tropicaux, l'analyse et la valorisation des observations de longue durée.
- Ne pas déstabiliser cette unité particulièrement performante et en plein essor par des réorganisations structurelles qui risqueraient de dégrader la cohésion et la spécificité du groupe.

3 • Appréciations détaillées

Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Bilan de fertilité

Si l'appréciation de la fertilité des sols agricoles est largement basée sur la notion de « réservoirs » d'éléments à maintenir à un certain niveau en vue de faire face aux besoins des plantes à l'échelle annuelle ou de la rotation, il en est tout autrement en sols forestiers où ce sont les flux d'éléments, quelle que soit l'ampleur des réservoirs, qui doivent être identifiés et quantifiés en termes cinétiques, tant à l'échelle de la saison de végétation qu'à celle de la croissance des arbres. Cette reformulation de la notion de biodisponibilité des éléments minéraux a permis à l'unité BEF d'explorer de nouvelles approches de recherche tant en milieu tempéré qu'en milieu tropical. L'utilisation de traceurs isotopiques, en abondance naturelle ou enrichie, constitue une avancée méthodologique très prometteuse qui a fait l'objet de nombreux développements par l'unité BEF au cours du dernier quadriennal, tant sur le plan conceptuel que sur le plan de l'instrumentation analytique propre. Le couplage d'isotopes d'éléments intervenant dans les cycles à dominance minérale (Si, Cl, Na, Ca, Mg) et dans les cycles à dominance biologique (N, C) confère à l'unité BEF une compétence tout à fait originale dans le paysage scientifique de la biogéochimie. L'attractivité de l'unité BEF en ce domaine est attestée par plusieurs collaborations internationales et nationales contribuant à l'exploration de nouvelles voies de recherche, comme par exemple, très récemment, l'utilisation d'isotopes du bore et du lithium pour tracer les réactions d'altération.

Altération des minéraux

Avec les retombées atmosphériques, l'altération des minéraux est le processus qui assure le renouvellement à long terme des réserves en éléments minéraux biodisponibles. Depuis près de 20 ans, l'unité BEF a fortement investi dans l'identification minéralogique et la quantification des flux d'altération, ce qui a conduit à un affinement notoire, avec de nombreuses publications de haut niveau, de ce qui reste encore souvent considéré comme une boîte noire, permettant de boucler les bilans d'éléments dans un écosystème forestier. Le dernier quadriennal a été marqué par des avancées au niveau de l'identification et du rôle des acteurs biologiques dans les flux d'altération, grâce à une collaboration étroite avec l'unité Interactions Arbres Microorganismes de Nancy. L'impact différencié des essences forestières a été mis en évidence, non seulement par les caractéristiques des litières, mais aussi par un environnement rhizosphérique spécifique. L'isolement de souches bactériennes provenant de différentes niches écologiques du système sol-racine a démontré des capacités d'altération particulières des communautés issues de la rhizosphère et de l'ectomycorrhizosphère, avec identification des deux genres les plus efficaces dans l'altération, Burkholderia et Collimonas. Ces approches écologiques sont complétées et amplifiées par des approches de génétique, allant jusqu'au séquençage du génome d'une souche de Burkholderia. Ces recherches illustrent à quel point les compétences complémentaires rassemblées au sein de l'unité BEF permettent d'appréhender les processus physiques, chimiques et biologiques sous leurs multiples facettes, à toutes échelles de temps et d'espace.

Matière organique du sol

Les travaux portant sur les cycles de C et N et les matières organiques du sol ont produit des résultats particulièrement originaux et innovants, de tout premier plan comme l'impact des essences, au delà de leurs litières, en interaction avec le milieu, sur les biotransformations microbiennes de l'azote, le poids de certaines espèces moléculaires organiques dans la stabilisation de C et N, via les surfaces minérales, la stabilisation préférentielle des matières d'origine microbienne. Le groupe est pionnier, avec des premières méthodologiques mondiales sur ce plan.

Dans un paysage de la recherche sur les cycles de C et N fortement concurrentiel, l'unité a astucieusement choisi un positionnement très spécifique à l'interface organique-minéral. Les travaux sont ainsi très intégrés avec ceux portant sur les dynamiques des éléments minéraux (altération, Ca, Mg), par les couplages réactionnels, les co-localisations à différentes échelles, la sorption organo-minérale et ses implications sur la stabilisation du C et l'évolution des surfaces, et font appel à des approches de multimarquages, de modélisation intégrée. Les recherches prennent également en compte, en collaboration, la composante d'écologie microbienne des processus. La réussite de ces projets est, comme l'ensemble de ceux de l'unité, en relation avec plusieurs capacités exceptionnelles de ce groupe. Ainsi, monter des expérimentations de terrain ambitieuses (par exemple le marquage d'arbres matures entiers au 15N et récolte par ensachage d'arbres entiers), valoriser des expérimentations menées sur des dispositifs de longue durée, sont rares dans le paysage international. Une haute technicité analytique a permis de développer le couplage de technologies innovantes au niveau mondial, en propre ou en collaboration.

On doit par exemple à l'unité une imagerie couplée et de co-localisation à l'échelle nanométrique des abondances élémentaires, isotopiques et de la spéciation des composés organiques, qui constitue une première mondiale, ainsi qu'une toute première approche isotopique moléculaire 13C des molécules azotées, par couplages chromatographies liquides et spectrométries de masse isotopique. Enfin ces approches exploitent comme facteur de variabilité le mode de gestion sylvicole, ce qui permet simultanément et idéalement, une production académique de premier plan et des productions finalisées à l'attention de la gestion. L'ensemble de ces données devrait permettre au groupe de renouveler la conceptualisation des cycles de C et N de façon très générique, dans un contexte large de milieux, bien au-delà des systèmes forestiers. L'unité a un potentiel pour valoriser et synthétiser, au-delà de ce qui est d'ores et déjà fait, l'ensemble de ses résultats sur le cycle de N, notamment sur les longues séries chronologiques, par tests d'hypothèses, ou par méta-analyse, ou encore par modélisation. Le comité d'experts recommande à l'unité une recherche de généricité des processus et des facteurs de variabilité, à partir des jeux de données acquis.

La qualité physique du sol

L'unité a pris à bras le corps une problématique majeure de la qualité des écosystèmes et de la durabilité des productions forestières : l'impact du tassement des sols par l'exploitation forestière sur son fonctionnement (résilience et remédiation). Ici encore la démarche commence par la mise en place d'expérimentations ambitieuses et de longue durée. Ces travaux ont déjà montré les impacts sur les cycles biogéochimiques, la nutrition minérale ou les émissions de gaz à effet de serre. Ils alimentent autant la réflexion académique sur les facteurs de variation des cycles biogéochimiques que le développement de l'activité d'exploitation forestière. Cette approche est plus récente que les autres, et se situe donc encore dans l'acquisition de données. Les compétences de l'unité en géochimie devraient lui permettre de faire le lien entre propriétés physiques, cycles biogéochimiques et pédogénèse.

Modélisation (tempéré / tropical)

La simulation numérique a pris une place croissante dans l'unité au cours du quadriennal. La modélisation, soit comme outil d'analyse, soit comme produit, est omniprésente. S'appuyant sur une capitalisation des données et l'intégration des processus, l'unité a investi dans le développement de modèles intégrateurs du fonctionnement du système sol végétation, plus prédictifs que les modèles SVAT purement mécanistes. Des résultats très originaux et à fort impact potentiel (l'amélioration des bilans planétaires de la biomasse et du carbone) ont établi des corrélations inédites entre le milieu édaphique et les paramètres dendrométriques. Ces résultats permettent d'une part de remettre en cause et d'améliorer les paramétrages existants des modèles allométriques et d'ouvrir de nouvelles hypothèses en écologie.

Au final, la production scientifique est excellente, équilibrée sur l'ensemble des thèmes de l'unité. Tous les scientifiques sont produisants. Le nombre d'article à comité de lecture par scientifique (Chercheur + IR) est excellent, de 3,3 (ACL ISI), avec un maximum de 4,1 en 2011. Ce taux de publication a beaucoup progressé lors du dernier quadriennal, de 100% en nombre total de publication, de 94% en taux de publication par scientifique et par an. Les supports de publication utilisés ont un facteur d'impact d'environ 2,5, chiffre résultant de la moyenne de publications de haut niveau et de vulgarisation. 20 publications sont publiées dans des revues à facteur d'impact supérieur à 3, ce qui place les publications de l'unité dans les meilleurs supports des champs disciplinaires couverts. Ces publications couvrent 3 grands domaines, les sols et géosciences (36%), la forêt (34%), la biologie, la microbiologie et l'écologie (28%), traduisant très bien la position d'interface disciplinaire de l'unité. Ce choix original renforce sur un plan qualitatif l'excellence de la production scientifique. Notons que 51% des publications ACL-ISI associent un doctorant ou un postdoctorant (soit 2,5 publications par an et doctorant ou postdoctorant), et pour 50% d'entre elles, le place en premier auteur. 11 thèses ont été soutenues dans le dernier quadriennal. Un nombre tout à fait significatif de communications (132) est observé. Tous les indicateurs convergent donc pour attester de l'excellente production scientifique de l'unité BEF.

Appréciation sur l'intégration de l'unité dans son environnement :

Les travaux conduits par l'Unité, à l'interface entre la dynamique des sols et la dynamique des peuplements forestiers qu'ils supportent, présentent un fort intérêt stratégique pour les praticiens forestiers. Les concepts proposés sont novateurs et constituent pour le sylviculteur une voie pour disposer d'outils d'appréciation des potentialités des sols forestiers, de leurs évolutions et les corrections éventuelles qu'elles supposent. Les adaptations à la sécheresse, au climat et notamment au printemps qui constitue une période clé, sont importantes et sont abordées dans le programme ACCAF.

S'agissant d'un domaine scientifique complexe, la diffusion des résultats auprès des praticiens constitue une tâche difficile. L'unité s'est attachée à répondre à cet enjeu avec une réelle efficacité. L'effort accru de communication réalisé par l'unité au cours du dernier quadriennal a bénéficié aux praticiens (sensibilisation, restitution des observations recueillies sur les sites expérimentaux,…). Cet effort témoigne de la volonté de l'unité à s'impliquer auprès des praticiens, et de sa capacité à vulgariser ses recherches et leurs implications pratiques. L'unité diffuse les acquis de ses travaux par le biais d'interventions variées : l'accueil de partenaires dans ses locaux (ONF,…) ; la rédaction d'articles de vulgarisation ou la participation à des guides thématiques (rémanents d'exploitation en partenariat avec l'ADEME, tassements des sols en partenariat avec FCBA,…), ou la tenue de conférences ; la participation à des commissions d'expertise ou des conseils scientifiques (Conseil scientifique du PNR du Morvan,.. .). Cette volonté témoigne, parallèlement et en complément des implications plus institutionnelles au sein des réseaux constitués (RMT, GIP-ECOFOR,…), de la pertinence des choix et des moyens mis en œuvre par l'unité au regard des besoins de recherche exprimés par les praticiens. La commission fait ainsi le constat d'une très bonne adéquation de l'activité de l'unité avec les attentes tant au sens forestier que de la demande sociétale plus généralement. Nous recommandons à l'unité de tenir un inventaire des productions non académiques, orientées vers le développement forestier (modèle, indicateur, outil) ou le grand public, pour pouvoir en apprécier le bilan.

La capacité de l'unité à bénéficier de financements extérieurs repose principalement sur son ancrage auprès des collectivités territoriales (35 % du montant des financements 2011) et sur les divers partenariats qu'elle a tissés avec les organismes forestiers nationaux (ONF, GIP-ECOFOR) et agences de développement (ADEME) auprès desquels elle recueille en moyenne 25 % de ses financements. Des partenariats nouveaux (ANDRA) se sont développés et ont permis d'instrumenter un site atelier lourd et prometteur en termes de résultats. Concernant l'environnement scientifique et universitaire, l'unité a établi un réseau de collaborations particulièrement efficaces avec d'une part le Centre INRA et d'autre part l'Université de Lorraine, dans les domaines des géosciences et de la biologie/écologie (labex ARBRE).

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'unité de recherche :

L'unité est impliquée dans de multiples projets internationaux et dans plusieurs types de collaborations. Elle s'implique dans les réseaux de sites internationaux soit du sud —via le Cirad ou non—, soit européens. Elle entretient de nombreux partenariats privilégiés et suivis, avec des savoir-faire complémentaires : Allemagne, Belgique, Brésil, Suède, UK, USA par exemple. Les collaborations occasionnelles complètent la stratégie. Ainsi près de 50% des ACLs associent un auteur étranger. L'unité fait ainsi état de très fortes sollicitations de collaborations internationales, la mettant en position de choix. Plusieurs membres de l'unité ont été invités dans les grands évènements mondiaux de la discipline (Goldschmidt conference, Americam Geophysical Union).

La forte attractivité de l'unité est aussi attestée par le grand nombre de doctorants (16 doctorants présents en 2011 pour 7 chercheurs-ingénieurs). Les doctorants et post-doctorants sont très satisfaits de leur encadrement. Ils recommandent cette unité à leurs pairs. Ces étudiants sont d'origines diverses (territoire national, Europe, pays du Sud). Les sites du Cirad, le contexte d'un travail en relation avec la forêt, l'excellent niveau de l'unité constituent des facteurs importants d'attractivité pour les doctorants. Ceux-ci ont des parcours variés et proviennent pour certains de masters très sélectifs. L'ensemble des doctorants forme au sein de l'unité, une communauté active, bien préparée à un parcours de recherche après le doctorat ou postdoctorat. 4 thèses sont en cotutelles. Les doctorants sont vivement encouragés à aller dans des conférences internationales. Le suivi du devenir des doctorants montre que tous les anciens doctorants de l'unité ont un emploi, dont la moitié en recherche.

L'unité n'étant pas une UMR, elle ne pourra plus émarger aux allocations doctorales délivrées par les universités. Cette difficulté nouvelle pourrait, à terme, porter préjudice à l'unité. Des alliances devront venir compenser cette difficulté qui n'est pas de son fait.

Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité :

L'action et le dynamisme du directeur, ainsi que le management de l'unité sont très vivement appréciés de l'ensemble des personnels. Une réunion mensuelle qui a pour objet d'informer, de discuter et de prendre des décisions en concertation avec l'ensemble des personnels de l'unité, a été mise en place . Une animation scientifique a également été mise en place, associant les doctorants. Ce management, autant que les échanges permanents dans la construction et le déroulement des programmes de recherche, entretiennent au sein de l'unité une discussion scientifique très prégnante, appréciée de l'ensemble des personnels. Ce climat de discussion est propice à la prise de risque (expérimentation grandeur nature), à l'identification de front de science, et in fine explique les excellents résultats de l'unité.

Une attention particulière est donnée aux conditions de sécurité des personnels temporaires, en particulier des stagiaires, à leur formation à la démarche qualité et à la sécurité, notamment à leur arrivée dans l'unité.

Bien que de taille relativement modeste, l'unité montre une grande capacité à mobiliser des ressources extérieures conséquentes. C'est ainsi qu'au cours des deux dernières années, les recettes contractuelles ont fortement augmenté, dépassant la barre des 800 000 € (2010), puis 1 million € (2011) alors qu'elles n'atteignaient que 600 000 € jusqu'alors. La subvention d'Etat ne représente plus que 10% des recettes en 2011. Grâce à ce dynamisme, l'unité s'est dotée d'équipements performants qui contribuent à sa capacité d'innovation. Ce dynamisme qu'il faut louer, peut toutefois mettre l'unité en difficulté pour l'avenir, pour la maintenance et le renouvellement des équipements dans la durée. Le personnel technique s'est en particulier fait écho d'une pression qu'il ressentait à devoir justifier de la grande valeur de l'unité, malgré sa petite taille, s'auto-imposant un rythme de travail difficilement tenable dans la durée.

Au-delà de son périmètre, notons l'excellente insertion de l'unité dans le dispositif régional, et en retour, l'excellente réussite des projets régionaux structurants qui permettent à l'unité de travailler en réseau avec d'autres unités dans de très bonnes conditions. L'unité BEF est ainsi au cœur du Labex "Arbre" qui vient d'être accepté, et qui confortera et amplifiera les relations avec les unités voisines, en particulier EEF qui travaille sur les flux hydriques et de carbone dans les écosystèmes forestiers, et IAM qui travaille sur les interactions arbre-microorganismes. Ce réseau contribuera au rayonnement de l'ensemble des unités constituantes du Labex, plus généralement des travaux sur les écosystèmes forestiers de Nancy. Le CRITT mis en place sur la filière bois est également structurant pour l'unité.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

Le projet présenté par l'unité est un projet ramassé, très bien articulé et réaliste. Cette articulation vise deux niveaux, une articulation fine autour du couplage minéral et organique des cycles biogéochimiques et une articulation intégratrice des connaissances et des données acquises.

Processus décortiqués finement

Le projet a pour ambition de coupler les cycles C-N-Ca-Mg, d'étendre le gradient climatique des objets d'étude avec une ouverture vers la Sibérie, de coupler les études menées sur l'altération des minéraux avec celles sur la dynamique des matières organiques. Ce projet est en continuité des études menées dans l'unité BEF jusqu'à présent. Le rapprochement des thématiques "altération" et "matières organiques" est pertinente car elle permettra des avancées originales dans la compréhension des interactions entre flux d'éléments nutritifs et réponse de l'écosystème microbien, aussi bien au niveau de la rhizosphère que du "bulk" sol. Toutefois ce projet sera réalisable si la formulation d'hypothèses, en particulier pour le couplage des cycles biogéochimiques est renforcée, et accompagnée d'une modélisation *ad hoc* des processus étudiés. L'unité possède les compétences, les infrastructures et les équipements pour mener à bien ce projet. Elle coordonne l'élaboration d'une infrastructure d'avenir, constituée d'une plateforme mobile analytique, en appui à l'observation *in situ*.

Il faudra être vigilant sur une bonne adéquation entre le nombre et la diversité des sites ateliers et projets retenus, au regard des forces propres de l'unité, des forces extérieures que l'unité pourra mobiliser autour de ce projet. Un effort est souhaitable sur la prise en compte de la complémentarité des situations pédoclimatiques qu'offre les sites ateliers, entre la France, le Congo, le Brésil, et dans le futur la Sibérie. Ces sites offrent une gamme de variations de facteurs édaphiques et de chrono séquences importantes, peu capitalisées jusqu'à présent et à fort potentiel.

Intégration des concepts, construction d'outils et d'indicateurs

L'unité BEF est particulièrement bien armée pour envisager l'intégration des concepts dont l'identification et l'affinement ont constitué le fil rouge de ses travaux au cours des 20 dernières années. Ainsi l'acquisition de données très fouillées sur une dizaine de sites ateliers, associée à des recherches très pointues sur les processus physico-chimiques et biologiques impliqués dans la dynamique de l'écosystème forestier, devraient permettre de dégager des indicateurs de fertilité potentielle des stations forestières, et surtout de l'expression de ce potentiel en fonction des contraintes environnementales.

La synthèse dégagée à partir des sites de « haute résolution » sera validée et complétée par les observations moins détaillées, mais balayant une grande diversité typologique d'écosystèmes sur les sites du réseau Renecofor. La redéfinition du concept de fertilité, qui a déjà fait l'objet d'un questionnement au cours du dernier quadriennal, sera poursuivie en y intégrant les contraintes et variabilités hydriques (spatiales et temporelles), les besoins réels des essences (selon leur autoécologie et leur dynamique de développement), la stratégie de prélèvement de nutriments et d'eau qui leur est spécifique, et les perturbations physiques des sols (compaction, hydromorphie).

Ces travaux devraient aboutir à des indicateurs composites combinant des caractéristiques pédologiques classiques et des paramètres indicateurs de la cinétique (flux) de fonctionnement des cycles biogéochimiques des nutriments. Ces travaux permettront de définir des typologies de fonctionnement des écosystèmes forestiers, en mettant particulièrement en évidence les différences de fonctionnement des cycles biogéochimiques selon la prépondérance des aspects BIO(géo)chimiques ou des aspects (bio)GEOchimiques. Ce classement typologique, dont la robustesse et la généricité seront testées sur le réseau Renecofor, est fondamental pour la compréhension du fonctionnement et du dysfonctionnement des écosystèmes forestiers. Il affinera les bases conceptuelles pour aller vers la modélisation opérationnelle de ces écosystèmes.

Des avancées dans la modélisation numérique constituent donc une ambition logique et réaliste de l'unité BEF. La modélisation du fonctionnement d'un écosystème forestier est particulièrement complexe, vu l'amplitude des dimensions temporelles (du mois, voire du jour, à la durée de la révolution) et spatiales (verticale et horizontale) impliquées. L'option prise par l'unité est de se positionner sur des modèles à base dendrométrique, visant à simuler la croissance et la production forestière de l'échelle interannuelle à plusieurs décades. La modélisation s'appuiera sur l'acquis scientifique très important en matière d'interactions sol-plante selon les typologies d'écosystèmes forestiers, et devra permettre de prévoir l'évolution de ces deux composantes, selon les actions du forestier et les changements globaux. Cette stratégie semble pertinente et réaliste.

L'unité a identifié les voies qu'elle compte approfondir, ce qui contribuera à renforcer la synergie collective des recherches, à développer une approche pluridisciplinaire impliquant des compétences internes à l'unité, et la poursuite des nombreuses collaborations déjà engagées et prévues. Ainsi, l'unité approfondira la modélisation de la dynamique de la matière organique (dans son rôle principal de fourniture d'azote à la plante) dans les horizons profonds dont on oublie souvent de tenir compte dans les modèles existants, alors que plus de la moitié du carbone organique y est stockée. Les données acquises depuis 10 ans sur le devenir de l'azote organique issu de litières marquées dans des situations pédoclimatiques très variées permettra de paramétrer et de calibrer un tel modèle. En ce qui concerne les pools et flux d'éléments, le modèle utilisé depuis plusieurs années (Nutrient Cycling Model), dont les limites ont été mises en évidence durant le dernier quadriennal, sera amélioré avec l'un des concepteurs en vue d'asseoir la fiabilité des prédictions sur le long terme (modifications des dépôts atmosphériques et de la sylviculture). Les expérimentations de multi-marquage isotopique, qui ont constitué une avancée décisive de l'unité BEF durant le dernier quadriennal, permettront de tester la robustesse du modèle. En matière de modélisation intégrée des interactions sol-plante, il sera nécessaire de coupler les flux d'éléments avec la disponibilité et la dynamique de l'eau, sachant qu'il est clair que la croissance du peuplement est étroitement dépendante de la pluviométrie et de sa répartition, aspects qui ont déjà pu être bien appréhendés par l'unité, notamment par l'extension de ses activités aux régions tropicales et par des collaborations avec l'unité EEF. L'unité a exploré les capacités de divers modèles numériques en ce domaine, mais une intégration et une adaptation conceptuelle et numérique s'avèrent nécessaires pour des simulations aux échelles de temps et d'espace visées par l'unité BEF. Ici aussi, les résultats acquis sur un très vaste réseau de sites en régions tempérées et tropicales, permettront de tester la robustesse et la généricité d'un tel modèle, et d'en évaluer les (in)certitudes, notamment dans l'optique d'apporter des éléments aux décideurs en matière de gestion forestière. Le comité d'experts encourage donc le développement plus important de la modélisation, faisant de cette approche un des points de l'inflexion du projet d'unité. Cette inflexion permettra par ailleurs à l'unité de s'engager davantage dans des productions de synthèse.

L'unité BEF souligne à juste titre l'importance pour elle de reconquérir l'effectif qu'elle a eu par le passé (recrutement nécessaire d'un chargé de recherche sur le rôle des essences vis-à-vis de l'acquisition des ressources), voire de l'amplifier notamment par un appui technique de haut niveau (IE et IR), un soutien aux activités d'observation (TR). Le grand nombre de personnels temporaires, en particulier de personnels techniques, fragilise la qualité des dispositifs d'observations, et le projet de l'unité devra prendre en compte cette dimension particulière.

Appréciation sur l'implication de l'unité dans la formation :

L'unité BEF est très impliquée dans les cursus des universités de Nancy, Strasbourg et Poitiers, et dans les cursus ingénieurs. Elle réalise une centaine d'heures de cours par an, et est principalement impliquée dans la conception et la réalisation d'enseignements dans les masters FAGE et SEE de l'université de Nancy. Elle exerce également des enseignements à l'étranger dans le cadre d'un projet Tempus (Finlande, Pays-Bas, France, Russie) et d'enseignements dans les pays du Sud (Brazzaville au Congo),

L'unité BEF accueille de nombreuses personnes, en moyenne 30 par an. Elle a, au cours du dernier quadriennal, accueilli 37 stagiaires de master et de parcours d'ingénieur, dont 9 ont poursuivis leur thèse au sein de l'unité. L'unité assure un suivi du devenir des doctorants.

La collaboration avec l'ONF comprend l'accueil et la formation d'un ingénieur forestier pendant 3 ans, en tant que poste destiné à développer l'interface entre recherche et développement. Un accueil de thèse aura également cette mission. Les sites d'observation sont le lieu de visites diverses, ayant pour objet la formation de public divers (scolaires, gestionnaires des forêts, décideurs locaux,…).

Au final l'unité BEF est très largement engagée sur le plan de la formation, tant continue qu'initiale, orientée tant vers la formation par la recherche (master, doctorat, postdoctorat,…) que vers la formation d'un large public. Cet engagement dans la formation est donc ambitieux et multiforme.

4 • Notation

À l'issue des visites de la campagne d'évaluation 2011-2012, les présidents des comités d'experts, réunis par groupes disciplinaires, ont procédé à la notation des unités de recherche relevant de leur groupe (et, le cas échéant, des équipes internes de ces unités).

Cette notation (A+, A, B, C) a porté sur chacun des quatre critères définis par l'AERES. Elle a été accompagnée d'une appréciation d'ensemble.

Dans le cadre de cette notation, l'unité de recherche concernée par ce rapport a obtenu l'appréciation d'ensemble et les notes suivantes :

Appréciation d'ensemble de l'unité **Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers** :

Unité dont la production, l'organisation, l'animation et le projet sont excellents. Le rayonnement est très bon.

Tableau de notation :

C1	**C2**	**C3**	**C4**
Qualité scientifique et production.	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement.	Gouvernance et vie du laboratoire.	Stratégie et projet scientifique.
A+	**A**	**A+**	**A+**

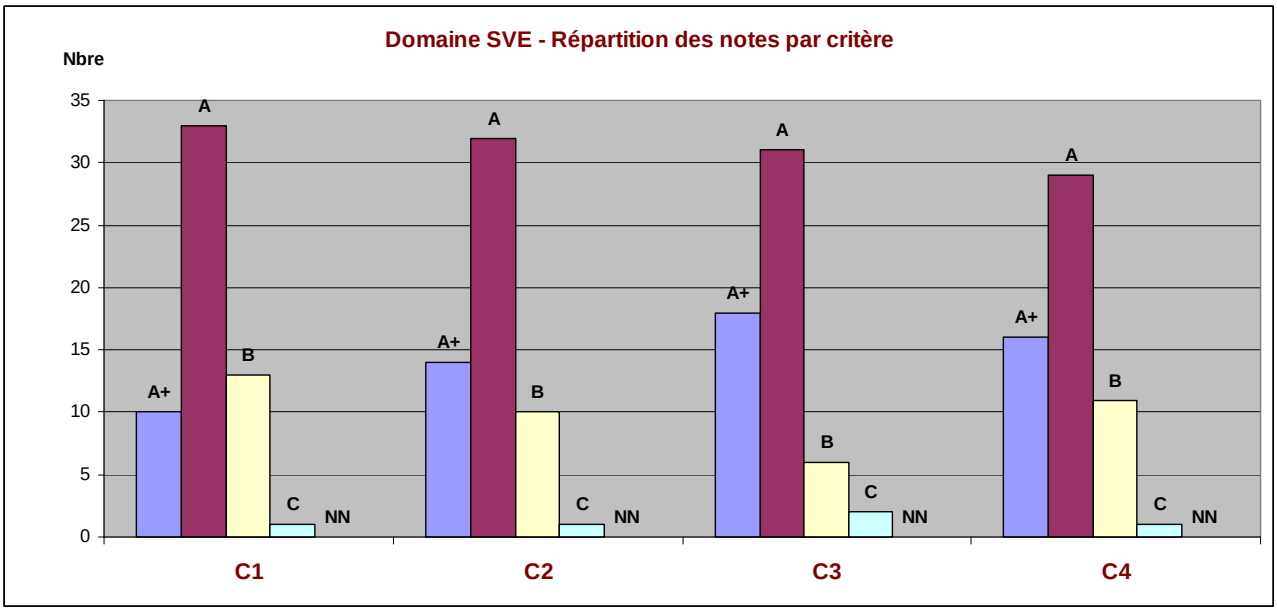
5 • Statistiques par domaine : SVE au 10/05/2012

Notes

Critères	C1	C2	C3	C4
	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Gouvernance et vie du laboratoire	Stratégie et projet scientifique
A+	10	14	18	16
A	33	32	31	29
B	13	10	6	11
C	1	1	2	1
Non noté	-	-	-	-

Pourcentages

Critères	C1	C2	C3	C4
	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Gouvernance et vie du laboratoire	Stratégie et projet scientifique
A+	18%	25%	32%	28%
A	58%	56%	54%	51%
B	23%	18%	11%	19%
C	2%	2%	4%	2%
Non noté	-	-	-	-



6 • Observations générales des tutelles

Institut National de la Recherche Agronomique

BIOGEOCHIMIE des

ECOSYSTEMES FORESTIERS

Laurent SAINT-ANDRE
st-andre@nancy.inra.fr
INRA- Centre de Nancy
F-54280 Champenoux
Tel :+33 (0) 3 83 39 40 77

N/Réf : AERES_REP
V/Réf :

Objet : Réponse au comité de l'AERES

Champenoux, Jeudi 12 avril 2012

Madame la présidente, Madame et Messieurs les membres du Jury,

Au nom de l'unité Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers, je voudrais tout d'abord vous remercier pour la qualité des échanges que nous avons pu avoir au cours de cette journée, notamment scientifiques. Toutes les catégories de personnels ont fortement apprécié les discussions en huit-clos de l'après midi.

Merci également pour ce rapport, dont nous partageons très largement les vues et qui résume très bien notre unité, ses spécificités, ses atouts et les points auxquels nous devons faire attention dans les 5 ans qui viennent.

Nous avons toutefois relevé quelques petites imprécisions dans le rapport, en particulier l'unité BEF en tant que telle n'assure pas la coordination scientifique du SOERE F-ORE-T : institutionnellement, cette coordination est assurée par le GIP-ECOFOR au sein duquel je suis rattaché (0,1 ETP) pour effectuer l'animation scientifique du SOERE, le responsable administratif étant Guy Landmann du GIP-ECOFOR. Par contre, outre les sites ateliers qui sont effectivement tous inclus dans le SOERE F-ORE-T, l'unité a la charge, en propre, de trois réseaux d'expérimentation en forêt: Réseau fertilisation/amendement ; Réseau de litières marquées ; Réseau Douglas sur la nitrification. Nos compétences en expérimentation in situ ont permis de participer fortement, en 1992, au montage du réseau RENECOFOR géré par l'ONF, et sont à l'origine de notre participation au sein du projet d'infrastructure ANAEE-S (obtenu en 2012) dans lequel nous avons en charge la création d'une plateforme mobile d'observation et d'expérimentation des écosystèmes terrestres.

Nous apprécions fortement vos commentaires positifs sur notre projet scientifique notamment son réalisme que vous soulignez en plusieurs points. Nous partageons également votre crainte de voir émerger, malgré ce réalisme, des tensions internes et une perte de notre savoir scientifique et technique, si nous ne retrouvons pas un effectif cohérent en personnel permanent technique et scientifique (à minima retrouver notre effectif passé, à maxima capitaliser certaines compétences originales et d'avenir comme, par exemple, l'isotopie des cations). Notre forte capacité à obtenir des ressources externes nous a permis de palier les manques lors du dernier quadriennal mais nous arrivons en limite du système, notamment pour le savoir technique où le recours accru à du personnel non permanent met l'unité en situation difficile et compromet certaines activités de recherche (la minéralogie par exemple).

Les recommandations que vous émettez nous conviennent donc parfaitement et font déjà l'objet d'actions spécifiques avec (i) une focale accrue sur des grands projets emblématiques, structurants, et ayant un fort effet levier international comme les métaprogrammes INRA, le Labex ARBRE et l'infrastructure ANAEE-S ; (ii) le lancement de travaux de synthèse (projet FERMISOL, participation à une proposition de COST sur le douglas) et un investissement de l'unité dans la coordination de projets européen en modélisation comme le projet S-FACE (malheureusement infructueux en 2011).

L'unité est calibrée pour lui conférer une forte et précieuse agilité scientifique en position d'interface entre géosciences et agronomie/foresterie. Nous souhaitons garder cette agilité et cette position qui font notre spécificité et qui sont le gage de la qualité de nos travaux de recherche. Ceci n'empêche pas de s'allier fortement avec d'autres unités (en particulier du centre) pour mener des projets de recherche ambitieux (comme le Labex) et comme vous le soulignez dans le rapport, l'unité a démontré lors du dernier quadriennal sa capacité à mener de telles coopérations en national et en international. Nous confirmons notre espoir d'émarger à nouveau aux allocations doctorales délivrées par les universités (et ce d'autant plus que notre investissement en enseignement a été souligné par la commission), via un système d'alliance qui reste malheureusement à inventer.

En conclusion, l'unité BEF va mettre toute son énergie pour mener à bien ce projet et votre rapport constitue, *ipso-facto*, une validation et un soutien que nous apprécions très fortement.

L. SAINT-ANDRE,

Directeur de l'unité Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers