



**HAL**  
open science

# Écologie fonctionnelle et physique de l'environnement

## Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. Écologie fonctionnelle et physique de l'environnement. 2010, Institut national de la recherche agronomique - INRA. hceres-02032355

**HAL Id: hceres-02032355**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032355v1>**

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 :  
EPHYSE 'Ecologie Fonctionnelle et Physique  
de l'Environnement'  
sous tutelle des établissements  
et organismes :  
INRA

Mai 2010



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :  
EPHYSE 'Ecologie Fonctionnelle et Physique  
de l'Environnement'  
sous tutelle des établissements  
et organismes :  
INRA

Le Président  
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mai 2010



## Unité

Nom de l'unité : EPHYSE 'Ecologie Fonctionnelle et Physique de l'Environnement'

Label demandé :

N° si renouvellement : 1263

Nom du directeur : Denis LOUSTAU

Nom du directeur adjoint : M. Jean-Pierre LAGOUARDE

## Membres du comité d'experts

Présidente :

Mme Nathalie de NOBLET-DUCOUDRE, CEA (Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement), Gif sur Yvette

Experts :

M. Frédéric BARET, INRA (Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes), Avignon

M. Damien BONAL, HdR, INRA (Écologie et écophysiologie forestières), Nancy

M. Klaus BUTTERBACH-BAHL, Karlsruhe Institute of Technology, Allemagne

M. Gérard DEDIEU, CNRS (Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère), Toulouse

Expert(s) proposés par des comités d'évaluation des personnels (CNU, CoNRS, CSS INSERM, représentant INRA, INRIA, IRD.....) :

Mme Andrée TUZET, membre de la CSS INRA STEA

## Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Jean-Claude GERMON

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

M. Laurent BRUCKLER, chef du département 'Environnement et Agronomie' de l'INRA

M. Jean-Marc GUEHL, chef du département 'Ecologie des Forêts, Prairies et Milieux Aquatiques' de l'INRA

M. Benoît FAUCONNEAU, président du centre INRA de Bordeaux



# Rapport

## 1 • Introduction

### • Date et déroulement de la visite :

L'évaluation s'est déroulée à Villenave d'Ornon, sur le site principal de l'unité le 11 Décembre 2009, en présence des représentants des deux départements de tutelle (EFPA et EA) et du président du centre INRA Bordeaux.

La matinée a été consacrée à la présentation de l'unité, des principaux résultats obtenus dans les trois axes de recherche, et au projet d'unité. L'après-midi a été dédiée aux entretiens avec les tutelles, les différentes catégories de personnels en collectif (thèses et post-docs, ITA, chercheurs CR), et la direction de l'unité. La commission a terminé à huis clos pour élaborer les grandes lignes de son rapport d'évaluation.

Le travail de la Commission avait été préparé par un rapport structuré, clair et complet. La commission disposait également du rapport de la dernière évaluation (effectuée en Décembre 2006), de la lettre de mission adressée le 12 Mars 2009 au directeur de l'unité et donnant, outre les points généraux, 9 points spécifiques récapitulant les attendus des départements et leurs recommandations. En cours d'évaluation, le comité a reçu 2 notes, provenant des collègues ITA d'une part, et chargés de recherche d'autre part, faisant un état des lieux du fonctionnement interne de l'unité.

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

L'unité EPHYSE est née le 1er Janvier 2004 de la fusion de l'unité Bioclimatologie (département EA) et de deux équipes de l'unité de Recherches Forestières (département EFPA). Elle est implantée sur 2 sites : La Grande Ferrade et Pierroton, distants d'une vingtaine de kilomètres. Elle comporte, à la date de l'évaluation, 30 permanents et 4 non permanents. Elle a, depuis sa création, subi des mouvements importants de personnels permanents: 1 départ à la retraite (DR), 2 démissions (1 DR + 1 TR), 3 CR, 1 IR, 1 AI et 1 TR ayant obtenu une mobilité dans une autre unité, 2 CR ayant intégré l'unité (par recrutement ou mobilité interne), ainsi que 2 IE et 1 TR..

La compréhension et la modélisation du fonctionnement biophysique et biogéochimique de l'écosystème forestier, à l'échelle de la parcelle, ont constitué le cœur des recherches de l'unité depuis sa création. Dans le cadre de son projet elle envisage de s'intéresser davantage à l'échelle du paysage, voire de la région (Landes de Gascogne), et d'élargir ses recherches à d'autres agro-écosystèmes (cultures, vignes) afin d'être à même de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale des paysages français. Cette orientation s'inscrit dans les enjeux importants que s'est fixés l'INRA « concernant la durabilité écologique des systèmes (forêt, systèmes mixtes forêt-culture) » dans le cadre du changement global (lettre de mission datée du 12 Mars 2009).

**EPHYSE joue un rôle important au sein de l'INRA** puisqu'elle est chargée « d'assurer le transfert et la diffusion de ses travaux (résultats et modèles correspondants) vers des unités ou équipes moins spécialisées mais utilisatrices. » (lettre de mission datée du 13 Mars 2006). Plusieurs de ses personnels permanents sont d'autre part **impliqués dans des tâches d'animation collective, ou dans la participation à des plateformes structurantes au sein de l'INRA :**

- direction adjointe du département ;
- animation de la prospective télédétection ;
- lancement de la plateforme ECOSYLVE ;
- gestion de plusieurs tours à flux dans le cadre des projets FLUXNET et ICOS ;



- participation aux plateformes « Paysage Virtuel », « RECORD », CAPSIS ;
- ...

EPHYSE fait enfin l'objet d'une demande d'expertise importante dans ses différents domaines de compétence : vulnérabilité des arbres aux tempêtes, aménagements du territoire, bilans de carbone, ...

C'est l'une des unités les plus productives de l'INRA en termes de production académique selon l'évaluation bibliométrique récente faite par le département Environnement/Agronomie de tous ses laboratoires.

- **Equipe de Direction :**

L'équipe de direction est composée d'un directeur et d'un directeur adjoint, soutenus dans leur tâche par un ensemble de services collectifs : secrétariat, gestion financière, administrative et ressources humaines (2,9 ETP), documentation et communication (1 ETP), informatique (3 ETP). Les autres activités collectives transversales sont assurées par des binômes d'agents (un par site), jouant le rôle de correspondant pour les responsabilités suivantes : prévention / sécurité), métrologie, assurance qualité, logistique.

- **Effectifs de l'unité :**

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	8	10
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	20 (19,7 ETP)	20 (19,8 ETP)
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	6	4
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	7	6
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	7

## 2 • Appréciation sur l'unité

La qualité de l'accueil a permis des échanges francs et approfondis avec la Commission, condition nécessaire au bon déroulement du travail d'évaluation. Ce travail a été facilité par la qualité et la clarté des exposés qui ont parfaitement synthétisé et complété le rapport écrit.

La commission regrette cependant de ne pas avoir eu une demi-journée supplémentaire pour reprendre certaines discussions qui auraient pu faciliter son travail de proposition constructive pour la suite.



- **Avis global**

EPHYSE est une unité de taille restreinte (10 chercheurs), qui se présente autour d'un projet unique. Elle est organisée en 3 groupes de recherche distincts, Mécanique des Fluides Environnementale (MFE), Fonctionnement Biophysique des Ecosystèmes Terrestres (FBET), Spatialisation et Télédétection (S&T), qui contribuent tous au **très fort dynamisme de l'unité**. Ce dynamisme se décline notamment à travers une excellente production académique et un très bon rayonnement international qui s'accompagne d'une performance dans l'obtention de budgets pour financer salaires contractuels et bourses de thèses. Au cours des dernières années, **l'unité a utilisé, développé et mis en œuvre** dans le cadre de ses projets **un nombre impressionnant de modèles** très variés (dans les domaines de la turbulence, de la dispersion de pollens et polluants, en écophysiologie) et **d'outils** (technique d'eddy co-variance, isotopes, algorithmes pour la télédétection).

Le projet proposé pour le prochain quadriennal (2011-2014) est présenté comme une action de recherche structurante. Elle vise à renforcer les collaborations entre les 3 groupes en présence et à les faire travailler ensemble en vue d'un même objectif scientifique finalisé : évaluer les impacts agronomiques, sylvicoles et environnementaux de la fragmentation du paysage et du changement climatique.

Si le bilan présenté par l'unité est perçu comme excellent, **la commission est critique vis-à-vis du projet, dont la mise en œuvre semble soulever des réserves de la part d'une fraction significative des chercheurs qui n'y trouvent pas leur intérêt**. Ce projet collectif est également trop ambitieux compte tenu d'une part des effectifs de l'unité, d'autre part de l'absence de plusieurs compétences nécessaires à sa bonne réalisation (e.g. hydrologie, modélisation intégrée et agronomie). **La commission recommande donc que ce projet reste l'objectif à long terme (~ 10 ans) de l'unité, et préconise une révision à la baisse des attendus du prochain quadriennal, voire la mise en œuvre de deux actions de recherche complémentaires (développées plus loin) : l'une exclusivement centrée sur les forêts, l'autre orientée vers la spatialisation et une meilleure prise en compte de l'hétérogénéité du paysage.**

- **Points forts et opportunités :**

La grande complémentarité métiers / compétences, l'excellente articulation qui existe entre la modélisation d'une part, l'expérimentation / observation d'autre part et la capacité à formaliser en termes de modélisation des résultats de l'expérimentation, ont permis à EPHYSE de produire un grand nombre de résultats novateurs ces dernières années. Cela explique les nombreuses sollicitations dont cette unité est l'objet en termes d'expertise, de participations à des réseaux de mesure, à des exercices de synthèses de données, à des missions satellite, ...

Plusieurs approches expérimentales sont innovantes et font partie des originalités de cette unité non seulement dans le paysage INRA, mais également dans le paysage français :

- les approches isotopiques : les compétences de l'équipe dans le domaine des isotopes stables sont indéniables, et internationalement reconnues pour ce qui concerne 18O. L'utilisation de cette méthodologie au service de la compréhension du fonctionnement des arbres ou de l'écosystème doit rester forte et dynamique dans l'unité ;

- la scintillométrie qui est une technique relativement prometteuse pour l'estimation des flux de chaleur et de vapeur d'eau à l'échelle d'un parcellaire. L'unité a eu un rôle pionnier dans l'utilisation de cette technique qu'elle a largement contribué à diffuser dans la communauté. Ses compétences sont internationalement reconnues. La poursuite de l'activité en scintillométrie optique mais aussi micro-ondes est légitime et cohérente avec le projet d'unité. ;

- le développement de la plateforme ECOSYLVE qui vise à être un instrument scientifique national au service de la recherche en écologie, et autour de laquelle s'articulent des collaborations avec plusieurs autres unités de l'INRA. La commission se soucie cependant des risques associés à l'investissement en masse des équipes techniques sur cette plateforme, qui ne doit pas se faire au détriment d'autres expérimentations importantes pour le projet proposé.

EPHYSE a su par ailleurs s'insérer activement dans un ensemble de collaborations nationales et internationales (en cours et à venir) dans lesquelles elle joue un rôle significatif, et dont les retombées en termes de financement et de publications sont importantes :



- les activités CarboEurope. La participation (ou la mise à disposition de données engendrant publication) à plusieurs travaux de synthèse pan-européens a permis d'accéder à des revues de tout premier rang (e.g. Nature). Un effort devra être fait dans les prochaines années pour mener à bien, en leader, de telles méta-analyses et publications. Les discussions avec les chercheurs de l'unité ont montré une réelle volonté d'y réussir, en particulier en mettant en avant les thèmes originaux abordés à Bordeaux (impact de la gestion forestière sur les flux de carbone; découplage des processus instantanés). Cette aspiration doit être encouragée.

- ICOS qui a pour vocation le suivi des écosystèmes. La caractérisation des échanges entre différents écosystèmes, leur comparaison, et la compréhension de l'intégration spatiale des flux sont des objectifs généraux pertinents de ce programme. Il reste cependant à définir quelles hypothèses seront testées par EPHYSE dans ce programme, ou dans quel cadre conceptuel ces travaux s'insèrent ?

- les missions spatiales coordonnées par le CNES ou l'ESA. EPHYSE bénéficie d'une très bonne reconnaissance internationale au travers de l'activité SMOS par exemple. Les compétences acquises depuis de nombreuses années dans le domaine de la télédétection dans le domaine infrarouge thermique a conduit le CNES à confier à un chercheur d'EPHYSE la fonction de responsable scientifique (PI) de la mission Mistigri. Cette implication forte devrait avoir des impacts positifs pour l'unité. La contribution de l'unité à la préparation de nouvelles missions (Mistigri, Pléiades, Venµs, Sentinel2) est cohérente avec ses besoins de caractérisation du fonctionnement des surfaces

EPHYSE dispose de l'un des pôles informatiques les mieux fournis de l'INRA. C'est une chance dont doit profiter l'unité, en particulier pour ses actions de modélisation ; cependant il semble important d'impliquer fortement les agents affectés dans ce pôle dans les programmes de recherche, afin qu'ils se sentent investis dans le projet collectif scientifique de l'unité et non seulement au service de l'unité.

Les modèles développés, qui traitent (i) des interactions entre turbulence et résistance des arbres au vent, (ii) des transports de particules (pollens / polluants / ...) sont très novateurs et témoignent de l'originalité de l'unité. Ces travaux de modélisation sont également accompagnés d'un souci permanent de généralité, ce qui facilite l'adaptation des modèles à d'autres thématiques. Cependant pour ce qui est de l'étude de la vulnérabilité des arbres ou des peuplements au vent, une meilleure prise en compte des caractéristiques physiologiques des arbres et de leurs conséquences sur leurs résistances mécaniques permettrait de rendre les approches plus réalistes et d'amorcer des collaborations au sein de l'unité ou au sein de l'INRA. Ces collaborations sont également nécessaires pour développer les études sur l'ancrage des racines au niveau du sol prévues dans le cadre du projet d'unité.

L'accroissement récent du nombre de jeunes chercheurs dans l'unité met en évidence que l'attractivité d'EPHYSE augmente. La composante Spatialisation & Télédétection a d'autre part vu un afflux récent de nouveaux recrutements de permanents (1 CR, 2 IE) lui assurant maintenant une bonne taille critique. Cet accroissement résulte du rôle majeur que cette composante a joué dans le 'renouveau' de la télédétection à l'INRA, et de son affichage clair et récent de production de produits finalisés (dates de réalisation de stades phénologiques, longueur de saisons de croissance, ...) pouvant être utilisés pour évaluer ou contraindre les modèles, par les chercheurs d'EPHYSE comme par un ensemble de chercheurs nationaux ou internationaux.

L'affichage du projet d'unité est très clair : s'intéresser en priorité aux hétérogénéités spatiales et à l'échelle du paysage, en s'appuyant sur les travaux des années précédentes. Une zone d'étude locale, commune, a été choisie : le massif des Landes de Gascogne (~1 million d'ha). La répartition de l'approvisionnement budgétaire au sein de l'unité se fera en priorité en faveur de ce projet. L'ensemble des composantes d'EPHYSE s'intéresse d'autre part, depuis peu, aux événements extrêmes, chacune avec ses outils, ce qui assurera une très bonne cohérence d'ensemble de l'unité.

Cet ensemble de décisions favorise, s'il est accepté par l'ensemble du personnel, une bonne cohérence entre les travaux menés, expérimentaux comme de modélisation.

- **Points à améliorer et risques :**

Malgré le dynamisme de l'unité et ses performances académiques, les publications communes entre les 3 groupes composant l'Unité sont quasi-inexistantes. Cela souligne le manque de collaboration réelle actuelle entre ces composantes, et résulte de l'absence d'une planification commune des recherches. L'unité dispose d'un fort potentiel de compétences dans ses trois composantes mais les domaines d'investigation sont tellement nombreux et traités,





pour beaucoup, de façon très individuelle, qu'il est difficile à partir de tout cela de bâtir un véritable projet collectif et fédérateur où tous les individus puissent trouver leur place et valoriser leurs compétences.

Le projet d'unité proposé a pour but de mettre en place cette planification commune/concertée de recherche. Ses objectifs finalisés emportent l'adhésion de la plupart des personnels, mais sa déclinaison au niveau de l'activité des trois groupes suscite quelques réserves, en particulier pour FBET, et ne laisse pas la Commission très optimiste quant à l'amélioration de cette production inter-groupes.

La stratégie adoptée pour étudier la réponse fonctionnelle des écosystèmes aux changements climatiques semble insuffisante. L'approche proposée consiste pour l'instant à regarder rétrospectivement les effets, mais il semble primordial tant pour un groupe comme FBET que pour l'unité EPHYSE de développer une meilleure stratégie de choix des sites. Il s'agit de sélectionner des sites qui puissent représenter des états futurs du climat, à défaut de mettre en place des sites de manipulation de l'environnement, pour étudier la réponse des écosystèmes à ces changements environnementaux.

Les aspects temporels (successions de processus), verticaux (analyse par strates), et la décomposition par processus semblent parfaitement maîtrisés, par une variété d'analyses et d'études de modélisation. Il reste cependant de nombreuses questions non résolues avant d'aborder l'échelle de la région, et d'intégrer spatialement une variété plus grande d'écosystèmes (que la seule forêt essentiellement étudiée jusque là). Les questions les plus importantes, pour lesquelles les réponses sont restées imprécises, sont les suivantes :

- Quelle stratégie sera adoptée pour traiter du changement d'échelle (de la parcelle à la région) d'un point de vue observationnel comme du point de vue des modèles qui seront utilisés ?
- Comment les 3 composantes en présence vont-elles interagir ? La construction d'un schéma illustrant les étapes successives et les transferts / remontées d'informations, de données, de résultats de modèles, d'une équipe à l'autre pourrait faciliter l'appropriation de ce projet commun.
- Comment les modèles existants, développés et utilisés par EPHYSE, vont-ils être couplés et quels sont ceux qui vont permettre d'aboutir aux estimations régionales de carbone, d'eau, de matière ? De notre point de vue il manque un modèle intégrateur spatialisé, de type SVAT (Soil-Vegetation-Atmosphere-Transfer), qui vienne compléter la boîte à outils déjà disponible. Il manque également un ou plusieurs modèles traitant des écosystèmes autres que la forêt (céréales, vignes) qui composent le paysage Landais. La stratégie qui sera utilisée pour les inclure n'est pas claire.
- Une étude à l'échelle régionale nécessite, outre les écosystèmes présents, de s'intéresser à l'hydrologie de la région, de surface et de subsurface, et de disposer d'un modèle permettant de mettre en relation ressources en eau et croissance des écosystèmes. Là encore, la stratégie envisagée n'est pas claire. L'unité ne dispose pas des compétences 'hydrologiques' en interne et semble également manquer de collaborations externes. Certains chercheurs ont commencé à s'intéresser à cette composante du bilan régional, mais cela relève-t-il du périmètre d'EPHYSE ?
- La stratégie de choix des nouveaux sites à instrumenter n'apparaît pas clairement. Les connaissances acquises (par modélisation notamment) des interactions vent / plante et donc des risques sont-elles utilisées en amont de la finalisation du choix des sites ?
- Le lien entre observation spatiale et fonctionnement de la population et du paysage est encore très ténu. Il faudrait sans doute expliciter de manière plus concrète le rôle attendu par l'observation spatiale pour renseigner/étalonner/valider les modèles de processus de surface.

Il semble enfin qu'il subsiste un problème important d'appropriation du projet d'unité par l'ensemble des personnels, problème récurrent qui conduit à des tensions au sein des personnels et entre diverses catégories de personnels.



- **Recommandations au directeur de l'unité :**

Le projet proposé pour le prochain quadriennal (2011-2014) vise à renforcer les collaborations entre les composantes en présence et à les faire travailler ensemble en vue d'un même objectif scientifique finalisé : évaluer les impacts agronomiques, sylvicoles et environnementaux de la fragmentation du paysage et du changement climatique. Sa mise en œuvre semble cependant soulever des réserves de la part d'une fraction significative des chercheurs qui n'y trouvent pas leur intérêt. Ce projet collectif est également très ambitieux compte tenu d'une part des effectifs de l'unité, d'autre part de l'absence de plusieurs compétences nécessaires à sa bonne réalisation (e.g. hydrologie, modélisation intégrée et agronomie). La commission recommande donc que ce projet reste l'objectif à long terme (~ 10 ans) de l'unité, et préconise une révision des attendus du prochain quadriennal. Elle propose la mise en œuvre de deux actions de recherche complémentaires :

- Une partie du projet pourrait se recentrer sur l'écosystème forestier et ses diverses hétérogénéités intra-parcellaires (zone de lisière et hétérogénéités de fines échelles). Cette partie de projet pourrait s'appuyer sur le développement du modèle couplé MUSICA-ARPS (couplage micro-météorologie / écophysiologie) et les nombreux tests qui s'ensuivront, à l'échelle de la parcelle. Ce travail aurait pour objectif de faire collaborer étroitement les composantes FBET et MFE.

- Une deuxième partie du projet pourrait commencer à aborder le problème de l'hétérogénéité du paysage qui, d'un point de vue de la modélisation, va nécessiter l'adaptation de MUSICA à d'autres écosystèmes ou la recherche d'un autre outil de modélisation plus adapté dans lequel certaines spécificités de MUSICA pourraient être incorporées. D'un point de vue de l'expérimentation, il s'agira dans un premier temps d'exploiter les techniques bien maîtrisées dans l'unité (comme la scintillométrie, la télédétection ou les mesures isotopiques) pour obtenir une estimation des flux de masse et d'énergie à l'échelle du paysage. Ce travail aurait pour objectif de faire collaborer plus étroitement les composantes MFE et S&T, avec la contribution de quelques chercheurs de FBET pour la partie modélisation.

En parallèle de cette réécriture, la commission suggère que les responsabilités des chercheurs et ingénieurs dans le cadre de ce projet soient clairement définies et affichées, et soient associées à un schéma illustrant les étapes successives et les transferts / remontées d'informations, de données, de résultats de modèles, d'une composante à l'autre.

La commission recommande par ailleurs que l'unité réfléchisse, dans le cadre des impacts du changement climatique sur la sylviculture par exemple (ou sur les autres agrosystèmes) à la meilleure stratégie de choix de sites possible.

- **Données de production :**

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	9
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	5
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	0,9
Nombre d'HDR soutenues	3
Nombre de thèses soutenues	4
Autre donnée pertinente pour le domaine (à préciser...)	<b><i>Denis Loustau, chercheur associé au Prix Nobel de la Paix 2007 pour sa contribution aux groupes de travail de l'IPCC</i></b>



### 3 • Appréciations détaillées :

EPHYSE est une unité dont le dynamisme se décline dans plusieurs domaines quantifiables (production académique, rayonnement international, attractivité importante, performance dans l'obtention de budgets, grande capacité à développer des modèles, ...). Son bon fonctionnement a toujours reposé sur des activités parallèles, menées par chacune des 3 composantes de l'unité. Il nous semble donc important, à ce stade, de faire le point sur chacune d'elle.

#### • Mécanique des Fluides Environnementale (MFE)

Les chercheurs de la composante MFE présentent des compétences avérées internationalement. Les modèles de turbulence et de dispersion qu'ils utilisent et modifient, ou développent, sont très novateurs et leur donnent ainsi une capacité de rayonnement au niveau national et international. MFE maîtrise parfaitement l'articulation entre recherche fondamentale et aide à la décision.

Dans ses perspectives ce groupe affiche une volonté claire pour les prochaines années, dans le cadre du projet d'unité, de s'intéresser à des échelles spatiales plus grandes (la région) ainsi qu'aux hétérogénéités du paysage (lisières multiples, successions de transitions). Dans le même temps, il se dit prêt à répondre aux sollicitations (expertise, aide à la décision) qui sont de plus en plus nombreuses. Il souhaite par exemple s'intéresser à la dispersion de particules autres que le pollen (pesticides, microbes, ...), ce qui lui permettrait de valoriser encore mieux les outils développés dans le passé. Mais ce choix est-il pertinent compte tenu du nombre restreint de chercheurs ? Les questions finalisées peuvent être certes intéressantes pour la société civile, mais dans le cadre du projet de l'unité, l'effort ne devrait-il pas privilégier dans un premier temps les interactions avec les autres composantes de l'unité ? Il existe pourtant de nombreuses opportunités pour de telles interactions :

- un effort particulier doit être fait pour coupler les modèles disponibles entre MFE et FBET, plus particulièrement pour interfacier le modèle de transport et turbulence atmosphérique ARPS avec le modèle de surface Musica. Ce couplage est prévu dans le cadre du projet de l'unité, mais repose essentiellement sur 2 chargés de recherche, tous 2 ayant déposé une demande de mission longue durée pour partir à l'étranger ;

- pour l'étude de la vulnérabilité des arbres ou des peuplements au vent, une meilleure prise en compte des caractéristiques physiologiques des arbres et de leurs conséquences sur leurs résistances mécaniques permettrait de rendre les approches plus réalistes et d'amorcer des collaborations au sein de l'unité ou avec d'autres unités INRA. Ces collaborations sont également nécessaires pour développer les études sur l'ancrage des racines au niveau du sol ;

- en complément de ses compétences initiales en Physique, cette composante pourrait commencer à s'investir dans les thématiques de l'écologie (fonctionnelle, du paysage). L'association de la Physique avec la Biologie au service de l'Ecologie a permis de nombreuses avancées majeures dans l'Histoire des Sciences. Dans EPHYSE, nous avons le sentiment que MFE peut (doit ?) permettre des avancées majeures dans l'étude de la durabilité écologique des écosystèmes en relation avec les changements climatiques. Pour cela, elle doit s'appropriier plus encore le projet structurant de l'unité ;

- le rapprochement entre l'équipe MFE et S&T pourrait également être favorisé en explicitant les besoins de caractérisation aérodynamique des composantes du paysage et leur dynamique.

#### • Fonctionnement Biophysique des Ecosystèmes Terrestres (FBET)

La composante FBET dispose de compétences très fortes sur la partie expérimentale :

- elle a mis en place et gère plusieurs tours à flux,
- dans le domaine des isotopes stables ses compétences sont indéniables, et internationalement reconnues pour ce qui concerne l'<sup>18</sup>O. L'utilisation de cette méthodologie au service de la compréhension du fonctionnement des arbres ou de l'écosystème doit rester forte et dynamique dans l'unité.



FBET a bénéficié, ces dernières années, des activités générées par des projets européens tels que FLUXNET et CarboEurope, au sein desquels elle a joué un rôle moteur en participant à plusieurs travaux de synthèse, et en mettant à disposition ses données. Elle a plus particulièrement été leader sur 2 aspects importants :

- une meilleure connaissance de l'impact des structures forestières sur les flux ;
- une capacité à déconvoluer les flux nets de carbone dans le temps, en processus instantanés.

Cette composante a en outre une excellente capacité à passer de l'observation et de la compréhension des phénomènes à leur modélisation, tout en ayant un réel souci de généralité des outils développés.

Malgré cela et malgré sa production académique remarquable FBET semble, dans son activité quotidienne, être divisée en 2 groupes assez distincts et interagissant peu : a) une activité de recherche expérimentale et de synthèse, b) une activité de mesures isotopiques et modélisation. Par exemple, les travaux sur le signal  $^{18}O$  dans l'eau des feuilles ou dans le  $CO_2$  du sol apparaissent en marge des thématiques générales de l'unité, ainsi que du projet. La commission estime qu'une attention particulière devrait être portée à leur rapprochement des autres problématiques de l'unité, afin que l'isolement scientifique actuellement déjà perceptible ne s'accroisse pas dans les prochaines années.

Le programme d'écologie théorique mené dans l'Unité s'est arrêté avec le départ de son porteur en Australie et sa démission de l'INRA. Il semble important que l'INRA, en particulier au sein du département EFPA, mène de tels programmes, mais la nouvelle organisation et structuration de l'Unité EPHYSE ne semble pas le lieu le plus approprié pour cela.

Pour ce qui est de la prospective, l'action thématique 1 du projet d'Unité « Observation et modélisation des flux de gaz à effet de serre des écosystèmes terrestres » semble particulièrement ambitieuse puisqu'il s'agit non seulement d'étendre les mesures de flux à d'autres gaz ( $N_2O$  et  $CH_4$ ) que ceux étudiés jusqu'à présent ( $CO_2$ ,  $O_3$ ), et cela sur les écosystèmes forestiers bien maîtrisés mais également sur des systèmes de grandes cultures voire sur les vignes, agrosystèmes typiques de la région étudiée. Il s'agit également de développer un modèle générique pouvant traiter de cet ensemble d'agro-systèmes à l'échelle régionale. Le comité voit plusieurs écueils possibles :

- La mesure des émissions de  $CH_4$  et de  $N_2O$  par la forêt sont nouvelles pour l'équipe et a priori non triviales
- la problématique liée à l'étude des flux d'ozone n'est pas encore aboutie. La cohérence avec les autres questionnements de FBET n'apparaît pas clairement et contribue (mais ce n'est pas le seul élément) en particulier au sentiment de foisonnement des idées et thèmes de cette composante. Au sein du département EFPA, une autre unité (UMR EEF Nancy) s'intéresse également aux processus physiologiques chez les arbres associés à l'ozone mais aucune collaboration n'a été évoquée avec celle-ci. Il serait sûrement pertinent que ces entités se rapprochent ;
- la partie modélisation est essentiellement portée par 1 chercheur ayant fait une demande de mission longue durée pour l'étranger. Le passage à un modèle plus générique utilisable pour plusieurs agro-systèmes d'une part, à une échelle spatiale plus grande (la région) d'autre part paraît fragile compte tenu des forces humaines en présence.

Le couplage écophysiologie / croissance n'a pas remporté de succès dans la précédente unité (ni dans d'autres centres d'ailleurs). Cela engendre un « vide » actuel dans EPHYSE concernant l'étude de l'influence des contraintes environnementales sur la productivité des écosystèmes, alors que cette information reste primordiale pour les gestionnaires forestiers. La création du « Pôle écologique » à Bordeaux, souhaitée et soutenue par l'INRA et les départements EA et EFPA, pourrait permettre à l'avenir de considérer de nouveau l'association de ces questionnements. Ce pôle pourrait être également l'occasion d'un rapprochement EPHYSE / TCEM pour mieux prendre en compte les processus dans le sol. Malgré des obstacles importants, et en particulier la compétition avec un autre pôle en création (Environnement), il apparaît souhaitable que ce projet aboutisse et que la direction d' EPHYSE reprenne ses efforts pour relancer le projet.



## • Spatialisation et Télédétection (S&T)

La composante S&T a joué un rôle majeur ces dernières années dans le renouveau de la télédétection à l'INRA. Elle a aussi su redéfinir ses objectifs, notamment en s'impliquant très clairement dans la production de produits finalisés (dates de réalisations de stades phénologiques, longueurs de saison de croissance, ...). Ces différentes actions ont conduit le département EA à investir dans S&T et à permettre les récents recrutements de nouveaux permanents (1 CR, 2 IE) et de non permanents lui assurant maintenant une bonne taille critique.

S&T bénéficie d'une grande reconnaissance internationale au travers de l'activité SMOS principalement. Mais malgré le travail important déployé autour de cette activité, la commission s'interroge sur son intérêt vis-à-vis des objectifs de l'unité qui sont centrés sur les écosystèmes forestiers pour lesquels ces mesures semblent peu adaptées. D'autres missions comme VENUS ou SENTINEL2 pourraient par contre répondre assez bien aux besoins de caractérisation du fonctionnement des écosystèmes.

Même si S&T s'est beaucoup investie dans la production de produits finalisés, il semble que ces produits sont étudiés et travaillés de façon préférentielle avec d'autres équipes de l'INRA (BIOGECO par exemple), et beaucoup moins au sein d'EPHYSE. La commission souhaiterait donc voir un renforcement des liens entre S&T et FBET/MFE, d'autant plus que les sujets d'interactions possibles semblent nombreux :

- l'utilisation des données satellite analysées pour évaluer ou contraindre les modèles développés à l'échelle du paysage. Cet aspect est d'autant plus important que S&T n'a, à aucun moment, présenté sa stratégie d'interfaçage entre données et modèles, or cette dernière est l'un des moteurs de la science produite à EPHYSE ;
- développer l'assimilation de données dans les différents modèles. Cette partie est d'autant plus importante que l'unité s'intéresse à l'établissement de bilans de carbone actuels.

Le bilan, comme les perspectives, ont été présentés sous la forme d'une liste de projets pour lesquels la justification par le questionnement scientifique n'apparaît pas très clairement. S&T se présente plutôt comme étant au service d'une communauté, au lieu d'être le moteur de certaines recherches. C'est certainement un point qui devra être discuté en son sein et au sein de l'unité.

## • Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'unité :

L'unité EPHYSE est organisée en trois composantes scientifiques animées par des chercheurs ou conjointement par un binôme chercheur-ingénieur (pour l'équipe FBET par exemple) :

- Mécanique des Fluides Environnementale (MFE) ;
- Fonctionnement Biophysique des Ecosystèmes Terrestres (FBET) ;
- Spatialisation et télédétection ;

et quatre structures techniques animées par les ingénieurs de l'unité :

- Micrométéorologie ;
- Ecophysiologie ;
- Analyses ;
- Mesures spatiales.

Le découpage des composantes scientifique est sans doute à conserver, puisque c'est le lieu où les chercheurs et techniciens peuvent discuter concrètement. Ces réunions & discussions au sein de chaque composante sont appréciées par toutes les catégories de personnels.



De façon transverse à ce découpage, un certain nombre de réunions et comités ont été mis en place dans le but de faciliter les échanges entre les différents personnels de l'unité :

- séminaires de l'unité (réunions formelles sur des sujets aboutis) ;
- journal club (discussions autour de questions de société ou scientifiques, générales) ;
- conseils consultatif, de service ;
- collège scientifique ;
- groupes informatique, métrologie-instrumentation-qualité ;

La multiplicité de ces groupes et réunions est vécue, par l'ensemble des personnels, comme une lourdeur injustifiée dans une unité ne comprenant qu'une trentaine de personnes. Le rôle des animateurs référents, pour chacun de ces groupes, semble mal défini ou mal communiqué. Beaucoup de ces réunions sont ressenties comme improductives. Ces réunions diverses font en général l'objet de comptes-rendus disponibles sur le site internet de l'unité mais peu consultés.

L'ensemble des personnels regrette par contre l'absence de réunions qui permettent à tous i) l'appropriation des sujets scientifiques et résultats de l'unité, ii) des débats sur l'implication de l'unité dans les appels d'offre à venir.

Si la multiplicité des groupes et des réunions est signe de la volonté de la direction d'associer les personnels à la vie collective de l'unité et de favoriser l'appropriation de son projet de recherche, le comité suggère un allègement du mode de fonctionnement transversal pour se concentrer sur quelques grandes priorités. Il considère qu'une de ces priorités est de renforcer l'implication du personnel dans la définition et la mise en œuvre du projet collectif, ce qui suppose à la fois l'action de la direction pour proposer un cap mais aussi un effort de chacun pour comprendre les enjeux, pour s'ouvrir à des questionnements plus larges que son strict domaine de recherche ou d'activité et pour être force de proposition. La mise en place d'une animation collective, 'au fil de l'eau', peut réussir puisque tous les personnels apprécient i) la qualité des conditions de travail dont ils disposent dans cette unité, ii) la qualité de sa production scientifique, iii) l'originalité des études développées qui sont un réel fertilisant intellectuel. Une telle animation aurait d'autre part l'avantage de limiter les interventions 'dans l'urgence' dont se plaignent les personnels techniques, et de mieux articuler l'interface entre personnel chercheurs non permanents (étudiants en thèse, post-doctorants) et techniciens qui semble, elle aussi, être un point délicat.

Malgré les critiques plutôt négatives formulées à l'encontre de la communication au sein de l'unité en dépit des efforts des uns et autres, dont ceux de la direction, il paraît primordial de souligner que ces critiques ne doivent pas engendrer la perte de communication dans l'unité. La stabilité de l'unité, en termes de relations humaines, reste très fragile et la communication doit alors rester un cheval de bataille pour la direction. Il semblerait pertinent qu'un audit indépendant (après la très bonne initiative de l'audit interne, avant l'évaluation) sur cette communication et sur les freins au partage d'une vision commune soit réalisé et que des moyens (intervention extérieure - médiateur ?, formations de management des ressources humaines, ...) soient mis ensuite à disposition de la direction et de l'unité pour que la confiance réciproque, la communication, voire le respect, retrouvent leur place. Le climat de travail actuellement dans EPHYSE n'est pas en mesure de permettre à chacun de s'épanouir. Il est donc important que la situation s'améliore rapidement, au risque de voir de nouveau des éléments souhaiter quitter cette unité, comme en 2006.

L'implication récente de l'unité dans des activités coordonnées internationales comme CarboEurope, les réseaux FLUXNET, ..., a profondément modifié les interactions entre chercheurs et ingénieurs/techniciens, ainsi que la forme de reconnaissance à laquelle ces derniers participaient jusqu'à présent : être l'un des co-auteurs des publications scientifiques. La plupart des articles, dans ce cadre, concernent en effet des synthèses regroupant un collège important de chercheurs/auteurs et ne laissent en général plus de place aux ingénieurs/techniciens. Ce problème, qui n'est certainement pas spécifique à cette unité, doit être résolu rapidement pour éviter d'augmenter la démotivation de ces personnels qui n'ont pas toujours le sentiment de faire partie d'un programme de recherche ambitieux, pour lequel il est louable de se battre.



Les étudiants en thèse reçoivent, à leur arrivée dans l'unité, un livret d'accueil leur donnant les informations administratives et techniques nécessaires au bon déroulement de leur travail. Ils participent de plus en plus à des enseignements dans le cadre de masters, en collaboration avec leurs encadrants.

Trois points pourraient cependant être améliorés :

- la mise en place systématique d'un comité de suivi de la thèse, externe à l'unité, comme cela se fait dans beaucoup d'écoles doctorales aujourd'hui ;
- une participation systématique, en 2ème et 3ème années de thèse, à des colloques internationaux ou des écoles d'été internationales. Ces participations leur permettraient de se faire connaître en vue d'éventuels post-doctorats ;
- la mise en place d'une aide pour leur après thèse. La plupart des étudiants disent ne pas être sollicités par leurs encadrants pour réfléchir à leur futur.

L'implication récente (ces 2 dernières années) de quelques chercheurs de l'unité est louable et à encourager, même s'il apparaît que l'environnement universitaire autour d'EPHYSE n'est pas toujours adapté à leurs problématiques scientifiques.

Note de l'unité	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A	A+	A+	B	A



**Unité de Recherche EPHYSE**

*Ecologie fonctionnelle et*

*Physique de l'Environnement*

[www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/ephyse](http://www.bordeaux-aquitaine.inra.fr/ephyse)

Réponse de l'unité EPHYSE (UR 1263)  
au rapport du comité AERES  
présidé par  
Mme N. de Noblet-Ducoudré

Au nom de l'ensemble de l'unité, nous nous félicitons en premier lieu de l'ensemble du travail d'évaluation réalisé par le comité d'experts de l'AERES. Sa restitution écrite dans le rapport de 12 pages reçu le 12 mars 2010 est basée sur une analyse approfondie, complète et détaillée des documents et informations que nous avons transmis -rapport et projet quadriennal, fiches d'information- ainsi que sur les présentations et entretiens réalisés durant la visite du comité à l'unité le 11 décembre 2009. Ce travail sera donc d'une grande utilité pour améliorer notre projet, tout à la fois dans son contenu et ses objectifs scientifiques et dans l'organisation et l'animation de l'unité.

De façon générale, et comme le comité l'a lui-même apprécié, le processus d'évaluation nous a semblé se dérouler dans les meilleures conditions. Tout comme le comité, nous regrettons par ailleurs que la visite n'ait pu s'étendre sur une demi-journée supplémentaire qui aurait permis à l'unité de présenter plus en détail ses activités, son fonctionnement et son projet et au comité d'enrichir son évaluation. Nous développons ci après notre réponse en suivant le plan du rapport du comité.

Nous prenons bien note de l'**avis global** formulé par le comité sur notre bilan d'activité et de la réserve exprimée sur le projet présenté, jugé trop ambitieux et insuffisamment approprié. Nous tiendrons compte de cet avis afin de réviser dans les prochains mois le projet de notre unité en accord avec notre tutelle. La proposition de réviser à la baisse la partie centrale du projet scientifique en la décomposant en deux actions complémentaires est pertinente et semble bien à même de structurer les trois composantes de l'unité autour d'objectifs communs plus réalistes. Nous soulignons le fait que le projet d'unité s'appuie également sur les activités thématiques de ses trois équipes, MFE, FBET et S&T qui font une grande partie de notre originalité et de notre excellence



scientifique. Ces activités recèlent aussi un fort potentiel d'innovation que le comité a souligné par ailleurs.

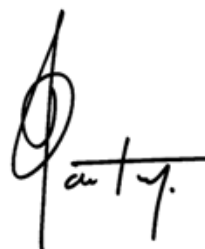
Nous souscrivons bien à l'analyse des **points forts et points faibles**, tout en souhaitant préciser trois points :

- la construction de la plate forme ECOSYLVE qui supportera une « tour à flux » ICOS mobilisera à EPHYSE entre 2 et 3 ETP d'ingénieur et techniciens pendant trois années (sur un total de 12 par an) répartis sur plusieurs agents de l'unité. Un effort similaire sera investi pour la construction de cette plate-forme par deux autres unités du centre l'UE de l'Hermitage et l'UMR « TCEM ». Cet investissement ne pénalise donc en rien les autres expérimentations du laboratoire : le rapatriement du site lourd du Bray (jusqu'alors instrumenté et suivi par EPHYSE seule dans le cadre de CARBO EUROPE) sur le domaine expérimental de l'INRA, à proximité immédiate du laboratoire, et en répartissant sa prise en charge sur plusieurs unités, contribuera à alléger notre implication matérielle sur la plateforme ECOSYLVE au profit de son suivi.
- la démarche de l'unité portant sur l'analyse des effets des changements globaux ne se réduit pas à une dimension « *rétrospective* » : l'unité joue un rôle moteur en France pour l'analyse prospective des impacts de scénarios climatiques 2000-2100 sur le fonctionnement biophysique, biogéographique et épidémiologique des écosystèmes forestiers à différentes échelles à travers les projets GICC «CARBOFOR», «FAST», «FAST-A»).
- l'unité n'a ni les compétences ni la volonté de s'impliquer dans le domaine de l'hydrologie souterraine. Sa contribution aux problèmes de changement d'échelle dans les transferts hydriques est circonscrite à l'analyse des effets des hétérogénéités de surface sur les échanges surface-atmosphère à l'échelle intermédiaire. La nécessité de prendre en compte les couplages entre végétation, sol et eaux de surface impose en effet un partenariat thématique pour lequel nous avons identifié et privilégions différents interlocuteurs. Le développement de ce partenariat constitue un objectif du projet d'unité.

Nous adhérons aux **recommandations au directeur de l'unité**. En annexe nous développons notre réponse concernant les **appréciations détaillées** sur les équipes. Concernant **la gouvernance et la vie de l'unité**, l'ensemble de l'unité s'est engagé depuis 2009 dans un travail d'analyse et de proposition qui se poursuit en 2010. Nous sommes conscients du travail restant encore à faire, il constitue la priorité actuelle de l'unité. Nous constatons une volonté partagée par l'ensemble des agents pour organiser ensemble une vie collective optimale et nous pensons que cette volonté commune permettra d'aboutir et de réussir la dimension humaine du projet, préalable essentiel à son accomplissement scientifique. La fin de cette partie du rapport du comité comporte plusieurs inexactitudes :

- l'implication de l'unité dans les projets EUROFLUX, CARBOEUROFLUX, CARBOAGE, Carboeurope etc. n'est pas « récente », elle remonte au contraire aux toutes premières propositions de projet soumis à la commission européenne sur ce thème (1992).
- nous nuançons ou rectifions les remarques sur la reconnaissance des ITA par la liste des taux de publication des ingénieurs de l'unité (Tab. A1) ;
- les neuf **doctorants encadrés par des chercheurs de l'unité ont bien évidemment tous un comité de thèse** réuni en moyenne une fois par an et comprenant de un à trois membres extérieurs à l'exception d'un seul composé actuellement de seuls chercheurs et ingénieurs de l'unité mais dont la composition sera élargie par la suite ;
- **tous les doctorants participent bien entendu à nombre de manifestations internationales** où ils présentent leurs travaux de recherche (en moyenne 5.5 communications par doctorant en année 2 et plus, cf. la liste des productions de l'unité), ceci constituant un élément essentiel de notre politique d'incitation à une valorisation d'excellence des travaux de recherche de l'unité ;
- enfin, l'implication d'EPHYSE dans l'enseignement supérieur est **ancienne** et mobilise **l'ensemble des chercheurs** et la plupart des ingénieurs, post doctorants et certains doctorants. Pour une unité propre de recherche, elle constitue un **investissement assez important** (jusqu'à trois modules complets d'un Master en Ecologie de l'université de Bordeaux-1, plusieurs cours, TP et TD à l'ENITA et participation au conseil et au bureau de l'ED 304 (Bordeaux) depuis sa création.

Villeneuve d'Ornon, le vendredi 26 mars 2010.



D. Loustau  
Directeur de l'unité

## **Annexes.**

### **Réponse de l'unité sur le rapport du comité concernant les trois équipes proposées.**

---

#### **1. EQUIPE « Mécanique des Fluides Environnementale »**

##### **Adéquation entre stratégie de recherche et nombre restreint de chercheurs**

L'équipe MFE inscrit ses recherches dans un créneau environnemental porteur où le spectre d'actions possibles est grand et les sollicitations nombreuses, mais où les forces vives, même à l'échelle internationale, restent restreintes. Un élément fort de sa stratégie est de maintenir un équilibre entre une recherche « amont » (développement de concepts, de méthodologies, analyse de processus) et une recherche plus « finalisée » (s'inscrivant à ce titre dans la politique générale de l'institut), orientée vers des thématiques environnementales sur lesquelles une ouverture vers l'extérieur de l'unité lui est apparue comme indispensable. Sa taille étant modeste, l'équipe a pris le parti de ne s'engager sur de nouveaux projets qu'à la condition de pouvoir disposer des forces suffisantes pour les mener à bien (sous la forme de doctorants et post-doctorants). Le besoin d'un recrutement de niveau IR en calcul scientifique est maintenant bien identifié, et a été mentionné à plusieurs reprises lors du processus d'évaluation. Concernant maintenant le choix des thématiques de recherche et les interactions avec les autres composantes de l'unité, quelques réponses sont apportées dans les points suivants.

##### **Sur le positionnement de MFE dans les thématiques de l'écologie**

L'équipe MFE partage la recommandation de la commission relative à un plus grand investissement dans des thématiques écologiques. C'est la raison pour laquelle elle a mis en avant dans son projet la nécessité de prendre en compte la thermique dans sa modélisation atmosphérique et l'intérêt potentiel d'un couplage entre cette dernière et une modélisation fine des processus biophysiques dans la canopée végétale. Ces points font l'objet à la fois du séjour d'un an au NCAR (Boulder, Co, USA) de l'un des chercheurs de l'équipe, et du couplage en cours des codes MuSICA et ARPS mené avec un chercheur et un post-doctorant de l'équipe FBET. Un tel couplage rend possible notamment des études reposant sur une distribution distribuée du microclimat à fine échelle, comme cela a été initié récemment avec l'UMR Biogeco sur le déterminisme de la variabilité spatiale de la biodiversité à l'échelle paysagère. Un autre exemple d'engagement actuel en écologie réside dans la participation de l'équipe au montage en 2009 d'un projet ANR (IPOP, ou « Interactions entre populations microbiennes des plantes, microclimat et paysage ») dont l'objet rentre précisément dans la recommandation de la commission selon laquelle « MFE peut (doit ?) permettre des avancées majeures dans l'étude de la durabilité écologique des écosystèmes en relation avec les changements climatiques ».

##### **Sur une meilleure intégration de la physiologie dans l'étude de la vulnérabilité des arbres ou des peuplements au vent**

L'équipe MFE est tout à fait d'accord avec cette recommandation. Si dans un premier temps elle a développé et validé des modèles de dynamique d'arbre ou de peuplement simplifiés, elle en est maintenant à complexifier, et rendre plus réalistes, ses modèles. C'est notamment l'un des objectifs de la thèse de biomécanique en cours et du futur travail d'un chercheur de l'équipe nouvellement arrivé sur la prise en compte de l'ancrage racinaire et sa sensibilité aux conditions de sol. Dans ces domaines, les collaborations sont d'ailleurs à rechercher plus en dehors de l'unité qu'en interne :

quelques unes ont déjà été mises en place avec des unités telles que les UMR Biogeco (Bordeaux), PIAF (Clermont-Ferrand) et AMAP (Cirad). Enfin, ces aspects faisaient partie d'une demande de « package scientifique » déposée en 2009 auprès de la direction générale de l'Inra.

### **Sur la place de MFE dans l'unité et ses liens avec les autres équipes**

Au cours des dernières années, l'équipe a privilégié le développement de codes numériques, et à cherché à acquérir une notoriété nationale et internationale en modélisation environnementale. Ceci l'a conduite à avoir un niveau de collaboration réduit – bien que réel, et en développement, sur un certain nombre de points qu'il serait fastidieux de lister ici – avec les deux autres équipes. Les choses évoluent actuellement dans le sens souhaité par la commission. Ainsi le projet de l'équipe accorde-t-il une place importante à la modélisation de la micrométéorologie à l'échelle du paysage (et notamment au couplage ARPS-MuSICA, voir plus haut). Cette thématique est au cœur du projet d'unité, et donc transversale à ses équipes. Une fois que ce modèle couplé aura fait ses preuves, il permettra, parallèlement à des mesures expérimentales, d'aborder un ensemble de questions, à définir collectivement, associant physique et biologie, sur des thématiques liées à l'écologie fonctionnelle et l'écologie du paysage.

## **2. EQUIPE « Fonctionnement Biophysique des Ecosystèmes Terrestres » (FBET)**

La commission considère à juste titre que « *la mesure des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O par la forêt sont nouvelles pour l'équipe et a priori non triviales* » et met donc en garde contre ce possible écueil au projet, d'autant qu'une autre problématique relative aux gaz à effet de serre (GES), celle liée à l'étude des flux d'ozone, « *n'est pas encore aboutie* ». Ce faisceau de remarques nous semble tout à fait cohérent et il est en effet plus réaliste de mener à terme les travaux sur l'ozone, à l'échéance 2012 (fin du projet Vulnoz « *Vulnérabilité des agro-systèmes à l'ozone. Quels risques à l'horizon 2020-2030 ?* »), avant de se lancer dans l'étude d'autres GES sur lesquels l'unité ne dispose en effet d'aucune compétence particulière.

**Concernant l'ozone**, la commission nous invite à nous rapprocher d'une autre unité du département EFPA (UMR EEF Nancy) qui « *s'intéresse également aux processus physiologiques chez les arbres associés à l'ozone mais (avec laquelle) aucune collaboration n'a été évoquée* ». Cette remarque vient du fait que nous n'avons en effet pas suffisamment explicité le fait que nous collaborions déjà étroitement avec ces collègues d'EEF comme avec ceux de l'UMR EGC de Grignon le cadre du projet Vulnoz. L'un est coordinateur du projet et un autre est responsable du Work Package 1 – Task 2 (« *Physiological integration and modelling of O<sub>3</sub>-detoxifying functions, links with stomatal regulation, primary production and leaf senescence* ») et partenaire du Work Package 2 (« *Quantification and parameterisation of ozone flux partitioning* ») dont un chercheur de l'équipe est responsable.

**Concernant la mesure des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O**, nous souhaitons faire remarquer à la commission que nous conditionnons notre implication dans cette thématique au recrutement d'un nouveau chercheur (Annexe 6 du projet) dont le profil serait l'« *Etude des échanges atmosphère-végétation des couverts forestiers complexes* ». Si nous considérons que la prise en compte de ces gaz est une étape nécessaire dans l'étude des bilans de GES au niveau européen (réseau ICOS), et que le dispositif ECOSYLVE pourra être le cadre du déploiement de telles mesures, nous voudrions souligner que le réseau ICOS ne débutera effectivement qu'à l'horizon 2012, pour une durée de 20 ans. C'est bien à cette échelle de temps que nous situons notre implication dans la mesure des

émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O, dans l'esprit de la commission qui recommande que le projet, tel qu'il est rédigé actuellement, reste un objectif à long terme.

**Concernant les activités de modélisation et toujours dans le cadre de l'action thématique FBET-1**, la commission considère que « *le passage à un modèle plus générique utilisable pour plusieurs agro-systèmes d'une part, à une échelle spatiale plus grande (la région) d'autre part paraît fragile compte tenu des forces humaines en présence* », d'autant que « *la partie modélisation est essentiellement portée par un chercheur ayant fait une demande de mission longue durée pour l'étranger* ». Nous voudrions d'abord souligner que la mission longue durée<sup>1</sup> de ce chercheur est une partie constituante à part entière du projet de l'unité, comme l'est celle d'un chercheur de l'équipe MFE. Si l'éloignement géographique de ces deux collègues peut poser quelques problèmes pratiques, cela n'empêchera pas que les projets dont ils sont porteurs (par exemple le couplage MuSICA-ARPS, mentionné dans la réponse de l'équipe MFE) soient menés à terme, puisque nous nous sommes donné les moyens d'assurer localement la continuité de ces travaux en leur absence (absence provisoire, et relative car la distance n'a jamais empêché des chercheurs de collaborer étroitement dans le monde entier). C'est dans ce but que nous avons recruté des post-doctorants (2 dans l'équipe FBET) en charge des aspects scientifiques des modèles et que nous impliquons des informaticiens de l'unité dans les aspects techniques liés au déploiement de ces modèles.

Nous terminerons sur la remarque de la commission concernant certaines activités de l'équipe FBET, comme « *les travaux sur le signal 18O dans l'eau des feuilles ou dans le CO<sub>2</sub> du sol* », qui apparaîtraient « *en marge des thématiques générales de l'unité, ainsi que du projet* ». Les travaux mentionnés, portés actuellement par un chercheur et deux post-doctorants, ne doivent pas être vus comme indépendants des autres études en écologie isotopique portées par les mêmes personnes et d'autres de l'équipe FBET, et qui sont plus classiquement basées sur l'isotope <sup>13</sup>C. Que ce soit sur la base des signaux <sup>13</sup>C ou <sup>18</sup>O, les objectifs et les approches utilisées sont similaires et visent à déconvoluer, quantifier et comprendre les différentes composantes des flux de CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O au sein de l'écosystème.

### **3. EQUIPE « Spatialisation et Télédétection » (S&T)**

En ce qui concerne l'activité Smos, il ne nous semble pas opportun de l'opposer avec celle faite dans les autres domaines de longueurs d'ondes. Même si elle représente, à elle seule, environ 40 publications dans des revues internationales sur la période de l'évaluation, elle n'est pas l'élément central du projet de l'équipe. Comme cela est relevé dans les récentes prospectives du Réseau Télédétection, Smos apporte une mesure très complémentaire des autres observations de télédétection, à des échelles régionales qui sont bien dans le cadre des objectifs du projet d'unité. De nombreux résultats originaux de l'équipe (Grant et al., Saleh et al., Della Vecchia et al., 2005-2009,

---

<sup>1</sup> Laboratoire d'accueil : Department of Geography, University of Cambridge. Thème de la mission : « *Vers un outil prédictif du fonctionnement hydrique et carboné des écosystèmes forestiers en réponse aux changements globaux* ». L'objectif de la mission sera d'explorer les interactions entre fonctionnement hydrique et carboné des écosystèmes forestiers dans un contexte de changement climatique en s'appuyant sur des outils de modélisation mécaniste (développement de MuSICA en incluant la modélisation de la croissance et de l'allocation du carbone et de l'azote) et des données de chronoséquences et de dendro-isotopie.

etc.) montrent que cette mesure micro-onde est bien adaptée au suivi de l'état hydrique à l'échelle de paysages forestiers et sa complémentarité avec l'optique commence à faire l'objet de travaux (le lancement de Smos date seulement de fin 2009). Il faut noter que l'activité Smos concerne seulement, sur la période concernée, un DR (à 30% environ de son activité), et deux non permanents : un Ingénieur CDD et un étudiant en thèse, dont les financements sont assurés à 100% par le Cnes, l'Esa, la Région Aquitaine. Les développements conduits dans Smos ne se font donc pas au détriment de notre investissement dans les missions du domaine optique. Ainsi, les récents recrutements (CR, IE, Ingénieur en détachement DSF, Post Doc Cnes, 2 thèses), en sus de l'activité traditionnelle de D. Guyon (IR), ont été préparés et développés dans ce domaine, en relation étroite avec la préparation des missions VENUS, SENTINEL2 ou PLEIADES. Ce redéploiement va bien dans le sens de la redéfinition des objectifs de l'équipe vers la production de produits finalisés (dates de réalisation de stades phénologiques, longueurs de saison de croissance), comme le fait bien ressortir le rapport de la commission.

---

**Tableau A1.** Taux de publication (uniquement articles à comité de lecture) des ingénieurs et assistants ingénieurs EPHYSE (hors services collectifs).

Corps	Durée de présence de janvier 2005 à juin 2009 (années)	Taux moyen annuel de publications (ACL) (an <sup>-1</sup> )
IR	4.5	2.7
IR	4.5	2.0
IR	4.5	1.6
IR	2.5	2.8
IE	4.5	3.3
IE	4.5	2.0
IE	0.5	0.0
IE	1	1.0
AI	4.5	0.0
AI	4.5	1.0