



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur
l'unité :

Plantes et Systèmes Horticoles
sous tutelle des
établissements et organismes :

INRA

Mars 2011



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

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur l'unité :

Plantes et Systèmes Horticoles
sous tutelle des
établissements et organismes :

INRA

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Mars 2011



Unité

Nom de l'unité : Plantes et Systèmes Horticoles PSH

Label demandé : UPR INRA

N° si renouvellement : UR 1115

Nom du directeur : M. Michel GENARD

Membres du comité d'experts

Président :

M. Eric MALEZIEUX, CIRAD, Montpellier

Experts :

M. Marie-Odile BANCAL, Agroparistech, Paris

M. Jean DAUZAT, Université de Montpellier 2, Montpellier

Mme Delphine LUQUET, Montpellier SupAgro, Montpellier

M. Manuel PLANTEGENEST, Agrocampus Ouest, Rennes

M. Thierry SIMONEAU, Université de Montpellier 2, Montpellier, au titre des CSS de l'INRA

Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Jean-Loup NOTTEGHEM

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

M. Guy RICHARD, INRA



Rapport

1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée le 16 mars 2011 dans les locaux de l'Unité sur le centre INRA Avignon. La matinée a été consacrée à l'analyse du bilan de l'Unité à travers les exposés des 3 équipes constitutives : EQF Ecophysiologie de la Qualité des Fruits, AGR Architecture et Gestion des Ressources et EPI Ecologie de la Production Intégrée. Le début d'après-midi a été consacré à la présentation du projet de l'Unité et des projets des deux nouvelles équipes constitutives proposées : EPH Ecophysiologie des Plantes Horticoles (résultant de la fusion des équipes EQF et AGR) et EPI Ecologie de la Production Intégrée. Le Comité a ensuite rencontré successivement le représentant des Tutelles (département EA), les personnels permanents (ITA et ingénieurs, puis chercheurs) puis non permanents (doctorants, post-docs, CDD) et enfin la Direction de l'Unité (directeur, directeur-adjoint et chefs d'équipe). Le comité a poursuivi son travail le 17 mars par la réunion du comité de visite à huis clos sur le site de l'unité.

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

L'Unité est une unité propre de l'INRA basée à Avignon et spécialisée dans l'étude des productions fruitières et légumières à différents niveaux d'intégration de la plante au paysage. Les recherches portent sur l'élaboration de la qualité des fruits, le fonctionnement de la plante (à travers son développement architectural et l'acquisition des ressources) et sa réponse aux actes techniques et aux facteurs abiotiques et biotiques, la dynamique des bioagresseurs, leur impact et leur gestion. L'Unité est constituée depuis 2006 de 3 équipes dont une équipe rattachée à deux départements de l'INRA (EA et SPE). Les objets de recherche principaux sont la tomate, le pêcher et le pommier.

L'Unité comprend 55 permanents dont 28 scientifiques et ingénieurs (dont 18 chercheurs) tous affiliés à l'INRA. Parmi les 18 chercheurs (1 DR1, 2 DR2, 13 CR1, 2 CR2), on compte 5 HDR. On compte 32.7 IATOS permanents, tous INRA.

Le ratio entre chercheur et ingénieurs d'une part, et personnel technique d'autre part est de l'ordre de 1.

- Equipe de Direction :

L'équipe de direction est constituée d'un directeur, M. Michel GENARD, et d'un directeur adjoint, M. Laurent GOMEZ.



- 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)	18	17
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	36	34
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	10	6
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	5	9
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	8

2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global :

L'Unité PSH est une unité reconnue au plan national et international dans son domaine thématique. Sa capacité à associer des recherches en écophysiologie, agronomie, protection des plantes et agroécologie constitue une singularité remarquable dans le dispositif de recherche français qui lui confère un atout important pour l'avenir. Chaque équipe assure dans ses différents domaines disciplinaires des recherches d'excellent niveau, reconnues au plan international. L'Unité joue un rôle important de coordination au niveau du centre INRA PACA, et dans le domaine horticole à l'INRA, et elle jouit d'une expertise scientifique nationale et internationale reconnue. Le savoir-faire technique de l'Unité dans le domaine horticole (laboratoires, expérimentations, dispositifs, modèles, etc.) est à souligner.

- Points forts et opportunités :

La capacité à conduire des recherches pluridisciplinaires et à aborder des objets à des niveaux d'organisation variés (du niveau moléculaire au paysage) constitue un premier point fort de l'Unité. Les fortes compétences en modélisation et le rôle central joué par la modélisation dans les démarches de l'Unité constituent un second point fort.

- Points à améliorer et risques :

Parmi les points à améliorer, si chacune des équipes a acquis une reconnaissance certaine dans son domaine scientifique, la synergie entre les équipes reste encore à approfondir pour la formulation de questions scientifiques conjointes ou a minima en interaction. Nombreuses sont les recherches conduites dans l'une ou l'autre des équipes qui ne voient pas de débouché dans le corpus de connaissances d'une autre équipe ou même d'intérêt à être intégrées dans ce corpus. Une vision véritablement intégratrice des connaissances produites dans l'Unité (et l'établissement des méthodes pour parvenir à cette intégration), en germe dans le Projet, méritera d'être approfondie dans le prochain quadriennal.



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

L'Unité est porteuse d'enjeux scientifiques spécifiques à l'interface de l'écophysiologie et de l'écologie. Nous encourageons le directeur de l'Unité à porter une attention particulière à l'animation scientifique i) au sein de la nouvelle équipe EPH, ii) à l'interface des 2 nouvelles équipes EPH et EPI, au potentiel important en termes d'innovation scientifique. Il est, en particulier, important de poursuivre l'effort d'intégration des recherches cognitives dans le domaine de la qualité des fruits, jusqu'aux recherches sur la conception de systèmes de culture : c'est un enjeu important pour l'Unité qui fonde, en partie, son originalité. Une attention particulière devra être portée au risque de dispersion sur de nouveaux domaines disciplinaires.

- **Données de production pour le bilan :**

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2	13
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5	6
A3 : Taux de producteurs de l'unité [A1/ (N1+N2)]	0,72
A4 : Nombre d'HDR soutenues	1
A5 : Nombre de thèses soutenues	13

3 • **Appréciations détaillées :**

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

- **Pertinence et originalité des recherches, qualité et impact des résultats :**

L'Unité PSH constitue une unité reconnue aux plans national et international dans le domaine de l'Horticulture et la qualité des fruits. Au-delà de cette reconnaissance thématique, l'unité associe de manière originale et efficiente des groupes disciplinaires tels que l'écophysiologie, l'agronomie, la protection des plantes et l'écologie lui permettant de conduire des recherches à la fois cognitives et opérationnelles sur les systèmes horticoles, à des niveaux d'organisation et des échelles très variés. Cet ensemble est suffisamment rare dans le dispositif de recherche français pour être souligné de manière positive par la commission. Les recherches menées sont en résonance avec les enjeux sociaux et environnementaux dans le domaine de l'Horticulture aujourd'hui. L'intégration est facilitée par un recours significatif aux démarches de modélisation pour lesquelles l'Unité possède des compétences importantes. Par ailleurs, la production scientifique de l'Unité s'appuie largement sur des collaborations avec des partenaires diversifiés qui lui apportent des compétences et des moyens complémentaires et qui accroissent incontestablement le volume et l'impact de ses travaux et son rayonnement.

- **Quantité et qualité des publications, communications, thèses et autres productions :**

L'Unité a produit 154 ACL sur la période de référence, avec une tendance à l'augmentation au cours du temps, ce qui correspond à un taux moyen de publication de 1.71 ACL/ETP pour l'unité (2.33 si l'on considère le nombre moyen d'articles signés par ETP). Le taux s'élève à 2.14 (2.91) si l'on ne considère que les chercheurs. C'est une production très satisfaisante a fortiori, si l'on considère également le très bon niveau des revues cibles (comme Journal of Experimental Botany, Trends in Plant Science et Molecular Ecology) : 70 % des revues appartiennent au



premier quartile de leurs domaines. Les catégories plant science, ecology, agronomy concentrent logiquement 50% de la production. Un nombre important d'articles est co-signé avec d'autres organismes de recherche, français (CNRS et Cirad principalement) ou étrangers.

Sur la période, 13 thèses ont été encadrées ou co-encadrées par des chercheurs de l'Unité (thèses soutenues). Un chercheur a passé son HDR.

- Qualité et pérennité des relations contractuelles :

La bonne implantation dans le dispositif local doit être soulignée, de même que le rôle moteur joué par l'Unité dans le pôle avignonnais Production Horticole Intégrée (PHI), deux caractéristiques qui permettent l'obtention de contrats et l'établissement de relations solides avec les partenaires.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

Les travaux de doctorat conduits dans l'Unité ont débouché sur la présentation de thèses de bonne qualité dont deux ont obtenu des distinctions (Médaille d'argent de l'académie d'agriculture pour une thèse, Prix Rudolf Hermanns en 2009 pour une thèse soutenue en 2003). On note 16 invitations à des communications dans des manifestations internationales.

Le comité relève la très bonne attractivité de l'unité. Depuis 2006 l'Unité est passée de 48 à 55 agents permanents, soit une croissance importante. Cette augmentation inclut l'arrivée de 3 nouveaux CR (1 sur mobilité et 2 sur recrutement externe) et de 3 IE (1 sur mobilité, 2 sur recrutement externe).

Depuis 2006 l'unité a accueilli 16 chercheurs en post doc (8) ou en accueil de longue durée (8) et 13 doctorants ont soutenu leur thèse. Elle a accueilli 70 stagiaires dont 51 au niveau master.

Le directeur de l'Unité co-anime le pôle Production Horticole Intégrée d'Avignon qui regroupe une part importante des unités du centre PACA, jouant ainsi un rôle important dans l'animation régionale en horticulture.

L'Unité applique une politique active de recherche de financements extérieurs, en phase avec le contexte actuel de la recherche. Les ressources sur contrats de recherche ont connu une augmentation importante lors du quadriennal (elles ont presque doublé) pour représenter en 2009 plus de 50% des moyens financiers disponibles, avec une augmentation notable des financements en provenance de l'ANR (8 projets financés), des ministères (8) de la Région (3) et de l'Europe (7 dont 3 en tant que coordinateurs de tâche).

L'unité dispose d'une réelle capacité à participer ou coordonner des projets d'envergure dans le domaine de l'horticulture. Deux projets transversaux ont principalement marqué l'activité de l'unité au cours du quadriennal, dans les deux types de systèmes étudiés par l'unité : le projet européen IRRIVAL a permis de développer le modèle Qualitree, qui représente la variabilité de la croissance de la qualité des fruits au sein de l'arbre et le projet Ecoserre (programme ADD) a mobilisé les écophysiologistes et agronomes de l'unité spécialistes de la tomate dans un projet intégrateur associant des acteurs techniques. Il faut ainsi souligner la bonne implication de l'Unité dans les projets et réseaux européens (Endure, Isafruit, Eusol, Irrival, FRIM), et ce sur un large spectre thématique. L'Unité assure maintenant la coordination du nouveau projet UE PURE dans le domaine de la protection des plantes, une manifestation de la capacité de l'Unité à assurer la coordination européenne dans son domaine de compétence.

L'Unité PSH occupe une place particulière dans le dispositif INRA puisqu'elle est, compte tenu de son domaine de recherche, en contact direct avec les opérateurs du domaine de l'horticulture en France. Ce positionnement se traduit par la co-animation du Pôle Horticole Intégré d'Avignon et par la mise en place d'un partenariat socio-économique en liaison avec des projets de recherche pluridisciplinaires en phase avec les demandes de la profession, la réalisation d'analyses et de tests pour le compte d'opérateurs privés, ou la mise en place de partenariats avec les producteurs. Plusieurs agents de l'unité sont membres de commissions nationales ou internationales dans le domaine de l'horticulture, et/ou relatives aux relations agriculture environnement et ont noué des liens avec les pouvoirs publics (DGAL, AFSSA, DGER, etc.). Il en résulte l'existence d'un partenariat socio-économique diversifié et dense incluant les principaux partenaires (CTIFL, GRAB, SERFEL, etc.). L'impact réel de ces relations reste néanmoins difficile à établir et la formulation d'une réelle stratégie en matière de partenariat socio-économique n'apparaît pas de manière totalement explicite, ce qui peut être regretté.



- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'unité:**

L'Unité PSH constitue un ensemble cohérent dont l'évolution proposée en termes d'organisation (une évolution dans la continuité) est bien en phase avec le bilan réalisé par l'Unité et les objectifs qu'elle se propose d'atteindre. La fusion des 2 équipes d'écophysiologie en une seule et même équipe devrait permettre une meilleure intégration des recherches sur le fonctionnement de la plante, susceptible d'apporter une réelle valeur ajoutée en termes d'innovation scientifique. Cette fusion devrait également permettre une meilleure animation scientifique et une meilleure organisation du travail au sein des équipes AGR et EQF désormais fusionnées. Le lien entre les équipes d'écophysiologie (AGR et EQF devenues EPH) et l'équipe d'écologie (EPI) reste à parfaire, mais les conditions de réussite semblent réunies. De la qualité des liens qui pourront se tisser et se renforcer au sein de l'équipe EPH et entre les 2 nouvelles équipes dépendra très certainement la qualité et l'originalité des résultats de recherche pour le prochain quadriennal.

Le positionnement du groupe des bio-informaticiens IMP, son fonctionnement et sa gouvernance ne sont pas apparus clairement à la commission : c'est un point sur lequel la direction de l'unité devra veiller, de même que sur le positionnement des ITA au sein de la nouvelle équipe EPH, leur intégration dans la vie d'équipe et la programmation de leurs activités.

L'Unité est bien impliquée et présente une réactivité manifeste dans la réponse à des appels d'offres qu'ils soient de type interne (Projets innovants de l'INRA, projets d'excellence Agreenium) ou externes (UE, ANR, etc.).

Au plan scientifique, l'Unité a su faire évoluer ses priorités de recherche en cohérence avec les résultats acquis, les fronts de science et la demande sociétale, parvenant à tisser avec succès des collaborations scientifiques sur les champs complémentaires. L'animation scientifique est satisfaisante et son ouverture à l'extérieur (séminaires) au travers du pôle horticole local devrait encore favoriser l'ouverture et le rayonnement de l'Unité.

L'Unité est impliquée significativement dans l'enseignement (300 h) à différents niveaux dans les écoles agronomiques et l'Université, avec une part importante pour l'Université d'Avignon (90%), signant par là son ancrage local. On peut regretter l'absence d'enseignants-chercheurs dans l'Unité qui limite son investissement potentiel dans l'organisation de l'enseignement à l'échelle locale et son influence sur la structuration de l'enseignement et de la recherche avignonnaise dans ses domaines propres, ce que permettrait la constitution de l'unité en UMR. Cette situation dont elle n'est pas responsable interdit néanmoins l'unité d'accéder aux ressources que sont les bourses MRT.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet proposé s'inscrit dans la continuité du projet précédent avec une inflexion thématique et organisationnelle qui apparaît en totale cohérence avec les forces, faiblesses, et opportunités diagnostiquées par l'unité.

La fusion des deux équipes AGR et EQF du précédent quadriennal en une équipe autour de l'écophysiologie des plantes horticoles devrait favoriser l'intégration des recherches dans le domaine de l'élaboration de la qualité et de la gestion des ressources par les plantes, créant un ensemble cohérent centré sur le fonctionnement de la plante et du fruit sous stress abiotique et biotique. La sensible inflexion proposée vers la prise en compte des stress biotiques est un élément potentiellement facilitateur des interactions avec l'équipe EPI et qui renforce la cohérence de l'ensemble face aux enjeux scientifiques, sociétaux et institutionnels (politique des départements EA et SPE) affichés.

L'objectif de compréhension de l'action de facteurs de nature très différente (pratiques, facteurs de l'environnement, vs. génome) sur le fonctionnement de la plante reste difficile à atteindre. Il devrait certainement faire l'objet de choix plus marqués par la direction de l'unité : si la prise en compte des pratiques et des facteurs de l'environnement est incontournable compte tenu de la problématique de l'Unité et des questions posées, les recherches portant sur le génome et son expression mériteraient d'être mieux justifiées, de manière à ne pas apparaître comme de potentielles sources de dispersion pour l'unité.

En matière de modélisation, chacune des 2 équipes dispose de compétences et d'une expérience significative, mais une réflexion commune aux deux équipes, en relation avec le groupe IMP, devrait faire émerger une stratégie globale plus lisible pour l'Unité.



L'Unité a une politique diversifiée de recherche de moyens correspondant à ses ambitions. Le succès des projets déposés en réponse aux appels d'offre de l'ANR a été dans le dernier quadriennal en deçà des espérances mais il existe néanmoins des réussites marquantes en termes de coordination de projets d'envergure qui vont structurer la politique de l'Unité pour les prochaines années. Les projets FRIM et PURE devraient ainsi structurer respectivement les relations scientifiques avec les physiologistes et les agroécologues au plan européen. Chacun des projets d'équipe s'inscrit dans un ensemble d'actions incitatives et de projets. Il existe une politique de mutualisation des moyens par la mise en commun d'une partie significative des financements lorsque le type de contrat le permet. Cette mutualisation permet de financer des besoins collectifs ou des actions de recherche qui ne le seraient pas par ailleurs.

L'existence d'un partenariat international très diversifié et important est à souligner mais pâtit d'une certaine difficulté de hiérarchisation et de priorisation, rendant peu apparente la mise en œuvre d'une réelle politique de partenariat : faut-il privilégier les partenaires européens, ceux des pays avancés (USA, Australie,...), les pays émergents (Brésil, Chine, etc.), les pays du pourtour méditerranéen, les pays du Sud ? La définition d'une stratégie géo-partenariale reste à réaliser.

L'originalité de l'Unité réside i) dans le continuum disciplinaire écophysiologie-agronomie-écologie assuré par l'unité, un continuum relativement rare actuellement dans le dispositif français de recherche agronomique, mais répondant particulièrement bien aux questionnements scientifiques et sociétaux actuels, ii) à l'application de ce corpus intégrateur au domaine de l'Horticulture, plaçant l'Unité au premier plan dans ce domaine aux niveaux national et international.

Les risques d'échec scientifique sont faibles compte tenu de la notoriété et de l'expérience déjà acquise de l'Unité. L'évolution proposée par le nouveau Projet est bien raisonnée, elle est bien acceptée en interne au plan organisationnel et elle répond bien à l'évolution des questionnements scientifiques.

Un effort d'intégration accru et soutenu sera néanmoins nécessaire pour réussir l'interaction entre les 2 équipes et l'émergence de synergies réelles et durables. Les modèles susceptibles d'actions communes devront être privilégiés. Le modèle « Fruit Virtuel », par exemple, pourra, compte tenu de son fort potentiel générique, être un support commun, capable également de structurer des partenariats durables avec d'autres équipes sur d'autres modèles biologiques comme sur citrus avec les équipes de Corse et sur mangue avec les équipes du Cirad à La Réunion. Paradoxalement les développements méthodologiques proposés pour la conception et l'évaluation des systèmes de production intégrés (équipe EPI) ne prennent pas en compte les modèles issus des équipes EPH ni même les acquis des autres axes de l'équipe EPI (réseaux trophiques). Une réflexion devrait être initiée au sein de l'Unité pour favoriser l'intégration dans ce sens.



4 • Analyse équipe par équipe

Intitulé de l'équipe : Architecture et Gestion des Ressources AGR

Chef d'équipe : M. Jacques LE BOT

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet :

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	1
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe AGR (« Architecture et gestion des ressources»), constituée en 2001, a pour objet d'étude le fonctionnement de la plante entière. Elle couvre un champ thématique large incluant l'acquisition des ressources (eau, carbone, azote), leur transport et leur répartition dans l'objectif de modéliser le développement architectural des plantes sur des bases fonctionnelles. Les recherches portent sur les 2 modèles biologiques, tomate et pêcher. Bien que des résultats significatifs aient été obtenus par l'équipe, la commission déplore le fait que les objectifs globaux de l'équipe restent peu précisés dans le bilan, de même que le choix des modèles et des plantes sur lesquels ils sont mis en œuvre reste le plus souvent non explicite. La cohérence et l'articulation entre les différents axes de recherche de l'équipe demeurent également peu apparentes.

Des études s'appuyant sur des dispositifs de culture hydroponique hautement contrôlés, développés par l'équipe ont permis d'analyser la dynamique d'absorption journalière du nitrate et la croissance structurale chez la tomate, ainsi que l'utilisation des ressources carbonées dans le métabolisme secondaire (composés de défense) en relation avec les ressources en azote. Ces travaux méritent d'être poursuivis et plus largement valorisés. L'étude du développement architectural des plantes en relation avec les facteurs abiotiques a été principalement abordée chez la tomate en relation avec la salinité du milieu et chez de jeunes pêchers dans le cadre de thèses. L'architecture racinaire a été abordée notamment sur pêcher et sur diverses autres plantes (chêne, hévéa, maïs) dans le cadre de multiples collaborations externes, en interaction avec les facteurs du milieu. Des méthodes et outils spécifiques à l'étude des systèmes racinaires ont été développés.



La modélisation occupe une place importante au sein de l'équipe AGR. Le modèle Graal-CN, en particulier, est un modèle structure-fonction ayant pour objectif l'émulation de l'architecture sur des bases fonctionnelles. Ce modèle n'a cependant été mis en œuvre à ce jour que sur maïs. Le projet *PlaNet*, projet innovant du département INRA EA, doit fournir un cadre pour l'évolution des activités de modélisation de la future équipe EPH en combinant l'approche « bottom-up » de Graal et l'approche de QualiTree qui, de façon plus pragmatique, simule le fonctionnement de l'arbre vu comme un ensemble de rameaux distribués dans l'arbre pour prédire la qualité des fruits. Le transport des ressources au sein de l'architecture des plantes a fait l'objet de développements spécifiques couplant les transferts d'eau et de carbone. L'amélioration de la technique d'exsudation facilitée à l'aide d'EDTA a permis d'estimer les variables phloémiennes du modèle. Ces développements théoriques et techniques constituent un volet original dans la démarche d'intégration des processus à l'échelle de la plante entière.

L'équipe AGR a ainsi mené des travaux de qualité dans des domaines très divers. Ces travaux suivent une démarche permettant une meilleure compréhension de l'acquisition et de la gestion des ressources par les plantes dans une préoccupation commune à l'Unité de respect de l'environnement et de qualité des produits. La diversité des thématiques conduit cependant à une certaine dispersion des activités qui apparaissent assez peu en interaction entre elles. Des domaines historiques de compétence (systèmes racinaires, modélisation) contribuent au rayonnement de l'Unité mais doivent veiller à rester cohérents avec le Projet de l'Unité et à la volonté d'intégration.

La modélisation a une fonction centrale et intégratrice pour les activités de l'équipe. Des avancées notables sont à souligner pour la modélisation des processus d'acquisition des ressources, de leur transport et de leur métabolisme. L'étude de l'architecture des systèmes racinaires a fait l'objet de nombreux travaux. En revanche l'étude de la plasticité architecturale des parties aériennes demeure limitée (tomate vs salinité et jeunes pêchers vs azote). Ces travaux, s'appuyant sur des thèses, décrivent l'effet des conditions du milieu sur l'architecture des plantes maïs, pour l'instant, sans lien avec la modélisation fonctionnelle proposée dans Graal.

La production scientifique de l'équipe peut être considérée comme bonne avec 32 publications dans des revues à comité de lecture reconnues dans différents domaines (Plant and Soil, Plant Soil and Environment, Trees-Structure and Function, Annals of Botany...). Quatre thèses ont été soutenues durant le quadriennal.

L'équipe AGR est impliquée dans divers projets européens (Creoak, IrriQual) et nationaux (ÉcoSerre...) et s'est investie dans le montage de nouveaux projets régionaux tels que Plantinnov'Ser (financement régional Pays de Loire) ou Rhizopolis (fondation Agropolis) et nationaux (ANR) sur lesquels s'appuiera la nouvelle équipe EPH résultant de la fusion de AGR et EQF.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

L'équipe AGR a une bonne visibilité nationale et internationale, en particulier en ce qui concerne l'étude et la modélisation des systèmes racinaires, ainsi qu'en témoigne la diversité des co-publications avec des équipes françaises et étrangères. Les compétences, méthodes et modèles développés sont appliqués à d'autres plantes tempérées et tropicales (agrumes, raisin, mangue, banane...).

L'attractivité de l'équipe est illustrée par sa capacité à diriger des thèses (4 thèses soutenues dont 3 par des étudiants étrangers) et à accueillir des chercheurs et post-doctorants étrangers (3). Des partenariats privilégiés sont établis avec des partenaires français (ex. Cirad), européens (Espagne, Belgique et Portugal) et hors Union Européenne (ex. Thaïlande).

L'entretien avec les ITA a fait apparaître certaines tensions dans l'organisation du travail, liées à des surcharges et des problèmes de planification du travail : la réorganisation dans le cadre de la nouvelle équipe EPH devra tenir compte de ces éléments et tenter d'améliorer la synergie chercheurs / techniciens.

- **Conclusion :**

L'équipe AGR, composée de 5 chercheurs, a été créée en 2001 et possède des compétences historiques anciennes dans certains domaines comme l'architecture racinaire et l'alimentation minérale en milieu contrôlé. La précédente évaluation de l'Unité PSH en 2007 recommandait un plus fort investissement de l'équipe dans l'étude de l'architecture des parties aériennes qui apparaît essentielle pour faire le lien avec les équipes EQF et EPI.



Deux thèses ont abordé la plasticité architecturale de la tomate et de jeunes pêcheurs vis-à-vis de la salinité et de la fertilisation azotée. Cet effort devra être poursuivi dans le cadre de la nouvelle équipe EPH.

Une certaine ambiguïté subsiste en ce qui concerne la place de la modélisation architecturale au sein de l'équipe et de l'Unité : les objectifs de modélisation de processus fonctionnels au sein d'une architecture d'une part et de modélisation du développement architectural d'autre part ne sont pas dissociés. En pratique les modèles fonctionnels développés relatifs à l'acquisition et au transport des ressources doivent permettre à terme d'intégrer le modèle Fruit Virtuel au sein de la plante entière pour une architecture de plante donnée (décrite *in situ* ou simulée sur la base d'observations comme dans le cas des deux thèses évoquées). En revanche l'objectif d'émuler la mise en place de l'architecture suivant une approche fonctionnelle « bottom-up » telle que développée dans Graal comporte de nombreux écueils et représente un travail à long terme nécessitant des expérimentations lourdes pour la calibration et la validation des modèles. L'équipe AGR est moins avancée dans ce domaine et les collaborations engagées (ex. PIAF) avec des équipes françaises et étrangères doivent être développées et élargies.

Intitulé de l'équipe : Ecophysiologie de la Qualité des Fruits EQF

Chef d'équipe : M. Michel GENARD

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet

N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	5
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	2
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2



- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

L'équipe concentre ses travaux sur l'analyse de l'élaboration de la qualité des fruits (principalement pêche et tomate) et de ses déterminants génétiques et environnementaux. En France surtout, mais aussi auprès de quelques équipes étrangères, elle joue un rôle pilote pour la construction de modèles écophysiologiques d'élaboration de la qualité organoleptique des fruits. Ceci se traduit par des co-encadrements de thèses se déroulant dans d'autres laboratoires et débouche sur de nombreuses co-signatures d'articles. Des développements méthodologiques originaux permettent un contrôle précis du contexte physico-chimique appliqué aux fruits pour en évaluer l'impact. Le fruit virtuel est un élément fort de la démarche qui correspond à l'assemblage des connaissances établies dans un modèle intégratif, prolongé par un modèle simplifié à l'échelle de la culture.

L'équipe tire parti de ces modèles de manière originale dans 2 directions. Les modèles détaillés sont utilisés pour décomposer les phénotypes d'élaboration de la qualité des fruits en paramètres héréditaires, ce qui permet de rechercher les déterminants génétiques à l'origine de la variabilité des phénotypes. Les collaborations étroites avec des équipes de génétique permettent d'évaluer la pertinence des relations proposées entre déterminants génétiques, physiologiques et qualité résultante des fruits sur une large gamme de génotypes. Des compétences assez rares sont développées pour identifier l'origine de la variabilité des teneurs en composés liés à la valeur santé tels que la vitamine C. Ces travaux se justifient dans une perspective d'amélioration génétique. Les premiers résultats emblématiques sur l'amélioration de la fermeté chez la tomate prouvent, sur cet autre critère de qualité, que la démarche est réaliste. L'explicitation des effets de l'environnement sur l'élaboration de la teneur en vitamine C et l'intégration des résultats dans les modèles simplifiés fournissent les bases cognitives pour justifier voire optimiser les pratiques culturales. Enfin, une collaboration étroite avec l'équipe EPI a produit des résultats originaux concernant le rôle des microfissures dans l'épiderme de la pêche sur la sensibilité du fruit aux attaques de monilioses. Là encore l'analyse du déterminisme de l'apparition des microfissures doit permettre à terme de proposer des pistes d'amélioration de la tolérance de la culture aux pathogènes. Néanmoins, malgré ces résultats très intéressants, l'utilisation du modèle « fruit virtuel » dans les démarches de conception de systèmes conduites par l'équipe EPI reste d'une manière générale embryonnaire : c'est une voie qui reste à explorer.

La production scientifique est excellente (40 publications dans des revues de premier plan international) même si le nombre de chapitres d'ouvrage reste limité (1 seul). Le nombre de thèses soutenues durant la période (4) est très satisfaisant compte tenu de la taille de l'équipe et de son relatif isolement vis à vis des instances d'enseignement. La qualité des publications s'est considérablement améliorée comparativement au quadriennal précédent avec une 15^{ne} de publications dans des revues à fort impact, et des citations individuelles très nombreuses pour plusieurs articles (8 articles sont déjà cités entre 10 et 24 fois). L'équipe est leader dans la quasi-totalité des travaux publiés en collaboration.

Les relations contractuelles sont bien développées aux plans scientifiques locaux (région PACA et fondation Agropolis) nationaux (ANR, INRA, ministères) et européens (5 projets). Leur diversité est parfaitement en phase avec l'approche pluridisciplinaire. Ainsi, les projets et thèses associent les compétences de l'équipe avec des unités ou des organismes de recherche reconnus en génétique (UR GAFL Avignon), biologie moléculaire (UMR PBV Bordeaux), biochimie (UMR LAE Nancy) et mathématiques appliquées (INRIA et unités MIA à l'INRA). Les liens avec l'interprofession (CTIFL) et les groupes semenciers permettent de développer les travaux appliqués à l'élaboration des méthodes de cultures et à la sélection végétale.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'équipe ou du projet dans son environnement :**

Les sollicitations dans les colloques (4 invitations à l'étranger) mais surtout pour le co-encadrement de thèses témoignent d'une reconnaissance croissante de l'équipe dans le domaine de l'élaboration de la qualité des fruits.

L'équipe a obtenu des financements externes importants pour soutenir ses recherches, en cohérence avec son rôle central dans les réseaux d'animation nationaux sur l'élaboration de la qualité des fruits. Des relations ponctuelles avec certaines équipes étrangères ont été établies dans le cadre de plusieurs projets européens. Mais l'accueil de jeunes chercheurs sur de longues périodes est resté limité (2 séjours d'étrangers dans l'équipe).



- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

La construction d'expérimentations communes, l'élaboration d'un modèle commun pour assembler les connaissances et l'accès à des plates-formes analytiques mutualisées dans l'unité sont des atouts pour l'efficacité globale de l'équipe. Cela explique probablement pourquoi les travaux se sont largement recentrés sur la tomate aux dépens de la pêche. Toutefois les nombreuses collaborations ont permis de conserver une grande diversité de modèles végétaux, permettant de maintenir l'exigence de généricité des résultats, et de tirer parti des compétences de l'équipe sur plusieurs critères de qualité des fruits.

La démarche « fruit virtuel » est très fédératrice et structurante pour l'équipe. Cela a permis d'ouvrir de nouvelles approches au delà de l'analyse de la variabilité génétique, par exemple pour estimer des activités enzymatiques in planta. Malgré les incertitudes liées aux hypothèses de modélisation, cette approche originale, combinée aux analyses morphologiques, métaboliques et transcriptomiques des fruits a permis de hiérarchiser des processus impliqués dans les différentes étapes de l'élaboration de la qualité. Toutefois, les analyses moléculaires, coûteuses sur tous les plans et compétitives, questionnent sur la capacité et la motivation de l'équipe à valoriser les nombreux résultats de ces analyses vers la validation des hypothèses de modélisation, l'identification de nouveaux processus ou de leurs régulateurs.

Les travaux engagés sur la forme des fruits correspondent bien à l'évolution des attentes des consommateurs sur la tomate en particulier. L'approche initiée en collaboration avec des spécialistes en mathématiques appliquées a déjà fourni les bases méthodologiques pour tenter d'identifier les déterminants génétiques de la forme utilisables en sélection.

- **Conclusion :**

La démarche pluridisciplinaire et les acquis méthodologiques de l'équipe EQF apparaissent particulièrement pertinents et efficaces pour analyser les déterminants environnementaux de l'élaboration de la qualité des fruits. La modélisation occupe une place centrale, structurante et attractive, au moins au plan national, place qui mériterait d'être consolidée au plan international. La collaboration étroite avec les généticiens permet d'avancer également sur l'identification des déterminants génétiques pour guider l'amélioration végétale. Les collaborations avec les spécialistes des autres disciplines ont donné lieu à de nombreuses publications de qualité. Les approches moléculaires massives pour identifier les principaux médiateurs des effets environnementaux dans les réseaux métaboliques restent cependant préliminaires et le rôle du stress oxydatif dans le fruit mériterait d'être mieux évalué pour interpréter les effets combinés de la température et du rayonnement. Finalement, malgré des moyens humains limités, l'équipe a largement atteint ses objectifs tout en contribuant au projet d'Unité. Les liens avec AGR, relativement ténus, seront revus dans le cadre du Projet. Les liens avec l'équipe EPI mériteraient d'être renforcés. En particulier, l'utilisation du modèle « fruit virtuel » dans les démarches de conception de système mériterait une analyse approfondie.



Intitulé de l'équipe : Ecophysologie des Plantes Horticoles (fusion des équipes AGR et EOF)

Chef d'équipe : Mme Hélène GAUTIER

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet

Equipe EPH	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	10
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	5
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	4
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4

Le projet de fusion des équipes AGR et EOF dispose d'atouts importants. Il permet a priori :

- * d'homogénéiser/ fédérer les objets d'études auparavant relativement dispersés en termes de processus et plantes étudiées, notamment dans le bilan de l'équipe AGR ;
- * d'intégrer des travaux réalisés à l'échelle du fonctionnement du fruit et de l'élaboration de sa qualité et à l'échelle de la plante entière (son développement architectural, sa plasticité) face à des contraintes biotiques et abiotiques ;
- * de renforcer le continuum de recherches et les connections de cette nouvelle équipe EPH avec l'équipe EPI, cette dernière adressant le complexe plante/fruit/bioagresseur dans le système de culture ;
- * de favoriser un recentrage de l'ensemble de l'unité PSH sur l'étude des interactions auxiliaire-plante-fruit- bioagresseur dans l'environnement de culture.

Cependant le projet scientifique de la nouvelle équipe EPH, et de fait sa faisabilité, reste relativement abstrait. Dans la présentation qui en est faite, ce projet laisse plus transparaître des efforts pour accentuer les interactions avec EPI, voire avec des équipes externes telles que GAFL (génétique et amélioration), plutôt qu'en son sein entre les anciennes équipes EOF et AGR. Par exemple les travaux démarrant sur les plantes de service ne semblent pas forcément les plus pertinents et prioritaires pour la cohérence du projet scientifique d'EPH.

La modélisation, centrale dans le projet décrit, apparaît plus comme une finalité que comme une étape de travail répondant à des objectifs cognitifs ou opérationnels. Le projet de développement du métamodèle PlaNet, très ambitieux, reste vague.



S'il s'agit en principe d'intégrer dans un même système de modélisation structure-fonction, les connaissances et modèles précédemment acquis par l'équipe à l'échelle de la plante ou du fruit, vers la simulation de l'élaboration de la qualité du fruit dans son environnement (microclimat de la plante et bioagresseurs), le projet paraît encore insuffisamment défini à de nombreux niveaux :

- * Quels outils de modélisation existants vont être intégrés dans PlaNet ?
- * Quelles connaissances acquises précédemment vont y être formalisées ; notamment il n'est pas fait mention de la place des travaux sur les racines dans ce contexte ?
- * Quelle articulation entre le développement de PlaNet et l'expérimentation, en particulier concernant l'effet microclimat de la plante sur la qualité du fruit? Quelle place pour la modélisation 3D ? Quelles données sont à acquérir et donc, quels dispositifs expérimentaux sont à mettre à profit pour le développement d'un tel modèle structure-fonction ?
- * Dans quelle mesure les moyens expérimentaux de l'équipe sont un avantage comparatif pour élaborer un tel modèle ?
- * Quelle position de PlaNet par rapport aux plateformes de modélisation existantes ?

Si l'on peut déplorer un relatif manque de définition des objectifs d'application des modèles par l'équipe, il n'en est pas de même pour le modèle 'fruit virtuel' et l'utilisation de ses paramètres pour appuyer le phénotypage des fruits vers des études génétiques et contribuer à l'étude des interactions Génotype x Environnement; ce volet rend très pertinent d'ailleurs le renforcement des collaborations déjà étroites avec GAFL. L'approche analytique, fonctionnelle et intégrative de l'équipe EPH lui permet a priori d'afficher avec pertinence l'objectif d'exploration d'idéotypes variétaux 'plante entière', optimisant la combinaison de caractères optimaux à l'échelle du fruit ou de la plante face à un environnement biotique / abiotique donné. La modélisation jouerait alors clairement son rôle d'intégration de connaissances, d'exploration d'idéotypes, d'appui à la définition de caractères à phénotyper (voire de phénotypage assisté par modèle ponctuellement). Cependant, si la volonté d'une approche intégrative (fonctionnelle et de modélisation) est ambitieuse et originale au regard du système complexe étudié (plante-fruit-bioagresseur-auxiliaire-environnement) celle-ci génère l'acquisition de masses importantes de données et la mise en place d'expérimentations lourdes dont dépend la réussite du projet.

● Conclusion :

La création de l'équipe EPH paraît une bonne opportunité pour les anciennes équipes AGR et EQF d'améliorer la synergie entre chercheurs et assurer une meilleure efficacité. Les compétences pluridisciplinaires et multi-échelles de l'équipe sont un atout fort qui positionne favorablement la nouvelle équipe dans un contexte (inter)national de recherche. La généricité des outils et connaissances qui seront développés par l'équipe sont une opportunité pour leur application à d'autres plantes horticoles et ainsi au développement / renforcement de collaborations, du rayonnement scientifique et de participation à des projets.

Le rôle intégratif de la modélisation dans le Projet devrait néanmoins être précisé dans sa mise en œuvre et ses objectifs d'applications. De plus, si la volonté d'une approche intégrative (fonctionnelle et de modélisation) est ambitieuse et originale au vue du système complexe étudié (plante-fruit-bioagresseur-auxiliaire-environnement), celle-ci génère a priori de gros besoins en données et expérimentations lourdes ce qui peut fragiliser la réussite du projet. Le cahier des charges en termes de modélisation intégrative (notamment le projet PlaNet) devrait être mieux défini dès ce début de quadriennal : bases existantes en interne et en externe ; besoins techniques, expérimentaux et cognitifs générés ; interactions avec d'autres réseaux / plateformes de modélisation (OpenAlea, AMAP, ...); champ d'applications.



Intitulé de l'équipe : Ecologie de la Production intégrée

Chef d'équipe : Mme Françoise LESCOURRET (partie Bilan) et Mme Claire LAVIGNE (partie Projet)

- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet

	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)	7	6
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs (cf. Formulaire 2.2 et 2.4 du dossier de l'unité)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	13	12
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	6	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.7 du dossier de l'unité)	2	5
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	4

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

L'équipe EPI a pour objet de recherches la production légumière et fruitière intégrée. Cette thématique rencontre une forte demande sociétale et nécessite des développements méthodologiques importants. Son objectif est la construction d'une approche agroécologique reposant sur la compréhension et la modélisation fonctionnelle de systèmes de production fruitière intégrée allant jusqu'à la proposition de systèmes de culture innovants. Cette thématique est d'un intérêt majeur pour ces productions et les résultats attendus devraient avoir un fort impact à l'échelle nationale. L'équipe met au point et adopte avec succès des méthodes abordant plusieurs niveaux d'organisation, de l'échelle de la plante ou de l'animal jusqu'au paysage. L'analyse des relations fonctionnelles entre plantes hôtes, ravageurs et auxiliaires et le pilotage de ces relations dans les réseaux trophiques par des actes techniques appropriés constituent le cœur de l'activité de l'équipe et certainement la plus porteuse.

L'équipe développe une approche fortement pluridisciplinaire (biologie, écologie évolutive, agronomie, génétique des populations, modélisation) mobilisant des compétences très larges, articulant les niveaux d'organisation du moléculaire à la parcelle et au paysage. De plus, l'équipe met en œuvre des méthodes très variées : modèles, expérimentation et enquêtes, avec une forte composante méthodologique pour leur articulation. Ces démarches permettent d'extrapoler et de généraliser les résultats obtenus, et de proposer de nouveaux systèmes à l'échelle parcellaire ou de nouveaux agencements spatiaux à l'échelle des bassins de production. Il faut souligner la diversité et l'originalité de l'utilisation de la modélisation incluant des approches analytiques et des travaux de simulation, permettant de décrire les dynamiques épidémiques des bioagresseurs majeurs à l'échelle des organes, des plantes, des cultures ou du paysage, et à celle des individus comme des populations. L'activité de modélisation s'appuie sur les compétences présentes dans l'équipe mais également sur celles présentes dans l'unité et dans d'autres unités avec lesquelles l'équipe entretient des relations étroites.

La prise en compte dans les modèles, les expérimentations et les enquêtes des choix de pratiques et de génotypes en interaction avec l'environnement pour des objectifs multicritères de qualité incluant l'impact sur l'environnement dénote une activité résolument orientée par la conception de systèmes de culture innovants.



Enfin, l'équipe s'appuie sur un réseau large de collaborations locales pérennes, tant au niveau de la recherche, que des professionnels (développement et producteurs), ce qui lui permet de démultiplier ses moyens humains, mais aussi ses dispositifs expérimentaux.

La commission note un excellent niveau de publication, avec une centaine de publications produites dans la période de référence par les chercheurs de l'équipe, dont 80 dans la thématique actuelle de l'équipe. Le ratio du nombre de publications ACL par chercheur et par an est de 2.1 (CR/IE/IR) et 4.2 (CR), ce qui est excellent. On peut noter la très bonne qualité des revues citées, avec comme pour l'ensemble de l'unité, une amélioration notable au cours de la période, couvrant de plus un large spectre disciplinaire comme en témoigne la diversité des champs scientifiques des revues dans lesquelles les productions de l'équipe sont publiées (Molecular ecology, Agricultural Ecosystems and Environment, Landscape Ecology, Plant Pathology).

Dans la période, 6 thèses encadrées par l'équipe EPI ont été soutenues. Elles ont donné lieu à la publication d'au minimum 2 à 3 articles chacune. On peut souligner leur positionnement à l'interface de plusieurs échelles et disciplines, ainsi que leur intérêt direct pour la conception de systèmes de production intégrée. Enfin, 6 invitations à des conférences montrent la reconnaissance de l'équipe sur ces thématiques.

Enfin, l'équipe a recruté deux chargés de recherche et accueilli 3 post-doctorants et 3 visiteurs étrangers pendant la période, ce qui dénote également d'une bonne attractivité.

L'activité d'EPI repose sur une très forte implication dans les programmes nationaux et internationaux. Elle participe ou a participé à 8 programmes ANR, 9 programmes financés par le ministère (dont ECOGER), 5 programmes européens, avec 7 coordinations de tâches, et enfin deux partenariats internationaux (Egide PRAD avec le Maroc ; Mexique dans le cadre du GIS PICLeg). Certains de ces programmes sont en cours, d'autres se continuent à l'initiative de l'équipe à travers d'autres programmes (par exemple la participation au REX Endure a suscité la coordination du programme européen PURE).

Localement, des interactions durables avec des équipes INRA (pathologie végétale d'Avignon, PIAF Clermont, biométrie Avignon, DGAP) permettent d'atteindre grâce aux compétences disciplinaires extérieures à l'équipe l'objectif de transdisciplinarité recherché. Enfin, l'équipe est moteur dans la mise en place de dispositifs de type observatoire permettant le suivi à court, moyen et long terme de la biodiversité nuisible et utile et de son évolution en réponse aux pratiques agronomiques; la labellisation recherchée en zone atelier puis son inclusion dans un dispositif SOERE en collaboration avec le CNRS permettrait, d'une part, d'assurer la pérennisation du dispositif d'acquisition de données à moyen et long terme et, d'autre part, la mutualisation des moyens associés. Ce dispositif est complémentaire d'une approche thématique plus ciblée sur les effets des pratiques reposant sur un réseau large de producteurs (groupements de producteurs) dont le suivi est réalisé dans le cadre d'un partenariat étroit avec le CTIFL. Cette forte interaction avec le développement et les producteurs est facilitée par l'implication importante de l'unité dans le pôle de Production Horticole Intégrée.

Enfin, on note un lien durable avec les entreprises par l'intermédiaire de prestations de service ou développements méthodologiques (projet ANR RIB).

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'équipe ou du projet :**

Le fonctionnement de l'équipe repose sur la mobilisation et l'animation d'un continuum de disciplines, en particulier sur les compétences reconnues des individus. Les interactions autour de projets aboutissent à une construction cohérente où chacun trouve sa place. L'organisation d'une animation régulière avec une association forte de l'équipe technique aux programmes de recherche conduit à une bonne dynamique de groupe, bien équilibrée entre sous thèmes. On peut simplement souligner les risques possibles de fragilisation de l'équipe au départ d'agents non remplacés, le comité considère justifiées les demandes de renouvellements.

La distinction en trois sous-thématiques permet de couvrir de manière cohérente et coordonnée les connaissances et méthodes nécessaires à une démarche agroécologique orientée par la conception de systèmes de production intégrés innovants. On peut souligner que l'existence de projets transversaux entre équipes (EPI et EQF) permet la conception et l'utilisation conjointe de modèles et d'expertises complémentaires (en particulier pour l'analyse multicritères en PHI). La bonne collaboration dans l'équipe et entre équipes permet une mutualisation efficace dans l'élaboration et l'utilisation des dispositifs et modèles et évite l'écueil d'une dispersion disciplinaire trop grande qui pourrait être également le fait d'une participation à un très grand nombre de projets.



- **Appréciation sur le projet :**

Le projet d'équipe est très ambitieux et novateur par le continuum de disciplines et de niveaux d'organisation abordés. Il repose à la fois sur un fort ancrage expérimental et sur la modélisation, et met en avant la finalité appliquée originale de conception de systèmes de production innovants. Il se démarque sur ce dernier point du bilan dont le focus était plus sur l'évaluation des systèmes via l'utilisation d'indicateurs.

Le projet valorise les acquis expérimentaux et les modèles issus de la période précédente mais les recentre en proposant :

- une formalisation plus forte des régulations biologiques via la plante ou l'environnement biotique à une échelle spatiale large ; ainsi l'objectif est bien d'aller jusqu'à une modélisation complète dans 3 cas d'étude des interactions bottom up et top down.

- la construction d'une méthodologie innovante de création de systèmes de production intégrée, projet qui a été confiée à un CR récemment recruté

- enfin, une démarche active de pérennisation d'observatoires cogérés avec le CNRS permettant de fiabiliser et stabiliser les observations à moyens et long terme, ainsi que la maintenance et l'évolution de l'instrumentation associée. Cette démarche repose très largement sur des acquis conséquents de modèles et expérimentations publiées aux différentes échelles. La faisabilité du projet ne fait pas de doute quant à la partie intégration via la modélisation. Le comité se questionne néanmoins sur la suffisance des dispositifs existants pour l'acquisition des données intégrant l'impact des pratiques.

L'originalité du Projet réside principalement dans le fait de combiner à chaque échelle expérimentation (gammes de géotypes et pratiques réalistes) et modélisation (extrapolation et utilisation en conception et évaluation après simplification des algorithmes utilisés) en lien très étroit. L'expertise en modélisation écophysologique permet une voie de couplage originale par l'analyse de la régulation bottom up (relations trophiques et mécanismes de défense induits) des populations de bioagresseurs, complétée par l'étude de l'écologie des bioagresseurs et de leurs ennemis naturels (régulation top down via des réseaux trophiques multiples). L'équipe a pour ambition d'aborder la modélisation intégrée d'un spectre de bioagresseurs pour certains modèles biologiques.

Ces travaux s'appuieront sur des représentations de la plante, du couvert ou du paysage suffisantes et nécessaires pour rendre compte des interactions entre, d'une part, les dynamiques des populations d'agresseurs et, d'autre part, la production de fruits de qualité, avec une précision compatible avec les normes socio-économiques. On peut souligner que cela repose sur une expérience de longue date des chercheurs impliqués en modélisation et des forts liens avec l'équipe EPH dans cette démarche. Le lien entre les différents modèles réalisés dans l'unité et les aspects liés à la conception de systèmes de production intégrée innovants reste peu formalisé et devrait être précisé.

On peut noter l'originalité et la diversité des approches de modélisation et expérimentale, reposant sur une forte et ancienne expertise à la fois en agronomie et en santé des plantes. Le projet repose sur des opportunités de modélisation globale en lien étroit avec EPH (QualiTree, PlaNet) avec des sorties en termes de qualité et d'impacts environnementaux. L'approche de modélisation reste pragmatique prenant en compte le niveau de complexité nécessaire et suffisant pour permettre des retombées en termes de préconisations de systèmes de production innovants. Le recentrage sur quelques projets d'envergure où l'équipe est coordinatrice, en particulier à l'échelle européenne (PURE) est un atout important. Enfin, la pérennisation de dispositifs expérimentaux partagés (SOERE et partenariat CTIFL) est recherchée et considérée par l'équipe comme indispensable à l'acquisition de données biologiques et de pratiques spatialisées sur le moyen et long terme.

Le choix des objets de recherche est opéré en vue d'une extrapolation et généralisation facilitée à partir de cas types pour répondre à la grande diversité des cultures et systèmes en horticulture ; le risque de dispersion hors du cœur de métier reste important, comme on peut le voir dans le cas de l'internalisation de la recherche de plantes de service répulsives ou attractives pour les bioagresseurs ou auxiliaires ou le développement de recherches en intelligence artificielle qui pourraient se trouver trop déconnectées de la problématique centrale de l'équipe. La capacité à acquérir des données permettant d'évaluer les effets des systèmes de culture sur les réseaux trophiques reste un point clé et dépend fortement du maintien voire du renforcement des compétences en entomologie et en agronomie.



Le comité souligne l'importance pour cette équipe de rester centrée sur son cœur de recherche : écologie, agroécologie et modélisation, en faisant appel aux collaborations pour les aspects prospectifs (plantes de service, par exemple). Son activité d'interface pluridisciplinaire repose sur de nombreux partenariats, dont il convient de s'assurer de la pérennité pour la réussite du projet. Enfin, cette réussite repose également sur le maintien dans l'équipe de compétences en biologie par les demandes de postes techniques et scientifiques ad hoc. Un effort de formalisation reste à faire pour mieux intégrer les acquis en modélisation dans l'unité (à différents niveaux d'organisation) dans les démarches de conception de systèmes de culture.

- **Conclusion :**

Cette équipe jeune (2006) fait preuve d'un réel dynamisme scientifique. La co-construction collective de son programme depuis 2005 aboutit à une bonne valorisation individuelle et collective des compétences, bien reconnue sur la scène internationale par des publications de rang A dans les domaines des impacts, de l'épidémiologie et de l'écologie des bio agresseurs, et de la modélisation mécaniste.

Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
Unité de recherche Plantes et Systèmes de Culture Horticoles (PSH)	A+	A	A	A	A
Ecophysiologie de la Qualité des Fruits EQF	A+	A	Non notée	Non notée	A+
Architecture et Gestion des ressources AGR	A	B	Non notée	Non notée	A
Ecophysiologie des plantes horticoles	Non notée	Non notée	Non notée	A	Non notée
Ecologie de la Production Intégrée	A+	A+	Non notée	A	A+

C1 Qualité scientifique et production

C2 Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 Gouvernance et vie du laboratoire

C4 Stratégie et projet scientifique



Statistiques de notes globales par domaines scientifiques (État au 06/05/2011)

Sciences du Vivant et Environnement

Note globale	SVE1_LS1_LS2	SVE1_LS3	SVE1_LS4	SVE1_LS5	SVE1_LS6	SVE1_LS7	SVE2_LS3 *	SVE2_LS8 *	SVE2_LS9 *	Total
A+	7	3	1	4	7	6		2		30
A	27	1	13	20	21	26	2	12	23	145
B	6	1	6	2	8	23	3	3	6	58
C	1					4				5
Non noté	1									1
Total	42	5	20	26	36	59	5	17	29	239
A+	16,7%	60,0%	5,0%	15,4%	19,4%	10,2%		11,8%		12,6%
A	64,3%	20,0%	65,0%	76,9%	58,3%	44,1%	40,0%	70,6%	79,3%	60,7%
B	14,3%	20,0%	30,0%	7,7%	22,2%	39,0%	60,0%	17,6%	20,7%	24,3%
C	2,4%					6,8%				2,1%
Non noté	2,4%									0,4%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

* les résultats SVE2 ne sont pas définitifs au 06/05/2011.

Intitulés des domaines scientifiques

Sciences du Vivant et Environnement

- SVE1 Biologie, santé
 - SVE1_LS1 Biologie moléculaire, Biologie structurale, Biochimie
 - SVE1_LS2 Génétique, Génomique, Bioinformatique, Biologie des systèmes
 - SVE1_LS3 Biologie cellulaire, Biologie du développement animal
 - SVE1_LS4 Physiologie, Physiopathologie, Endocrinologie
 - SVE1_LS5 Neurosciences
 - SVE1_LS6 Immunologie, Infectiologie
 - SVE1_LS7 Recherche clinique, Santé publique
- SVE2 Ecologie, environnement
 - SVE2_LS8 Evolution, Ecologie, Biologie de l'environnement
 - SVE2_LS9 Sciences et technologies du vivant, Biotechnologie
 - SVE2_LS3 Biologie cellulaire, Biologie du développement végétal



**UR 1115 - Plantes et Systèmes de cultures Horticoles
AVIGNON**

Avignon, le 12 mai 2011

Réponse de l'UR 1115 PSH, au rapport du comité d'experts AERES

L'unité PSH remercie le comité d'experts pour son rapport, dont elle apprécie la qualité et la pertinence. Nous avons bien noté l'appréciation positive de nos activités, notamment en ce qui concerne notre capacité à mener des recherches pluridisciplinaires le long d'un gradient allant de l'écophysiologie à l'agroécologie et conduites à des niveaux organisations variés, notre maîtrise de la modélisation et notre rôle dans le domaine horticole.

Dans cette réponse, nous avons souhaité aborder les principaux points soulevés par le comité concernant les deux équipes du projet (en lien avec l'expérimentation et les dispositifs), les synergies entre équipes, le positionnement vis-à-vis de la génétique et des approches moléculaires, la modélisation et le partenariat.

La nouvelle équipe EPH

Le projet de cette nouvelle équipe d'écophysiologie regroupant des spécialistes de la plante et du fruit est apparu trop abstrait et trop tourné vers des collaborations externes à l'équipe. Nous n'avons pas d'inquiétude à ce sujet car il est clair pour nous que cette nouvelle équipe doit d'abord se construire en interne avec de fortes interactions entre chercheurs « Fruits » et « Plantes » dans des projets très intégratifs, à l'image des projets européens Irriquat et Frim menés depuis plusieurs années. Par contre, nous serons vigilants à ce que cette équipe relève des défis nouveaux pour les écophysiologistes de PSH, relatifs notamment à l'étude des interactions plantes-bioagresseurs. Ceci demandera d'affiner notre projet et d'être actifs dans la recherche des moyens contractuels nécessaires à sa réalisation. Cela demandera également de bien impliquer les ITAs dans la programmation de nos opérations de recherche. La commission s'interroge sur notre capacité à mettre en place des expérimentations lourdes générant l'acquisition de masses importantes de données nécessaires à l'activité de modélisation. Le risque existe effectivement, mais sera limité par l'ouverture programmée d'un poste de technicien en 2011 qui va renforcer la nouvelle équipe d'appui DAP en charge des dispositifs expérimentaux et par la rénovation de ces derniers (disponibilité de nouvelles serres plus performantes en 2013). Par ailleurs, nous ne pensons pas que la modélisation, même si elle intègre de nombreux processus, nécessite forcément un investissement expérimental d'une dimension nouvelle. Depuis toujours, nous associons dans nos modèles non seulement nos propres données, mais aussi des données de la littérature ainsi que des données acquises par nos partenaires.

La commission questionne l'initiation de travaux sur les plantes de service. Cette thématique nous semble importante à explorer car elle répond à une demande de recherche de solutions de diminution de la pression phytosanitaire en horticulture (ce qui est une de nos missions) et entre pleinement dans le cadre de l'étude des interactions plantes-bioagresseurs que nous voulons promouvoir. Alors que cette thématique est largement étudiée par les agroécologues d'autres unités, elle est peu explorée par les écophysiologistes des plantes horticoles et il y a ici un champ de recherche pertinent et innovant à développer en collaboration et complémentarité avec les agroécologues.

L'équipe EPI

La commission soulève un risque de dispersion hors du cœur de métier en mentionnant deux points : les plantes de service et la recherche en intelligence artificielle. Sur le premier point, notre présentation a probablement été mal comprise car nous n'avons pas de thème de recherche initié sur les plantes de service dans l'équipe EPI, d'autres unités d'agroécologie traitant cet aspect. Nous apportons simplement un appui à l'équipe EPH concernant la manipulation et le comportement des insectes. Concernant le deuxième point, nous ne développons pas de recherche fondamentale en intelligence artificielle mais nous adaptons plutôt des approches proposées par des chercheurs de ce domaine ; ceci passe par une veille technologique de méthodes pertinentes. Nous appliquons ces approches à la conception assistée par modèles de systèmes de culture innovants et à la recherche d'idéotypes variétaux, thématiques essentielles de l'unité. Les modèles biotechniques utilisés dans ces approches de conception sont développés en collaboration avec l'équipe EPH.

Nous pensons comme la commission que notre capacité à acquérir des données est essentielle pour évaluer l'effet des systèmes de culture sur les réseaux trophiques. Contrairement à ce qui est suggéré dans le rapport, nous ne pensons pas que les dispositifs existants soient limitants mais nous sommes effectivement soucieux de leur pérennisation et de notre capacité à en suivre les évolutions (évolutions notamment des pratiques et des paysages). Cela dépendra en partie du renforcement des compétences en agronomie et surtout en entomologie (suite aux départs de B. Sauphanor et R. Rieux).

Synergie entre équipes : de l'analyse du fonctionnement à la conception de systèmes de culture

La commission met l'accent sur la nécessité d'augmenter la synergie entre équipes. Il nous semble que celle-ci est déjà importante, notamment dans le cadre de projets transversaux à l'unité où les questions scientifiques ont été co-construites, par exemple sur plante-bioagresseur (puceron, moniliose)-qualité du fruit et autour de la construction du modèle Qualitree porté par EPI, mais qui intègre de nombreux modèles réalisés dans l'équipe EQF sur le fonctionnement du fruit. Par ailleurs, nous pensons que certaines questions scientifiques peuvent être spécifiques à chaque équipe (paysage et dynamique des ravageurs, division cellulaire et qualité,...) dans la mesure où leur assemblage est cohérent et permet de répondre à de grandes questions relatives à l'horticulture. Nous resterons néanmoins vigilants au renforcement de la synergie entre équipes ce qui devrait être facilité par la prise en compte des stress biotiques dans l'équipe EPH.

Comme le mentionne la commission, l'intégration des connaissances produites est un élément clef de synergie. La démarche de modélisation est particulièrement prometteuse pour cette intégration, et un effort sera fait dans cette direction, notamment via le recrutement prévu d'un CR modélisateur sur les réseaux trophiques. Mais la modélisation n'est pas la seule voie d'intégration. La conception de systèmes écologiques peut aussi profiter de l'ensemble des

connaissances produites dans l'unité, à divers niveaux d'organisation, dans une démarche de type prototypage.

La commission mentionne que les modèles de EPH et de EPI sur les réseaux trophiques ne sont pas pris en compte dans les recherches sur la conception de systèmes de production intégrés. Nous voulons rassurer la commission car les modèles utilisés dans cette recherche sont largement basés sur ceux développés dans EPH pour la partie plante et fruit et sur ceux développés dans EPI sur les réseaux trophiques. La commission mentionne également que le lien entre modèles (écophysiologiques ou biotechniques) et conception de systèmes de production intégrée innovants reste peu formalisé. Ces liens existent mais ont sans doute été trop rapidement présentés. C'est ici en effet qu'intervient un jeune chercheur de l'équipe EPI spécialisé dans les méthodes d'optimisation, notamment multi-critère. C'est grâce à ces méthodes complexes que nous faisons le lien entre les modèles, que l'on utilise comme des simulateurs du fonctionnement de la culture (modèle Qualitree) et des ravageurs, et des systèmes de production. C'est un domaine dont le développement est particulièrement important et qui fédère des chercheurs des deux équipes et des généticiens (projet PRIMO).

Positionnement vis-à-vis de la génétique et des approches moléculaires

Nous avons des collaborations étroites avec les généticiens depuis la création de l'unité et il nous semble que nous devons les maintenir, dans un contexte où la compréhension des interactions génotypes x environnement x conduite devient crucial, notamment dans l'objectif de concevoir des idéotypes de plantes ayant des produits de qualité et peu sensibles aux bioagresseurs.

En ce qui concerne les approches moléculaires, nous ne les menons pas directement nous même, mais par l'intermédiaire de collaborations avec des collègues des départements de génétique et de biologie végétale. Dans ces collaborations nous apportons nos compétences d'écophysiologistes et recevons en retour des informations génétiques et moléculaires sur le fonctionnement des systèmes que nous étudions et cherchons à modéliser en tenant compte des différentes échelles observées.

Modélisation

La commission reconnaît l'intérêt et la nécessité de modèles comme outils pour intégrer résultats et connaissances et pour fédérer des démarches. Nous croyons aussi beaucoup en cette idée, et nous pensons avoir démontré notre capacité à développer de tels modèles (cette capacité est d'ailleurs également reconnue par la commission). La commission nous conseille d'avoir une stratégie globale de modélisation pour l'unité. La commission nous recommande notamment d'être attentifs au fonctionnement et à la gouvernance de l'équipe IMP. C'est un point essentiel, car cette équipe a un rôle important dans le développement de nos modèles. En matière de stratégie, nous allons mener une réflexion pour mieux nous positionner par rapport ou dans les plateformes de modélisation existantes telles Record ou OpenAlea et pour mieux afficher nos spécificités. La commission s'est interrogée sur les outils de modélisation existants qui allaient être intégrés dans PlaNet et nous a demandé si les connaissances acquises précédemment y seraient formalisées (en particulier les racines). Le projet ne cherche pas à refaire ni à raffiner à l'excès ce qui a déjà été validé, si bien que les acquis précédents sur les ressources C seules ou C et N couplées sont intégrables. Les travaux passés sur les racines, seront présents dans PlaNet avec l'ambition clairement affichée d'un couplage aérien-racinaire, intégrant l'acquisition d'azote ou le transport des ressources et des signaux. La commission nous interroge sur l'articulation du projet PlaNet avec l'expérimentation, en particulier concernant l'effet microclimat de la plante sur la qualité du fruit. Nous n'avons pas

vocation à travailler sur la modélisation du microclimat et cet aspect lorsqu'il est nécessaire est soit basé sur l'utilisation de modèles existants (issus de la littérature) ou étudié en collaboration avec des équipes plus spécialisées. Par contre, pour d'autres aspects, l'unité PSH a fortement investi sur le développement d'outils expérimentaux novateurs qui nous donnent un avantage sur d'autres laboratoires, pour la collecte de données originales qui ont vocation à permettre la validation des modèles. Citons par exemple la plateforme nutritionnelle Totomatix, associée à des systèmes de culture en milieu contrôlé (chambres de culture, serre) ou en extérieur (hydroverger), qui permet le suivi du développement architectural sous contrainte hydrique ou nutritionnelle continue et maîtrisée. Il s'agit d'un dispositif unique en France, et générateur de données reliant les petites et grandes échelles de temps, jamais obtenues jusqu'à présent chez des cultures pérennes. Ceci est idéal pour valider les hypothèses retenues dans les modèles de type « structure-fonction ». Enfin la commission s'est interrogée sur la position de PlaNet par rapport aux plateformes de modélisation existantes. Nous pensons que PlaNet a pour vocation de faire partie des composants qui s'intégreront, après validation, dans des boîtes à outils de modélisation partagée comme « OpenAlea » (en cours), « Record », voire « Sol Virtuel » pour ce qui concerne des simulations racinaires. Cette perspective est d'ailleurs incluse dans un projet actuellement soumis à l'ANR (projet CoPlanTing, Approche collaborative de la modélisation des plantes, coord. M. CHELLE).

Partenariat

La commission pose la question de l'impact réel du partenariat socio-économique sur le fonctionnement de l'unité, et sur la stratégie de mise en œuvre de ce partenariat. La distinction faite dans le rapport de la commission entre des liens noués avec les pouvoirs publics et un partenariat construit avec les instituts techniques et les stations régionales d'expérimentations nous semble pertinente, même si les acteurs privés sont aussi une composante de ce partenariat socio-économique. Cette distinction peut se décliner d'une autre manière pour séparer ce qui relève de l'expertise de ce qui relève de la production de connaissances. Les scientifiques des trois équipes de l'unité concourent à l'élaboration de documents d'expertise d'échelle nationale demandés par les tutelles (Ecophyto, Vega, etc...). Mais la forte identification de l'unité aux productions horticoles méditerranéennes conduit également les scientifiques, notamment ceux de l'équipe EPI, à participer aux diverses instances d'animation des filières maraîchères et horticoles. Nos participations sont constituées pour partie de sièges dans des assemblées à vocation règlementaire (CTPS) ou de sièges dans des conseils scientifiques ou des groupes d'animation. Cette expertise fonde pour partie la reconnaissance de PSH et au-delà de l'INRA dans le paysage agronomique national, en même temps qu'elle contribue au lien entre PSH et les acteurs du développement horticole. Le partenariat scientifique avec les instituts techniques et les stations régionales (CTIFL, GRAB, SERFEL, APREL, SERAIL, chambres d'agriculture etc...) mais aussi avec les acteurs privés (phytoprotection, semenciers, metteurs en marché, producteurs) résulte quant à lui de notre positionnement scientifique. La démarche de conception et d'évaluation de systèmes de culture nous semble devoir reposer sur un partenariat fort avec l'ensemble des acteurs qui ont une influence sur les décisions techniques dans les systèmes de production. De plus PSH ne dispose pas des moyens, notamment expérimentaux, pour construire et évaluer des systèmes de cultures dans la variété (climatique, édaphique, technique...) des contextes de production. Nos collaborations étroites avec les UE de Gotheron (pour l'arboriculture) et d'Alenya (pour le maraîchage) permettent de co-construire certaines expérimentations mais ne couvrent pas toutes les situations souhaitées. Le partenariat technique peut sembler nombreux, mais il nous semble important de souligner trois points : (i) notre partenariat regroupe les acteurs majeurs des filières sur lesquelles nous travaillons ; (ii) nous ne travaillons pas simultanément avec

l'ensemble de ces acteurs, les collaborations se nouant plutôt en fonction des opportunités scientifiques ; (iii) le travail partenarial est mené pour l'essentiel dans le cadre de projets structurant la vie scientifique de l'unité (projets ANR, européens, etc...).

La commission s'interroge également sur notre stratégie scientifique géo-partenariale. Pour chacun des domaines de recherche de l'unité, nous privilégions les laboratoires de recherche scientifiquement reconnus quelle que soit leur origine.

Michel Génard



Directeur de l'unité PSH