



HAL
open science

LEPSE - Laboratoire d'écophysiologie des plantes sous stress environnementaux

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LEPSE - Laboratoire d'écophysiologie des plantes sous stress environnementaux. 2014, Montpellier SupAgro, Institut national de la recherche agronomique - INRA. hceres-02033321

HAL Id: hceres-02033321

<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033321v1>

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

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire d'Écophysiologie des Plantes sous Stress

Environnementaux

LEPSE

sous tutelle des

établissements et organismes :

Centre International d'Études Supérieures en Sciences

Agronomiques - Montpellier SupAgro

Institut National de la Recherche Agronomique - INRA





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

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3
novembre 2006¹,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section
des unités de recherche

Au nom du comité d'experts,

- M. Dominique ROLIN, président du
comité

¹ Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).



Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.

Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité :	Laboratoire d'Écophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux
Acronyme de l'unité :	LEPSE
Label demandé :	UMR
N° actuel :	759
Nom du directeur (2013-2014) :	M. Bertrand MULLER
Nom du porteur de projet (2015-2019) :	M. Bertrand MULLER

Membres du comité d'experts

Président :	M. Dominique ROLIN, Université de Bordeaux (représentant des CSS INRA)
Experts :	M. Alain BOUCHEREAU, Université de Rennes (représentant de la CNECA) M. Jean-Paul FEVRE, Société Plant Advanced Technologies M. Pierre MARTRE, INRA Clermont-Ferrand M ^{me} Frédérique PELSAY, INRA Colmar

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Christophe ROBIN

Représentants des établissements et organismes tutelles de l'unité :

- M. Bruno BLONDIN, Montpellier SupAgro
- M. Michel LEBRUN (représentant de l'École Doctorale n° 477)
- M. Guy RICHARD, INRA, Département Environnement et Agronomie
- M. Peter ROGOWSKY, INRA, Département Biologie et Amélioration des Plantes



1 • Introduction

Historique et localisation géographique de l'unité

Le LEPSE a été créé en 1993 pour produire des connaissances et des méthodologies pouvant contribuer à l'amélioration de la productivité des plantes cultivées sous contraintes environnementales. Ce laboratoire est une Unité Mixte de Recherche (INRA-SUPAGRO Montpellier) implantée à Montpellier, sur le campus de Montpellier SupAgro. L'unité dépend du Département Environnement et Agronomie de l'INRA.

L'analyse de la gestion de l'eau par la plante et de ses réactions face au déficit hydrique constitue la thématique fondatrice du LEPSE (1993-1998). La recherche des mécanismes déterminant la tolérance des plantes au déficit hydrique et aux stress associés, à travers l'étude de leur variabilité génétique s'appuie sur des plateformes de phénotypage originales et performantes avec une approche quantitative et multidisciplinaire. La mise au point et/ou l'amélioration d'outils de modélisation nécessaires à la dissection des mécanismes et à l'intégration fonctionnelle au niveau de la plante confère au LEPSE un statut de référence dans le domaine de l'écophysiologie végétale. Depuis 1998, l'unité a orienté ses recherches sur l'analyse de la variabilité génétique de la réponse des plantes aux contraintes environnementales, en particulier au déficit hydrique (édaphique et atmosphérique). Cette évolution a permis d'explorer les interactions environnement x génétique dans une perspective d'amélioration des plantes. Aujourd'hui, le LEPSE réunit des écophysiologistes engagés dans une recherche que l'on qualifie de biologie prédictive. Le projet de l'unité porte sur l'analyse et la modélisation des processus impliqués dans le contrôle de la croissance et de la transpiration des plantes soumises à des conditions climatiques fluctuantes et sub-optimales (déficit hydrique, températures élevées) en tenant compte des interactions entre le génotype des plantes et leur environnement. Les objectifs de ces recherches sont l'identification des leviers génétiques et physiologiques utilisés dans la sélection anthropique ou naturelle, la prédiction de la performance d'idéotypes dans des *scenarii* climatiques divers et in fine, des outils d'aide à la création de variétés plus adaptées aux nouveaux contextes agro-climatiques ou à l'optimisation des pratiques culturales.

Équipe de direction

M. Bertrand MULLER, Directeur

Nomenclature AERES

Domaine principal : SVE2_LS9 Biotechnologies, sciences environnementales, biologie synthétique, agronomie

Domaine secondaire : SVE1_LS2 Génétique, génomique, bioinformatique



Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	2
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	11	12
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	13	13
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	2	6
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	8	8
TOTAL N1 à N6	36	41

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	8	
Thèses soutenues	12	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	5	
Nombre d'HDR soutenue	2	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	5

2 • Appréciation sur l'unité

Avis global sur l'unité

Le comité d'experts a été fortement impressionné par la qualité et l'originalité des résultats acquis durant ce contrat par cette unité de taille modeste (13 scientifiques). L'unité a construit un projet ambitieux qui repose sur sa capacité à phénotyper un nombre élevé de génotypes afin de caractériser les interactions génotype x environnement (GxE). L'approche multidisciplinaire réalisée est unique en ce sens qu'elle relie par une démarche d'intégration à différentes échelles, la génétique, la physiologie moléculaire des plantes et les critères agronomiques. Un effort collectif et soutenu du personnel technique et scientifique a permis de développer l'ensemble des techniques, protocoles et savoir-faire nécessaires à l'exploitation des 3 plateformes de phénotypage à haut débit, PHENOPSIS, PHENODYN, PHENOARCH, et devenir leader dans ce domaine. Aujourd'hui, ces outils et savoir-faire sont mis à disposition d'une large communauté de laboratoires publics et privés.



La force du LEPSE est d'afficher des questions scientifiques claires, financées par de très nombreux contrats, en adéquation avec les ressources humaines et matérielles. Le LEPSE contribue à l'identification de caractères héréditaires à différentes échelles de la plante et à l'analyse de leur rôle dans l'adaptation des génotypes aux conditions climatiques sub-optimales, en particulier pour le déficit hydrique. Les travaux de recherche du LEPSE font référence dans le domaine. Ils sont très rapidement cités (H index à 5 ans des articles à comité de lecture (ACL) est de 24). Les résultats majeurs sont nombreux et robustes et génèrent des concepts génériques applicables à une large gamme de plantes de grandes cultures, ce qui explique l'intérêt porté par les industriels du domaine, les semenciers. Pour exemple, les résultats montrent, sur des espèces et cultivars très différents, que le circuit hydraulique de la plante (conductance hydraulique racinaire, stomatique, aérodynamique ...) joue le rôle central dans le contrôle de la croissance, et que l'apport de substrats carbonés dans les tissus puits a souvent un rôle secondaire lors d'une sécheresse alors qu'une carence carbonée est observée lors de contraintes haute température. On notera aussi que le formalisme et les modèles de croissance et de développement développés par le LEPSE sont le plus souvent transposables d'une espèce à l'autre, ouvrant la porte à une écophysiologie comparée inter-espèces. Les résultats soulignent aussi l'importance d'avoir une analyse intégrée à l'échelle de la plante pour décrypter les processus adaptatifs chez les plantes. Au bilan, les activités de recherche du LEPSE font avancer des fronts de science majeurs dans la discipline.

Le comité d'experts estime que cette unité se classe au niveau international dans les 5 % des meilleures unités dans le domaine de l'écophysiologie des plantes.

Points forts et possibilités liées au contexte

C'est une unité reconnue et appréciée pour son expertise technique (conduite automatisée de serre, techniques automatisées de phénotypage, système d'information, etc.) et compétence scientifique (intégration de grands jeux de données, modélisation, etc.) dans le domaine de l'écophysiologie. Elle a une capacité à fédérer le personnel technique et scientifique autour des questions scientifiques bien identifiées.

C'est une unité qui mène depuis 1993 une recherche cohérente, bien structurée et qui évolue au fil des contrats dans une logique d'excellence scientifique et d'innovation. Elle a su prendre le tournant de la biologie à haut débit (plateforme de phénotypage) et enrichir la biologie prédictive avec des modèles de plus en plus robustes et génériques.

Cette unité a une production scientifique et un rayonnement scientifique exceptionnels au regard de sa taille (comme vu à travers des indicateurs tels que H- index, nombre et qualité de publications, invitations à des conférences). Les chercheurs ont acquis une culture multidisciplinaire grâce aux collaborations étroites avec les spécialistes des domaines complémentaires, une capacité à intégrer de grands jeux de données dans des modèles.

Son implication dans la formation des masters et doctorants est également exemplaire. La production des doctorants représente plus de 50 % des publications de l'unité. Le taux d'embauche dans l'industrie ou les laboratoires de recherche est de 100 % pour les post-doctorants.

Elle a mis en place un réseau de collaborations nationales et internationales exceptionnel et intelligent qui lui permet de valoriser ses domaines de compétence. Cette unité apparaît comme un leader international. Elle s'implique activement dans la structuration de l'écophysiologie à l'échelle nationale et internationale (contribution au réseau de phénotypage français et européen).

Cette unité a une capacité exceptionnelle à financer sa recherche tant avec des contrats publics nationaux et européens que privés. Le partenariat avec les industriels est solide, varié et durable. Il convient d'ajouter que c'est la résultante d'une collaboration qui prend assise sur des questions scientifiques majeures avec les acteurs-clés de l'amélioration végétale (semenciers principalement), et qui s'inscrit dans la durée.

Points faibles et risques liés au contexte

Les plateformes de phénotypage sont des outils puissants et une source d'innovation, mais elles apparaissent aussi comme une source de contraintes pour le personnel technique. En aval des expérimentations sur les plateformes, les moyens de gérer les très grands jeux d'échantillons n'ont pas été suffisamment réfléchis, ce qui occasionne des dysfonctionnements pour les scientifiques et les doctorants. Ces indicateurs montrent qu'il est urgent de revoir l'organisation, afin d'optimiser l'organisation spatio-temporelle des plateaux techniques au sein de l'unité. Cette question peut être abordée par la mise en place, en cours, d'une démarche « management par la qualité » selon la norme ISO9001. Mais il convient de bien préparer les différents acteurs à cette démarche et trouver le juste équilibre entre acte de formalisation et efficacité de fonctionnement.



Le comité d'experts pense que la structure du LEPSE peut être maintenue en 3 équipes à condition de renforcer la politique de mutualisation et de communication entre les équipes. Sur ce point, la mise en place de la démarche management par la qualité facilitera une organisation fonctionnelle.

L'augmentation des activités de recherche concomitante avec l'augmentation des contrats de recherche a entraîné une augmentation du nombre de CDD dans l'unité. Cependant, après discussion avec le personnel, il apparaît clairement que des efforts d'optimisation de la gestion des CDD sont à mettre en place, en favorisant une planification financière plus intégrée des contrats pour la gestion des CDD (augmentation de la durée de contractualisation des CDD).

Si à l'échelle nationale et internationale les interactions sont actives et productives, l'analyse des collaborations du LEPSE montre que les collaborations à l'échelle locale doivent être renforcées, en particulier au sein de l'Institut de Biologie Intégrative des Plantes (IBIP) avec l'unité voisine BPMP. La mise en place récente d'un conseil scientifique commun aux 2 unités va dans ce sens. Les relations avec l'unité AGAP (en dehors des collaborations déjà bien en place avec l'équipe Virtual Plants) devraient également être renforcées, ainsi qu'avec l'unité Expérimentale DIASCOPE. Le renforcement des relations avec cette dernière unité semble particulièrement stratégique dans l'optique de valider, au champ, les résultats obtenus en conditions contrôlées.

Le projet d'unité s'inscrit à la fois dans la continuité avec les études d'écophysiologie comparée avec de nombreuses espèces de grandes cultures en prenant éventuellement en compte la réponse au CO₂. Si le couplage CO₂-H₂O est considéré comme une nouvelle cible, le comité d'experts alerte sur le fait que vouloir aborder la question du couplage CO₂-H₂O sans l'élément azote (N) serait dommageable à long terme. Par ailleurs dans le contexte de l'amélioration des plantes on peut se poser la question de la pertinence de ce facteur climatique, dont l'évolution est continue. De plus, l'intérêt des partenaires semenciers, qui n'ont généralement pas de stratégie à ces périodes de temps, pose question.

Recommandations

Le comité d'experts encourage la direction du LEPSE à évaluer les besoins en compétences dans le domaine de l'analyse d'images et la modélisation et construire des alliances locales pour renforcer ces compétences. En effet, il va falloir garder une capacité d'innovation dans le phénotypage en serre et porter ce savoir-faire au champ.

Le comité d'experts a pris connaissance de la volonté des membres du Groupe Virtual Plants de s'associer au LEPSE afin de relever les grands défis posés par l'analyse de l'effet de l'environnement sur le développement des plantes et l'interaction GxE et par la prédiction des phénotypes. Le comité est conscient qu'un tel rapprochement permettrait de franchir une nouvelle étape dans l'intégration des mathématiques et de l'informatique dans le domaine de la biologie prédictive appliquée à l'écophysiologie. Le comité reconnaît les efforts fournis durant le dernier contrat pour partager des objectifs communs, et développer des savoirs et des compétences complémentaires. Le comité encourage la direction du LEPSE et du Groupe Virtual Plants à persévérer et amplifier cette interaction à forte valeur ajoutée. Le comité est unanime pour recommander aux tutelles de soutenir cette démarche qui présente une évolution de qualité inévitable.

Le comité d'experts encourage les scientifiques à porter leur réflexion sur les stratégies et moyens à développer au sein du LEPSE pour assurer le transfert de leurs résultats à une échelle d'intégration supérieure c'est-à-dire à l'échelle de la parcelle agronomique. Cela nécessitera d'engager un dialogue scientifique avec la communauté des agronomes de façon à placer la stratégie de recherche du LEPSE dans un continuum qui aurait pour finalité la maîtrise au champ de la modélisation des processus impliqués dans le contrôle de la croissance et de la transpiration des plantes soumises à des conditions climatiques sub-optimales.

Le comité d'experts recommande de poursuivre l'exploration du renforcement des coopérations locales, notamment avec l'unité BPMP en identifiant les projets de recherche qui pourraient faire l'objet de collaborations étroites et les actions de représentations qui pourraient être partagées au sein de SUPAGRO, École Doctorale et l'Université de Montpellier. La mise en place d'échanges formalisés (e.g. participations au CSU) avec l'Unité Expérimentale DIASCOPE apparaît stratégique.

Avec un nombre limité d'HDR (4) dans l'unité, le comité d'experts encourage les jeunes scientifiques à passer leur HDR durant le prochain contrat quinquennal.

3 • Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production scientifique du LEPSE (13 chercheurs) dans le domaine de l'écophysiologie végétale est exceptionnelle et place cette unité comme leader à l'échelle internationale. De nombreux indicateurs témoignent de cette qualité exceptionnelle (98 publications, 4 publications indexées dans F1000, 49 conférences invitées, 8 collaborations nationales, 17 internationales et 10 privés, 25 contrats nationaux, 11 européens et privés (Bayer, Arvalis, Limagrain, Biogemma, Syngenta, KWS, LemnaTec, Sun'R), 2 projets d'investissement d'avenir, 12 thèses + 8 en cours), accueil de chercheurs étrangers sur de longues périodes. Les travaux de recherche font référence dans le domaine de l'écophysiologie (e.g. contrôle hydraulique de la croissance ; déterminisme de l'avortement des grains en réponse au déficit hydrique, unification de la réponse des processus de développement à la température, conduite culturale de la vigne, etc.) et une recherche translationnelle soutenue avec les industriels impliqués dans l'amélioration des plantes.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Au fil des années, cette unité est devenue une unité reconnue pour ses compétences tant technologiques (phénotypage à haut débit, développement de 3 plateformes de phénotypage ouvert aux communautés scientifiques nationales et internationales) que scientifiques (identification de caractères héréditaires à différentes échelles de la plante et analyse de leur rôle dans l'adaptation des génotypes aux conditions climatiques sub-optimales, expertise en modélisation). Le LEPSE a su tisser un réseau de collaborations exceptionnel alimenté par de très nombreux contrats européens (11 programmes UE) et nationaux (25 programmes nationaux type ANR, FUI, OSEO, Privés (Agronomics (UE, coordonné par l'unité), Drops (UE, coord.), WaterCrops (UE, coord.), Dromadaire (ANR), Vitsec (ANR)). Le LEPSE est devenu le leader incontesté dans le domaine de l'écophysiologie. Le LEPSE contribue à la structuration de l'écophysiologie avec des approches modernes. Le LEPSE coordonne un projet d'investissement d'avenir Phenome et le Réseau Français de Phénotypage Végétal haut débit tout en contribuant activement à un autre projet IA (Investissement d'avenir « Amaizing ») et au European Plant Phenotyping Network.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'interaction avec l'environnement économique est exceptionnelle pour un laboratoire d'écophysiologie. Le panel de collaborations avec les entreprises est phénoménal : semenciers (Bayer, Arvalis, Limagrain, Biogemma, Syngenta, KWS, etc.), constructeur de serre spécialisé dans l'automatisme (LemnaTec), les panneaux solaires (Sun'R), l'irrigation en agriculture (FUI Disp'eau). Le nombre de thèses de type CIFRE (5) indique que le partenariat est solide, fonctionnel et s'inscrit dans la durée. L'unité est impliquée aussi dans la communication grand public : interview à la radio au moment des grandes sécheresses, rédaction d'articles dans des journaux à large audience (La Recherche, Biofutur), contribution à des émissions de TV, implication au stand INRA au Salon International de l'Agriculture.

Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

L'unité de taille modeste présente un ensemble très cohérent et très professionnel, associant un personnel technique et scientifique centré sur les questions scientifiques. La mutualisation des moyens humains et financiers au niveau de l'équipe semble optimisée. Cependant, le rapport détaille assez peu le mode de fonctionnement et d'organisation au grain de l'équipe. Les discussions et les échanges au cours de la visite ont clairement démontré l'opérationnalité et l'efficacité de ce niveau d'organisation et de son mode de management. Mais les entretiens avec le personnel ont aussi révélé des difficultés de plus en plus importantes à prendre en charge un taux croissant d'activités et à manipuler un nombre croissant de données. L'organisation opérationnelle (planification entre les 3 équipes) devra être améliorée.

Le directeur d'unité est à l'écoute et sait apporter les réponses adéquates aux sollicitations du personnel. Chaque personnel ITA bénéficie d'un accompagnement personnalisé au travers d'une lettre de mission. La politique scientifique et les programmes de recherche de l'équipe sont largement diffusés et discutés, les réunions scientifiques et séminaires permettent l'échange. Les doctorants et post-doctorants sont impliqués dans un journal club. *In fine*, l'unité montre une grosse capacité d'adaptation face à la demande et à la multitude des projets et contrats. La cohérence du projet d'équipe semble indiquer un fonctionnement collectif très opérationnel avec un souci de former



le personnel de façon à répondre aux enjeux technologiques en pleine évolution dans cette unité (informatique, automatisme). Le devenir des docteurs et post-doctorants est également exceptionnel.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'enseignement est une activité centrale pour le LEPSE qui assure ainsi la dissémination de ses méthodologies et diffuse les caractéristiques de sa discipline aussi bien dans la formation de niveau master (Université Montpellier 2) et ingénieur (SupAgro). Avec une seule enseignante chercheuse, les scientifiques du LEPSE et quelques techniciens assurent une large part du transfert du savoir (plus de 400h par an à SupAgro et à UM2). Rapporté au nombre d'HDR dans l'unité, la formation par la recherche est d'excellent niveau tant sur le plan quantitatif (12 thèses soutenues et 8 en cours) que qualitatif (le nombre moyen de papiers publiés par doctorant en fin de thèse est de 4,1 avec un IF moyen de 5,3). Au bilan, les doctorants et post-doctorants de l'unité ont bien publié (en premier auteur dans la très grande majorité des cas) et bénéficient d'une formation de très haut niveau leur permettant de trouver un emploi dans les meilleures équipes de recherche académique, ainsi que chez les partenaires privés du LEPSE.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet est ambitieux et cohérent. Il répond à des enjeux forts de l'agriculture. Il doit permettre de consolider l'expertise acquise ces dernières années dans l'évaluation de l'impact de l'eau et des fortes températures sur les plantes cultivées. Le projet d'unité s'inscrit dans la continuité des travaux antérieurs et s'appuie sur un partenariat académique et industriel exceptionnel. Il s'articule de façon efficace entre une recherche fondamentale (décortilage des processus écophysiologiques dans l'adaptation de la plante aux contraintes environnementales), et une recherche finalisée (recherche de déterminisme génétique causal, optimisation de conduites de culture) tout en s'appuyant sur des développements technologiques et méthodologiques (analyse d'image 3D, intégration de grands jeux de données, modélisations). Une partie des projets s'oriente vers des actions à vocation mécanistique (rôle des hormones, du métabolisme carboné, de l'endo-reduplication, etc.), alors que d'autres sont à vocation plus intégrative montrant une volonté d'explorer les ressources génétiques disponibles. Ces dernières tentent de connecter les processus étudiés au fonctionnement de la plante entière sur des plantes modèles (*Arabidopsis*, maïs) avant de tester la validité des acquis chez des espèces d'intérêt agronomique comme la vigne ou le colza. Les évolutions majeures du projet d'unité concernent la généralisation des études d'écophysiologie comparée (maïs, sorgho, millet, riz, et blé d'une part et *Arabidopsis*-colza d'autre part) dans un contexte marqué par les changements climatiques et en prenant en compte la réponse au CO₂. Cette prise en compte de l'acclimatation à la teneur en CO₂ atmosphérique est une évolution majeure qui doit faire l'objet d'une réflexion collective approfondie pour évaluer l'intérêt d'une telle démarche et des conséquences matérielles qu'impliquent une telle orientation du projet d'unité (contrôle/régulation du CO₂ dans les installations expérimentales et plateformes). Enfin, la volonté d'intégration à l'échelle du couvert *via* la modélisation est partagée par les trois équipes, cependant une réflexion collective serait à mener pour définir les actions à renforcer en les priorisant, afin que la modélisation permette l'intégration des résultats et la reconnaissance des 3 équipes.

Au bilan, tous les éléments factuels sont réunis pour la réussite du projet proposé (excellent réseau de collaborations européennes sur les disciplines complémentaires, partenariat avec le privé de premier niveau, équipes motivées, une liste de contrats en cours impressionnante dont 2 projets d'IA, la maîtrise des outils à haut débit, etc.). De façon raisonnée et prudente, une proposition d'évolution du périmètre des recherches est présentée et devrait faire avancer des fronts de science (extension de l'utilisation des modèles à de nombreuses espèces d'intérêt agronomique, prise en compte du couplage C-H₂O, écophysiologie comparée, etc.).



4 • Analyse équipe par équipe

Équipe 1 : Stress environnementaux et Processus Intégrés du contrôle de la Croissance (SPIC)

Nom du responsable : M^{me} Christine GRANIER

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	3	3
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	4	3
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	1
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3
TOTAL N1 à N6	12	10

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	4	
Thèses soutenues	5	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3	
Nombre d'HDR soutenue	2	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les travaux de recherche de SPIC consistent principalement à analyser et modéliser les circuits physiologiques qui lient les différents niveaux d'organisation de la croissance et du développement à l'échelle de la plante en réponse aux contraintes environnementales (phénologie, croissances aérienne et souterraine, développements végétatif et reproducteur, prolifération et extension cellulaire,...). L'activité est principalement conduite chez *Arabidopsis thaliana* et les travaux réalisés permettent de valider l'intérêt de recourir à cette espèce modèle pour conduire des approches à caractère écophysiologique transférables. Les outils et plateformes de phénotypage (notamment Phenopsis) mis en place ces dernières années ont encouragé l'analyse de la diversité génétique (naturelle, lignées recombinantes, lignées transformées) et la recherche des bases génétiques des caractères considérés. Plus récemment, la vigne a été intégrée comme objet d'étude bien ancrée dans les préoccupations régionales. Le colza a été également introduit, comme espèce d'intérêt agronomique et comme support à des recherches translationnelles de validation d'informations acquises chez *Arabidopsis* et susceptibles d'être valorisées sur le plan agronomique. Les recherches réalisées lors du contrat ont non seulement conduit à étendre la diversité génétique prise en compte, mais également la diversité environnementale. Si le stress hydrique reste la préoccupation majeure, différentes approches introduisent également la gestion de situations plus ou moins sévères de contraintes hydriques, de contraintes climatiques hyperthermiques et la manipulation de microorganismes rhizosphériques de type PGPR dans une logique de participation à la construction de systèmes de production durable, économe en intrants et adapté à de nouvelles contraintes climatiques. Certaines approches donnent également matière à des développements dans le domaine de l'évolution et de l'écologie fonctionnelle.

L'équipe a témoigné, au cours du contrat de recherche, d'activités qui confortent l'expérience déjà largement reconnue en matière d'investigations écophysiologiques de la réponse au stress hydrique chez les végétaux et qui amplifient encore l'expertise en termes de phénotypage à haut débit et la prise en compte des interactions GxE dans ces processus.

Les faits marquants qui sont mis en avant concernent 1) la mise en évidence que des caractères fondamentaux associés à la croissance co-varient et que cette co-variation détermine et contraint l'espace phénotypique, bien que certaines modifications génétiques ou environnementales soient de nature à perturber ces relations et fournir ainsi le moyen de les analyser et de les manipuler plus finement, 2) la reconsidération de la dynamique de l'ontogenèse foliaire et des processus physiologiques et cellulaires sous-jacents (contrôle métabolique, contrôle hydraulique, division cellulaire, endo-reduplication, transpiration, sensibilité du fonctionnement stomatique à l'ABA) et son contrôle par l'environnement hydrique et thermique de la plante, 3) la démonstration que des effets délétères de la sécheresse sur la croissance peuvent se produire sans perturbation majeure du métabolisme carboné, ce qui n'est pas le cas en situation de stress hyperthermique et que certains effets du stress thermique sur la croissance s'apparentent à ce qui se produit en situation de faible éclaircissement, 4) la mise en évidence que l'inoculation du sol par des PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) ou qu'un stress hydrique modéré peut maintenir la croissance foliaire au travers d'ajustements opérés au niveau de la plante entière.

Ces résultats sont incontestablement originaux, de grande portée cognitive et finalisée et de nature à enrichir des modèles de fonctionnement de la plante en situation de contrainte apte à alimenter très efficacement des modèles de culture. La robotisation des mesures a conduit à explorer rigoureusement la variabilité génétique exprimée chez *Arabidopsis* et à multiplier les *scenarii* climatiques de manière à adresser beaucoup plus finement les contributions génétiques ou environnementales et les interactions entre les deux sur les caractères considérés (principalement les processus de croissance foliaire et racinaire). Un effort louable, dont le dimensionnement reste cependant difficile à préciser, est amorcé ; il consiste à explorer certains processus analysés finement chez *Arabidopsis* chez d'autres espèces d'intérêt agronomique comme le colza.

La production scientifique associée à ces travaux est tout à fait remarquable avec 41 publications dans des revues à comité de lecture (ACL) sur la période considérée (soit en moyennes 2,5 ACL par an et par chercheur) dans des revues à fort, voire très fort impact dans le domaine considéré (IF moyen de 6,2). Plusieurs articles connaissent un fort retentissement et 3 d'entre eux sont relevés par F1000.

Le travail et l'expertise ont également conduit à l'élaboration, la mise en place et le fonctionnement d'une plateforme de phénotypage adaptée à *Arabidopsis* (Phenopsis) à très haute valeur scientifique ajoutée. Cette opération conjointe avec des partenaires industriels a conduit à accélérer les recherches intrinsèques de l'équipe et à favoriser les collaborations judicieusement identifiées avec des partenaires extérieurs de renommée internationale.



Un équilibre semble trouvé entre l'exploitation de l'outil à des fins d'expérimentations dédiées aux programmes phares de l'équipe et celles associées au développement, à l'ouverture et à la conduite d'actions de collaborations extérieures. Ces développements technologiques ont abouti à la production et l'exportation de protocoles, de procédures, de banques d'images et de bases de données écophysiologiques de très grand intérêt pour la communauté.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

La notoriété de l'équipe est incontestable. Elle se mesure par l'envergure des programmes conduits ces dernières années et par la dimension européenne des collaborations avec des équipes de grand renom dans le domaine considéré (Agron-Omics (FP6) ; Arabras (ANR KBBE) ; AgWaterbreed (KIC Climate) ; EURoot (FP7-KBBE)). Les relations nationales apparaissent établies dans le cadre des montages fédératifs montpelliérains et de collaborations fructueuses avec d'autres unités INRA (Bordeaux, Versailles par exemple) et sont principalement basées sur l'opportunité d'associer les compétences physiologiques et écophysiologiques de l'équipe à des expertises plus « moléculaires » chez les partenaires, le tout conduisant à l'élaboration de démarches intégratives de problématiques traitées et à un haut niveau de reconnaissance en la matière. Le rayonnement s'exprime également au travers de sollicitations extérieures importantes pour l'utilisation des moyens de phénotypage mis en place ces dernières années. La régulation des demandes apparaît opérationnelle, notamment grâce aux efforts de fédération et de coordination des dispositifs de plateformes à l'échelle de l'unité et l'intégration du potentiel de ces dispositifs dans des programmes européens (EPPN). Les scientifiques de l'équipe sont régulièrement sollicités pour donner des conférences dans des congrès d'envergure. L'équipe accueille des doctorants de l'étranger dans le cadre de programmes collaboratifs et a eu l'opportunité d'attirer et de recruter deux chercheurs post-doctorants. L'équipe participe activement au fonctionnement des réseaux mis en place dans le cadre de grandes opérations de partage des outils de phénotypage (EPPN).

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe est mobilisée dans une relation qui apparaît durable et solide avec le groupe Bayer Crop science (2 contrats CIFRE, développements conjoints des outils de phénotypage) et les collaborations établies avec l'entreprise apparaissent véritablement ancrées dans un climat « gagnant/gagnant ».

Elle communique dans le cadre d'opérations « Grand Public » comme les journées de la science. Elle s'investit également dans l'organisation de séminaires dans le cadre des structures fédératives montpelliéraines.

Le dimensionnement de l'équipe et la mobilisation de ses acteurs fournissent probablement une contingence qui limite les actions de transfert et de partenariat avec le monde socio-économique.

Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

Comme pour les autres équipes de l'unité, les personnels de l'équipe sont investis dans la vie et le fonctionnement du collectif (responsabilité globale de l'unité ; responsabilité de plateforme ; responsabilités d'actions transversales).

La contribution scientifique et financière de l'équipe au fonctionnement global du groupe apparaît tout à fait méritoire.

L'activité de publication traduit clairement des relations approfondies des membres de l'équipe SPIC avec les 2 autres équipes de l'unité en termes de partages d'expertise, d'opinion et de concepts scientifiques et ces échanges intellectuels sont très favorablement mis à profit.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'activité d'encadrement doctorale et post-doctorale traduit un bon niveau d'investissement dans la formation par la recherche (5 thèses soutenues pendant la période, 4 en cours ; 8 stages de Master). Les doctorants formés sont largement impliqués dans l'effort de publication, y compris lorsque les études doctorales sont conduites dans un contexte CIFRE. Il apparaît également que les doctorants formés s'engagent ensuite dans des expériences post-doctorales de grande qualité et que les post-docs accueillis dans le groupe connaissent un très bon niveau d'insertion professionnelle.



Deux thèses sont conduites dans le cadre de collaborations avec l'équipe Virtual Plants, de nombreux projets sont en cours et cet engagement est de nature à asseoir solidement les collaborations avec ce groupe et à préparer le terrain à un rapprochement encore plus engagé.

Les chercheurs sont également investis dans la formation initiale en Master à l'Université de Montpellier 2 (Master BFT-BPT). Les techniciens ont été amenés à organiser en 2013 une formation technique autour de la mesure des échanges gazeux. Le programme d'Investissement d'Avenir « Phenome » devrait également donner lieu à un investissement du groupe en matière de formation dans le domaine du phénotypage, même si ces actions sont pour l'instant assez peu affichées.

Le contexte structurel rend assez délicate la possibilité d'investir dans les formations de l'École Doctorale alors que les compétences, l'expertise et les moyens dont dispose l'équipe pourraient enrichir culturellement d'autres doctorants montpelliérains.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet proposé par l'équipe est ambitieux. Il s'inscrit principalement en continuité des travaux entrepris jusqu'à présent. De nouveaux questionnements spécifiques apparaissent cependant. Il n'est pas fait mention de changements structurels et organisationnels dans l'équipe. Les principales perspectives scientifiques qui sont évoquées sont les suivants 1) appréhender le rôle de la division cellulaire et de l'endo-reduplication sur la croissance cellulaire (collaboration BPMP, programme ANR Blanc), 2) étudier les interactions entre auxine et métabolisme carboné sur la croissance des racines latérales et sa variabilité (Programme KBBE-EURoot), 3) poursuivre l'étude intégrative et de connexion des processus de croissance à l'échelle de la plante entière, 4) associer des informations acquises chez *Arabidopsis* et tester leur généralité chez d'autres espèces au niveau phénotypique, chez le colza, 4) valider les conclusions obtenues en manipulant les scénarios environnementaux susceptibles notamment de perturber davantage le métabolisme et d'impacter les relations établies entre croissance aérienne et croissance souterraine ou entre développement végétatif et développement reproducteur. Des développements à connotation écologique sont envisagés ici, 5) caractériser plus avant, chez *Arabidopsis*, les bases génétiques des caractères concernés en entendant les approches bi-alléliques à l'exploitation de sources plus larges de variations, par génétique d'association notamment. Les relations allométriques précédemment étudiées feront ici l'objet d'investigations plus poussées, 6) exploiter plus avant les informations acquises par méta-analyses des données produites au cours de différentes opérations de phénotypage dans le cadre du fonctionnement de Phenopsis.

Chacun de ces projets apparaît pertinent et la nature des collaborations mises ou à mettre en place pour les réaliser est convaincante. La déclinaison de ces ambitions fait apparaître une volonté d'orienter la démarche vers des actions à vocation mécanistique, d'autres à vocation plus intégrative de connexion des processus étudiés au fonctionnement de la plante entière, d'autres à visée translationnelle afin de tester la validité des acquisitions chez des espèces d'intérêt agronomique comme le colza, d'autres enfin à connotation plus écologique. Il apparaît essentiel à ce stade de pouvoir structurer chacune de ces actions sous des questionnements fédérateurs et d'organiser, hiérarchiser chacune de ces ambitions et de les adapter aux moyens disponibles et à l'organisation du partenariat.

Au-delà des projets scientifiques, l'évocation de perspectives plus matérielles aurait été appréciée sur l'évolution prévisible des plateformes et de leur utilisation, notamment pour Phenopsis qui concerne l'équipe de très près.

Conclusion

▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'autorité scientifique et les compétences disciplinaires et techniques de l'équipe apparaissent indéniablement bien assises. L'expertise est reconnue et parfaitement traduite qualitativement et quantitativement par l'activité de publications et de collaborations. Le portage et la maîtrise de dispositifs de phénotypage sont solidement ancrés dans le paysage national et européen, en cohérence avec un savoir-faire de mieux en mieux affirmé en matière de mesures et d'analyse et une culture intellectuelle très approfondie du fonctionnement de la plante en interaction avec son environnement abiotique. Cela constitue un atout majeur qu'il va falloir entretenir et préserver. Il conviendra même d'adapter les outils et les approches à de nouveaux fronts de sciences. La possibilité de placer l'écophysiologie de la croissance et du développement dans de nouveaux questionnements à caractère mécanistique (génomique fonctionnelle, approches « omiques »), à caractère intégratif et de modélisation du fonctionnement de la plante entière, à caractère agronomique, voire écologique, doit rester une préoccupation majeure de l'équipe. La qualité de ces orientations et de la recherche qui en découlera dépendra aussi de la justesse des collaborations établies



localement et à l'extérieur et de la capacité à afficher le leadership dans ces collaborations. Elle dépendra également de l'opportunité à poursuivre le recrutement et la formation de doctorants et post-doctorants performants, à maintenir un flux financier adapté et à poursuivre l'effort déjà important de formation et de mobilisation du personnel technique.

▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Sur le plan scientifique et technique, il est question d'élargir les champs d'investigations en termes de ressources génétiques explorées, de facteurs de stress ou *scenarii* climatiques manipulés, d'organes phénotypés (prise en compte élargi du fonctionnement du système racinaire par exemple). Chacun de ces développements sera à considérer, puis à traiter avec circonspection.

Les ressources humaines restent limitées et les capacités d'encadrement scientifique et de portage de projet sont contraintes. Les chercheurs et les personnels techniques sont très investis dans le collectif. Il s'agira d'accorder une extrême vigilance à la distribution optimisée des ressources humaines et éviter tout risque d'éparpillement et de dilution des forces. La répartition des activités entre conduite de programmes propres à l'équipe, collaborations et prestations extérieures, développements technologiques, transferts apparaît bien gérée, mais probablement très sensible à des risques de déséquilibre qui pourraient nuire à l'efficacité du groupe.

Le lien à l'environnement local en matière de recherche (BPMP et autres structures montpelliéraines) et d'enseignement (UM2, École doctorale), visiblement un peu sensible, doit faire l'objet d'un entretien et d'une attention permanents.

▪ *Recommandations :*

Il convient de rester fortement engagé sur la dynamique scientifique et technologique actuelle, de maintenir l'autorité acquise ces dernières années dans un contexte de plus en plus compétitif et d'opérer des choix et des orientations stratégiques qui entretiennent et optimisent cette performance en veillant à :

- prévenir tout risque d'éparpillements thématique et disciplinaire ;
- maintenir une expertise de physiologiste et d'écophysiologiste et cette capacité à communiquer très efficacement avec des moléculaires, des généticiens, des agronomes et des écologues ;
- assurer une distribution et un engagement pertinent dans les différents programmes des ressources humaines limitées de l'équipe et une répartition harmonieuse et efficiente des personnels permanents et contractuels ;
- poursuivre l'effort de formation du personnel et l'acquisition d'un haut niveau d'expertise qui puissent garantir le maintien d'un leadership en matière de phénotypage à haut débit lié à des processus de croissance et de développement en environnements contraignants ;
- considérer avec prudence la possibilité d'opérer rapidement le transfert de connaissances acquises chez *Arabidopsis* à d'autres espèces et à mieux positionner la nature des investigations qui seront conduites sur ces nouvelles espèces (colza en l'occurrence) en relation étroite avec les contingences locales et le paysage national et international ;
- profiter du contexte local (celui de l'unité notamment) pour étendre et faire évoluer les relations partenariales avec le secteur privé ;
- assurer en concertation avec les autres équipes un ancrage à la formation initiale, doctorale, qui garantisse le maintien d'un flux d'étudiants vers les activités du groupe.



Équipe 2 : Modélisation et Analyse de l'interaction Génotype Environnement (MAGE)

Nom du responsable : M. François TARDIEU

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	5	6
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	3
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	1	3
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	4	4
TOTAL N1 à N6	13	16

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	3	
Thèses soutenues	2	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2	
Nombre d'HDR soutenue		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	2



• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe MAGE a été créée en 2005 avec pour mission d'analyser et de modéliser la variabilité génétique de la réponse au déficit hydrique (édaphique et atmosphérique) et à la température chez les céréales. L'espèce de prédilection de l'équipe est le maïs, mais des travaux plus ponctuels et ciblés ont également été conduits sur le sorgho, le blé, le riz et le tournesol dans une approche d'écophysiologie comparée. Cette approche a permis de mettre en évidence des formalismes génériques et d'autres spécifiques de l'espèce étudiée ainsi que de confronter des hypothèses de fonctionnement. Les processus qui ont été étudiés en priorité sont la vitesse d'élongation (essentiellement feuille et soie et, dans une moindre mesure, racine et tige) et l'avortement des grain(e)s. Au cours de la période concernée, l'effet de la température a également été abordé de manière plus systématique, avec des résultats très novateurs.

Les deux résultats majeurs au cours de la période évaluée sont : (1) l'expansion des différents organes de la plante partage un contrôle génétique commun qui a pour conséquence une corrélation de la réponse au déficit hydrique des organes de la plante ; (2) les processus de croissance et de développement partagent une réponse à la température unique, qui est différente de la réponse du métabolisme. Du fait de ces deux « propriétés » remarquables, l'équipe a pu mettre en évidence une forte corrélation des réponses au déficit hydrique dans les plateformes de phénotypage et au champ.

La démarche, qui caractérise l'équipe (et plus largement le LEPSE), est basée sur la dissection des processus écophysiologiques (e.g. courbes de réponse), dont la robustesse est mise à l'épreuve dans une large gamme d'environnements et de génotypes (population, lignées d'introgession). Cette démarche a permis des avancées scientifiques majeures au cours de la période évaluée. Malgré un développement très rapide et des investissements conséquents dans le phénotypage haut débit des plantes au plan international au cours de ces dernières années, MAGE a su maintenir une longueur d'avance dans ce domaine (dont il a été l'un des pionniers) du fait de la pertinence des approches mises en œuvre sur ses plateformes.

L'équipe a su trouver un équilibre entre une recherche fondamentale ouvrant des fronts de science en écophysiologie (e.g. contrôle hydraulique de la croissance ; déterminisme de l'avortement des grains en réponse au déficit hydrique, unification de la réponse des processus de développement à la température), qui ont apporté des résultats de grande portée (voir ci-dessous H-index des publications sur la période) d'une part, et une recherche finalisée qui a permis de valider l'analyse écophysiologique du déterminisme de la réponse de la vitesse d'élongation foliaire au déficit hydrique, d'autre part.

Les paris scientifiques que l'équipe est en passe de relever sont (i) de relier les processus et paramètres mis en évidence dans les plateformes (en conditions de serre et de plantes isolées) au comportement des génotypes au champ dans une large gamme de conditions climatiques ; (ii) d'utiliser les informations issues des plateformes pour paramétrer des modèles de simulation à différentes échelles dans un but analytique. La réponse coordonnée des différents organes de la plante au déficit hydrique et à la température est un résultat majeur qui devrait faciliter les travaux futurs.

Il découle de ce travail une production scientifique exceptionnelle, tant quantitativement (40 ACL, dont 10 issues de travaux antérieurs à l'arrivée dans l'équipe des co-signataires de MAGE, soit en moyenne 2,7 ACL/chercheur/an), et surtout qualitativement (publication dans les meilleures revues en « plant science », plusieurs articles sont dans le top 1 % de ces revues et le H-index de 17 des articles publiés sur la période est exceptionnel). L'analyse plus approfondie de la production scientifique révèle tout de même une forte hétérogénéité entre les scientifiques de l'équipe (1,6 à 6,4 ACL/an/chercheur).

L'équipe a su mettre en place une stratégie de collaboration claire et efficace, basée sur la recherche de complémentarités dans le cadre de partenariats académiques (sur les aquaporines, le métabolisme, la génétique quantitative, l'analyse d'image 3D, ou encore la modélisation). En particulier la collaboration avec l'Université du Queensland et le CSIRO (Australie) a permis à l'équipe de montrer la pertinence de ses approches pour prédire la réponse de génotypes à la contrainte hydrique au champ. Le changement d'échelle (organe - couvert) est remarquable. Le niveau de maturité scientifique de l'équipe lui a permis de développer des collaborations avec les meilleurs groupes au niveau international dans les domaines visés et d'être très sélective vis-à-vis des projets et des collaborations dans lesquels elle s'engage. La position de leader de l'équipe dans son domaine lui a également permis d'établir une stratégie dans son partenariat avec les entreprises semencières et de biotechnologie.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe MAGE bénéficie d'un niveau exceptionnel de reconnaissance, qui est avéré sur la période par 31 communications invitées dans des symposiums, colloques ou ateliers internationaux, dont plusieurs manifestations majeures, ainsi que par la productions de 8 synthèses et « opinion papers » dans les meilleures revues du domaine (*Curr Opin Plant Biol*, *Plant Physiol*, *J Exp Bot*, *Plant Cell Environ*), dont l'une est mise en évidence dans F1000. L'équipe a également co-édité un numéro spécial de la revue *Europ J Agron* suite au symposium qu'elle a organisé lors de la conférence de la Société Européenne d'Agronomie organisée en 2010 à Montpellier.

La reconnaissance académique de l'équipe est liée à sa stratégie de publication qui vise les meilleurs journaux du domaine. Le rayonnement de l'équipe au-delà des communautés d'écophysiologie et de génétique quantitative pourrait être amélioré en développant une stratégie de publication vers des journaux plus généralistes à très fort impact.

Sur la période, l'équipe a construit et coordonné plusieurs projets phares (FP7-EU DROPS, ANR Dromadair, ANR-IA PHENOME) et a une contribution importante (responsabilité d'un Work Package (WP)) dans le projet ANR-IA Amazing.

L'équipe bénéficie d'une très bonne attractivité. Au cours de la période, elle a accueilli deux professeurs étrangers (Univ. Brésil et CIMMYT Mexique), deux post-doctorants et un doctorant étrangers.

Elle coordonne le réseau français de phénotypage végétal haut débit et la société savante Interdrought et les WP 4 « *Joint Research Activity: Good Practice in Phenotyping* » et WP 9 « *Transnational Access to the Infrastructure at Partner INRA* » du Réseau Européen de Phénotypage des Plantes EPPN.

L'attractivité de l'équipe, et sa reconnaissance par sa tutelle INRA, ont conduit au cours de la période analysée au recrutement d'un technicien de recherche et de 2 scientifiques (1 CR2 et 1 IR2).

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe a développé une stratégie partenariale publique privée claire (principalement avec des entreprises du secteur semencier et des biotechnologies, leaders au niveau Européen - Biogemma et Syngenta et de manière plus ciblée Limagrain, Pioneer et KWS), qui lui permet de maintenir l'excellence scientifique dans ses recherches, tout en répondant à des questions importantes pour ces partenaires industriels. Ces collaborations permettent à l'unité d'avoir un accès privilégié à du matériel génétique (populations, lignées d'introgession, transformants) et à des réseaux d'essais au champ.

Au-delà des projets publics-privés les partenaires semenciers investissent de manière significative dans les travaux de l'équipe (financement d'une bourse CIFRE, trois contrats de recherche bilatéraux), ce qui démontre la pertinence de ses recherches par rapport aux besoins de recherche de la filière. Ses partenaires intègrent très rapidement les protocoles de phénotypage développés dans l'équipe.

Hormis plusieurs co-signatures d'articles scientifiques, ce partenariat a conduit au dépôt de deux brevets. L'équipe entretient ces relations partenariales sur le long terme (+10 ans pour la plupart) et plusieurs jeunes chercheurs et ingénieurs formés ont été recrutés par ses partenaires.

MAGE a également assuré des formations à l'intention des partenaires privés. Elle a notamment organisé deux écoles techniques sur le phénotypage dans le cadre des projets DROPS et Dromadair et a organisé la réunion annuelle de l'Association des Semenciers Français en 2011.

Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

Au cours de la période évaluée, l'équipe a lourdement investi dans le développement de la plateforme de phénotypage haut débit PhénoArche, qui lui procure aujourd'hui un outil unique pour conduire ces recherches. L'accès et la gestion de cet équipement (ainsi que de la plante plateforme PhenDyn) sont maintenant gérés au niveau de l'ensemble de plateformes M3P.

Comme pour les deux autres équipes du LEPSE, les trois personnels techniques permanents portent des activités collectives sur les installations expérimentales (PhénoArche et chambres climatiques) et en informatique. Un ingénieur de recherche est détaché pour 50 % de son temps dans l'équipe Virtual Plants (UMR AGAP) où il a une mission collective au sein du département EA de l'INRA pour développer la plateforme de modélisation des plantes OpenAlea.



La cohérence du projet semble indiquer un fonctionnement collectif au service d'un projet unique. Très peu d'éléments sont fournis dans le rapport sur le management scientifique de l'équipe et la mutualisation des moyens humains et financiers. Suite à la visite, il apparaît que la communication scientifique et surtout l'organisation opérationnelle (planification) devront être améliorées.

Le nombre de co-publications avec les équipes SPIC et ETAP (4 et 3, respectivement, entre 2008 et 2011, mais aucune sur la période 2012-2013) montre des relations significatives avec les équipes du LEPSE. Ces publications sont essentiellement des « opinion papers », ce qui témoigne d'une réflexion collective sur les concepts et la démarche scientifique.

La politique scientifique et les programmes de recherche sont largement diffusés en dehors de l'unité *via* divers canaux (rédaction d'articles de synthèses et « opinion papers », rédaction d'articles dans des revues à large audience (La Recherche, Biofutur), site web institutionnel INRA, communication dans les médias [notamment lors de l'inauguration de la plateforme PhenoArche et du lancement des projets PHENOME et DROPS], participation au SIA2012). L'équipe a su développer très tôt une stratégie claire et efficace sur le phénotypage et l'analyse des interactions GxE (et les collaborations afférentes) qui est largement reconnue au plan national et international et qui fait école.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Rapporté au nombre d'HDR (1), l'encadrement de doctorant est très satisfaisant (6 thèses sur la période évaluée, dont 3 trois sont en cours), mais pourrait être significativement accru par le passage de l'HDR de plusieurs membres dans un futur proche. L'équipe accueille de manière régulière (6 sur la période évaluée) des étudiants de Master 2, là aussi le potentiel d'encadrement ne semble pas pleinement valorisé.

Si l'implication du LEPSE dans la formation de niveau master (UM II) et ingénieur (SupAgro) s'est renforcée au fil du temps, celle de l'équipe MAGE semble avoir ralenti au cours de la période évaluée, même si elle contribue toujours à deux modules du master BFP-BPT (UM II). Ceci peut s'expliquer au moins pour partie par la très forte implication du responsable dans le montage de projets de recherche d'envergure et la prise de responsabilité dans ce Master par un membre de l'équipe ETAP.

Les doctorants et post-doctorants de l'unité ont bien publié (dans la très grande majorité des cas en premier auteur) et bénéficient d'une formation de très haut niveau leur permettant de trouver un emploi dans les meilleures équipes de recherche académique, ainsi que chez les partenaires privés de l'équipe.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet, ambitieux, mais réaliste, s'inscrit dans la continuité des travaux antérieurs de l'équipe et s'appuie sur un partenariat académique et industriel exceptionnel. Une articulation efficace entre recherche finalisée (recherche de déterminisme génétique causal), fondamentale (décortilage des processus ecophysiologiques) et méthodologique (analyse d'image 3D, analyse de courbes de croissance) devrait être maintenue avec une montée en puissance des analyses génétiques. Le financement du projet est en large partie acquis.

Suite au recrutement d'un chargé de recherche au cours de la période évaluée, il est proposé de généraliser les études d'écophysiologie comparée (maïs, sorgho, millet, riz, et blé) en prenant éventuellement en compte la réponse au CO₂. La prise en compte de l'acclimatation à la teneur en CO₂ atmosphérique nécessitera que cette variable soit contrôlée dans les plateformes, ce qui constitue un investissement conséquent qui ne semble pas être envisagé. Dans le contexte de l'amélioration des plantes, on peut se poser la question de la pertinence de ce facteur climatique, dont l'évolution est continue. De plus, l'intérêt des partenaires semenciers, qui n'ont généralement pas de stratégie à ces pas de temps, pose question. Enfin, dans le cas du maïs (métabolisme C4), l'effet fertilisant du CO₂ sur la photosynthèse est très limité et, chez les espèces en C3, il est sûrement peu pertinent de considérer le CO₂ indépendamment de l'assimilation et de l'allocation de l'azote (voir travaux sur le riz, notamment).

L'équipe souhaite opérer un élargissement disciplinaire en investissant significativement dans le développement et l'utilisation de modèles de culture comme outil analytique. La stratégie envisagée est de s'appuyer sur la plateforme de modélisation RECORD développée à l'INRA de Toulouse. Les résultats obtenus par l'équipe devraient permettre de revisiter le formalisme de ces modèles (qui, pour beaucoup, a peu évalué depuis 30 ans). Ce travail est probablement indispensable avant de pouvoir y injecter les paramètres issus des plateformes et devrait susciter un large intérêt de la communauté scientifique travaillant sur le changement climatique (et donc augmenter la portée des travaux de l'équipe au-delà de l'amélioration des plantes) - dans ces trois dimensions impact, mitigation, adaptation. Toutefois, le changement de partenariat envisagé (rapprochement de la plateforme RECORD



et du groupe de développement STICS) semble assez risqué en l'absence d'un partenariat scientifique fort en modélisation (qui n'est pas forcément présent sur les plateformes de modélisation visées). La commission s'interroge sur la capacité de l'équipe à porter seul un projet de modélisation d'envergure (multi-espèce). La volonté d'intégration à l'échelle du couvert est partagée par les trois équipes et devrait se nourrir de l'ensemble des travaux du LEPSE.

Conclusion

▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe MAGE a su développer une stratégie claire et efficace sur le phénotypage et l'analyse des interactions G x E qui est largement reconnue au plan national et international et qui fait école. Les travaux ont permis des avancées scientifiques majeures au cours de la période évaluée. MAGE a été l'un des pionniers dans le phénotypage haut débit des plantes au plan international et a su maintenir une longueur d'avance dans ce domaine. L'équipe a su trouver un équilibre entre une recherche fondamentale ouvrant des fronts de science en écophysiologie et une recherche translationnelle permettant à un secteur industriel de se développer. Cette équipe bénéficie d'un capital de reconnaissance hors du commun.

La production scientifique est exceptionnelle, tant quantitativement (40 ACL), que qualitativement surtout (publication dans les meilleures revues en « plant science », plusieurs articles sont dans le top 1 % de ces revues et le H-index de 17 des articles publiés sur la période est élevé).

L'équipe a développé une stratégie partenariale publique-privée riche, fonctionnelle et fructueuse avec les leaders européens dans le secteur semencier et des biotechnologies. Aujourd'hui, les partenaires semenciers investissent dans l'équipe et utilisent les protocoles de phénotypage développés dans l'équipe.

L'équipe a construit et coordonné de nombreux projets européens et français (ANR). Elle bénéficie d'une très bonne attractivité. La politique scientifique et les programmes de recherche sont largement diffusés en dehors de l'unité *via* divers canaux.

▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Les points faibles sont peu nombreux.

- On notera le fait que l'implication des chercheurs dans l'enseignement a ralenti au cours de la période évaluée ;
- Quelques éléments contextuels observés lors de la visite indiquent que la communication scientifique et surtout l'organisation opérationnelle (planification) pourraient être améliorées ;
- L'analyse plus approfondie de la production scientifique révèle tout de même une forte hétérogénéité entre les scientifiques de l'équipe (1,6 à 6,4 ACL/an/chercheur).

▪ *Recommandations :*

Pour le prochain contrat, le challenge que l'équipe doit relever, est de poursuivre l'intégration des processus et paramètres étudiés dans les plateformes de phénotypage à l'échelle du couvert *via* la modélisation. Non seulement cela permettra à l'équipe de hiérarchiser l'impact des traits et des paramètres dans l'élaboration du rendement, mais ce changement d'échelle permettra également d'étudier leur impact dans différents *scenarii* agro-climatiques. Ceci devrait fortement accroître la portée de ses travaux, notamment en direction des agronomes et des thématiques liées au changement climatique. L'équipe propose pour cela de se baser sur des modèles implémentés dans la plateforme de modélisation RECORD et d'en revisiter les formalismes. Il conviendra de ne pas sous-estimer l'investissement scientifique et technique que cela représente.

L'intégration à l'échelle du couvert pour prédire le rendement risque de mettre en évidence des besoins d'analyse et de phénotypage de processus et de caractères actuellement non mesurés sur les plateformes de l'unité, ainsi que des processus non étudiés dans l'équipe (e.g. assimilation et allocation CN, phénologie, caractères constitutifs). C'est un aspect auquel l'équipe devra certainement rapidement réfléchir. Cette réflexion devrait être menée au niveau de l'unité.



Afin d'étendre le rayonnement de cette équipe au-delà des communautés d'écophysiologie et de génétique quantitative, une stratégie de publication vers des journaux plus généralistes à très fort impact pourrait être envisagée.

L'équipe devra également veiller à un meilleur équilibre du niveau de publication de ses scientifiques et devra anticiper les départs en retraite prévisibles à l'issue du prochain contrat.



Équipe 3 : Efficience de la Transpiration et Adaptation des Plantes aux climats secs
(ETAP)

Nom du responsable : M. Thierry SIMMONEAU

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		2
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	3	3
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	2	2
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		1
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	1
TOTAL N1 à N6	7	9

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	1	
Thèses soutenues	3	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenue	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	1

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe ETAP s'est constituée en 2010 autour de 3 scientifiques un DR, le responsable d'équipe, préalablement membre de l'équipe SPIC, d'un CR et un IR issus de l'équipe MAPI, équipe dissoute à la fin du précédent contrat. Le projet de recherche de l'équipe ETAP porte sur l'étude des processus physiologiques qui déterminent l'efficacité de la transpiration pour la photosynthèse comme paramètre d'adaptation des plantes aux climats secs. L'objectif finalisé est la conception de nouveaux systèmes de conduite des cultures et de nouvelles stratégies d'hybridation visant à accroître l'efficacité de la transpiration afin d'assurer la durabilité des cultures en condition de rareté de l'eau.

Le projet est décliné en quatre axes de recherche selon différents niveaux, de la cellule à la plante entière, et s'est progressivement réorganisé, durant la période évaluée, autour de la vigne comme modèle d'étude. L'approche associe l'acquisition de données de physiologie obtenues au champ ou sur plateforme, à la modélisation des relations structure-fonction identifiées.

L'analyse de l'efficacité de la transpiration a conduit à la publication de plusieurs résultats remarquables obtenus sur *Arabidopsis* et sur la vigne. Les travaux portant sur la réponse stomatique à l'environnement ont permis de mettre en évidence le double rôle de l'acide abscissique sur le contrôle de l'hydraulique et de la transpiration *via* la réponse stomatique, les variations génétiques entre variétés anisohydriques et isohydriques chez la vigne et la relation entre l'ontogenèse foliaire et la transpiration. L'analyse du contrôle hydraulique de la croissance foliaire a montré la relation entre l'ontogenèse des feuilles et sensibilité au déficit hydrique, le rôle des aquaporines racinaires dans l'alimentation en eau et le contrôle de la croissance, ainsi que le rôle de l'alimentation en eau dans le déterminisme des alternances jour/nuit. L'étude de l'adaptation des capacités photosynthétiques a mis en évidence que la photosynthèse est altérée par le déficit hydrique, mais que ces capacités varient moins que la croissance. Enfin, la modélisation de la plante entière "vigne", particulièrement du couplage entre architecture, distribution de la lumière, photosynthèse et transpiration a été réalisée sur la plateforme logicielle de modélisation des plantes "OpenAlea". L'application de ce modèle permet de simuler l'impact sur les échanges gazeux et l'efficacité de la transpiration des différents modes de conduite de la vigne.

Il résulte que cette équipe compte à son actif 30 ACL (20 depuis 2010) dans des journaux à fort impact (IF moyen 4,9), ce qui est remarquable compte tenu du fait qu'une dizaine d'articles portent sur des travaux réalisés sur la vigne. Dix articles ont été publiés dans des journaux dont le facteur d'impact est supérieur à 6, parmi lesquels des articles portant sur la vigne.

L'équipe bénéficie d'un environnement scientifique très favorable au sein de l'UMR LEPSE, en particulier l'accès à l'ensemble de plateformes M3P. Plus globalement, l'équipe a su établir des collaborations avec les meilleures équipes, du niveau local au niveau international. En particulier, les travaux sur la vigne ont été développés grâce à un partenariat local très riche, en génétique (UMR AGAP), en œnologie (UMR SPO) et en système de culture (UMR SYSTEM, INNOVATION) et à des partenariats nationaux (UMR EGFV Bordeaux) et internationaux (Université des Baléares, Espagne ; Université de Lisbonne, Portugal ; Centre de Geisenheim, Allemagne ; INTA, Argentine). Les collaborations avec l'UMR AGAP permettent d'explorer les marges de progrès génétique tandis que les collaborations avec l'UMR SYSTEM visent à optimiser les modes de conduite de la vigne. Par ailleurs, l'équipe a développé un partenariat avec des sociétés privées pour favoriser le transfert de ses résultats.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

La bonne reconnaissance internationale de l'équipe ETAP, sur la période considérée, est attestée par 10 conférences invitées dont 2 « keynote talks » à des conférences internationales, auxquelles il faut ajouter 35 communications. De plus, 4 revues ont été rédigées dans les meilleures revues internationales du domaine (Tansleyreview, J Exp Bot, PCE). Un doctorant a été distingué par un prix du meilleur poster au 29^{ème} New Phytologist Symposium et un autre a été sélectionné pour intégrer une promotion de l'École Internationale de la Recherche d'Agreenium.

Par ailleurs, l'équipe ETAP a été lauréate de 4 contrats ANR, dont deux qu'elle coordonne et un dont elle anime un WP. Elle est aussi co-animatrice d'un WP du métaprogramme INRA Laccave et participe au programme européen FP7 KBBE INNOVINE.



Au niveau national, l'expertise du responsable d'équipe est avérée par une sollicitation de la Direction du Végétal et de l'Environnement de l'AFSSA dans le cadre d'un rapport de saisine sur les « risques pour les abeilles liés aux sécrétions extra-florales chez le maïs pouvant contenir des résidus de pesticides ». Par ailleurs, deux membres ont contribué à la création d'une école technique nationale portant sur les échanges gazeux. L'équipe a aussi contribué au développement du système d'information « VitPhe » dédié à l'archivage, la consultation et le traitement de données expérimentales issues de différents projets et récoltées sur des dispositifs variés, au vignoble, en serre et au laboratoire.

Interactions avec l'environnement social, économique et culturel

L'équipe a été le coordonnateur INRA du projet FUI-Région Languedoc-Roussillon « Disp'eau », développé en partenariat avec plusieurs sociétés privées. Ce projet a conduit au développement de « ITK Vigne », le premier outil d'aide à la décision permettant d'intervenir en temps réel sur la vigne en fonction du potentiel hydrique de la parcelle et des objectifs de production. Par ailleurs, dans le cadre d'un partenariat avec la société privée Sun'R, l'équipe a participé à la conception et au pilotage d'ombrages par panneaux photovoltaïques.

De par leur expertise, les membres sont régulièrement sollicités pour intervenir auprès des professionnels sur la question de l'utilisation de l'eau par les plantes et plus particulièrement par la viticulture. De plus, un chapitre d'ouvrage a été rédigé par le responsable d'équipe sur cette question.

Un membre de l'équipe est expert au Comité technique Permanent de la Sélection (Vigne) et de l'institut national des Appellations d'Origine. Il est aussi membre du GIS Viticulture au sein du groupe « changement de comportement de la vigne en lien avec le changement climatique ».

Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

L'équipe s'est constituée en 2010 et a été renforcée, en 2011, par le recrutement d'un technicien de la recherche.

Les réunions d'équipes sont régulièrement organisées et complètent les actions menées au niveau de l'unité (journal club, conseil de gestion, animation scientifique), de l'institut, voire de la place montpelliéraine.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Sur la période, le seul titulaire d'HDR de l'équipe a dirigé les thèses de 3 doctorants qui ont été soutenues entre 2008 et 2012 et a participé à la co-direction de 5 autres ; il dirige actuellement une thèse.

Ce niveau d'encadrement est excellent, mais pourrait être mieux réparti entre les scientifiques, voire amélioré par une augmentation du nombre de détenteurs d'HDR. Il est à noter que les trois doctorants qui ont soutenu leur thèse sont, à présent, en poste ou en stage post-doctoral. Par ailleurs, le niveau de publication des doctorants est excellent, 12 des 30 publications ont pour premier auteur un doctorant, parmi lesquels deux doctorants sont co-auteurs de 4 articles.

L'équipe a aussi accueilli deux étudiants étrangers en master qui ont passé 18 mois dans le groupe ainsi que deux ingénieurs en CDD. Elle accueille également de manière régulière des étudiants de Master 2.

L'implication de l'équipe dans la formation est très importante, en effet, tous les scientifiques du groupe donnent des cours à Montpellier SupAgro ou à l'Université Montpellier 2. Un membre a la responsabilité de la coordination de 3 modules du Master « biologie des plantes » à l'Université Montpellier 2. Il est aussi membre de la commission d'admissibilité de l'école doctorale et membre du bureau d'enseignement du LabEx Agropolis et du comité de formation du LabEx Numev (montage des propositions de formation). Un autre membre coordonne les enseignements sur la vigne à SupAgro. Un enseignant-chercheur coordonne 3 modules du Master français Vigne et Vin (M1, M2) et de la première année du Master européen Vinifera (M1) *Erasmus Mundus* auquel participent aussi les autres scientifiques du groupe.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet pour le prochain contrat s'inscrit dans la continuité des travaux menés depuis la constitution de l'équipe avec, pour objectif, de consolider l'expertise d'évaluation de l'impact de l'eau et des fortes températures sur les plantes cultivées.



Ce projet, qui va être développé majoritairement sur la vigne comme plante modèle, est structuré en trois volets. Le premier vise à poursuivre la modélisation de la transpiration de la vigne, en y intégrant les déterminants génétiques du contrôle de l'état hydrique de la vigne, dans l'objectif finalisé d'identifier les meilleures associations porte-greffe-greffon en fonction des disponibilités en eau. Le deuxième volet va porter sur l'identification des stades critiques du développement végétatif et reproducteur de la vigne pour mettre en évidence la compétition pour l'allocation des métabolites carbonés en conditions de stress hydrique et thermique. Le troisième volet va être consacré à affiner la modélisation de la plante entière pour analyser l'efficacité de l'utilisation de l'eau et du rayonnement solaire en fonction de l'architecture, de la charge en fruits et des interactions sol-air.

Le projet présenté est très prometteur, bien construit et va être développé dans le contexte socio-économique très porteur d'évaluation de l'impact du changement climatique sur la viticulture.

Il va être développé grâce à des partenariats bien établis (avec les UMR EGFV, AGAP, ...) et bénéficie déjà de contrats financés (ANR Duravitis, FP7 Innovine, métaprogramme INRA Laccave), ce qui en assure la faisabilité pour les prochaines années. La forte composante en modélisation du projet devrait pouvoir être développée comme prévu grâce au partenariat privilégié avec l'équipe Virtual Plants (INRIA-CIRAD-INRA) qui héberge la plateforme OpenAlea. De plus, des doctorants dont le financement de thèse est déjà acquis vont participer à ce projet.

Pour mener à bien son projet, l'équipe va être renforcée par l'accueil d'une enseignante chercheuse SupAgro précédemment intégrée dans l'équipe SPIC et par le probable recrutement d'un enseignant chercheur SupAgro au cours de l'année 2014.

Conclusion

▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe bénéficie d'un environnement scientifique très favorable au sein de l'UMR LEPSE, en particulier l'accès à l'ensemble de plateformes M3P. Son expertise est reconnue et parfaitement traduite qualitativement et quantitativement par l'activité de publications et des sollicitations à intervenir dans différentes instances. Les collaborations qu'elle a su établir avec les meilleures équipes, du niveau local au niveau international ainsi qu'avec des sociétés privées pour favoriser le transfert de ses résultats sont autant d'atouts qu'il sera important d'entretenir et préserver.

L'équipe est à présent bien structurée. L'accueil d'une enseignante chercheuse SupAgro, précédemment intégrée dans l'équipe SPIC, et le probable recrutement d'un enseignant chercheur SupAgro au cours de l'année 2014 vont considérablement renforcer l'équipe. La vie de l'équipe est organisée pour mener efficacement ses projets. Elle bénéficie de l'environnement montpelliérain scientifiquement très stimulant et sa forte implication dans la formation favorise le recrutement des meilleurs étudiants.

▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Sur le plan scientifique et technique, travailler majoritairement sur la vigne comme plante modèle est un défi, compte tenu des contraintes liées au développement de cette espèce. Il sera important de veiller à l'articulation des différents niveaux de modélisation du niveau moléculaire à celui de la plante entière.

▪ *Recommandations :*

Compte tenu de la qualité des résultats obtenus depuis sa création en 2010, du partenariat très qualitatif établi et du projet proposé, l'équipe ETAP devrait accroître son potentiel dans les prochaines années et obtenir des résultats de très haute qualité. Afin d'accroître sa capacité d'accueil de doctorants, l'équipe doit encourager ses scientifiques à passer leur HDR.



5 • Déroulement de la visite

Date de la visite

Début : Mardi 14 janvier 2014 à 8:30

Fin : Mardi 14 janvier 2014 à 19:00

Lieu de la visite Campus SupAgro Montpellier

Institution : SupAgro

Adresse : Place Viala, 34000 Montpellier

Déroulement ou programme de visite

8:30 - 8:45 Session introductive : comité d'experts et délégué scientifique AERES

8:45 Bilan de l'unité LEPSE : M. Bertrand MULLER

Présentation des bilans et projets des équipes

9:30 Bilan et projet de l'équipe SPIC « Stress environnementaux et Processus Intégrés du contrôle de la Croissance » M^{me} Christine GRANIER

10:30 Bilan et projet de l'équipe MAGE « Modélisation et Analyse de l'interaction Genotype Environnement ». M. François TARDIEU

11:15 Bilan et projet de l'équipe ETAP « Efficience de la Transpiration et Adaptation des Plantes aux climats secs ». M. Thierry SIMONNEAU

12:00 Stratégie et projet de l'unité LEPSE. M. Bertrand MULLER

Session rencontre avec les personnels

12:30 Rencontre avec les doctorants, post-doctorants et/ou CDD « chercheurs »

14:00 Rencontre avec les techniciens, ingénieurs, administratifs titulaires et CDD

14:30 Rencontre avec les chercheurs, enseignants-chercheurs permanents

15:00 Rencontre avec les représentants des tutelles

15:30 Rencontre avec les représentants de(s) l'École(s) Doctorale(s)

15:45 Rencontre avec la direction de l'unité

16:30 - 19:00 Réunion du comité d'experts à huis clos



6 • Observations generales des tutelles

UMR LEPSE

INRA - SUPAGRO

Institut de Biologie Intégrative des
Plantes (IBIP)

2 place Viala

34060 Montpellier Cedex, France

Tel. : + 33 (0)4 99 61 26 17

www1.montpellier.inra.fr/ibip/lepse/



AERES

M Christophe Robin, délégué AERES

M Dominique Rolin, président de la commission
d'évaluation du LEPSE

Montpellier le 18 Avril 2014,

Le directeur du LEPSE et tout son personnel tiennent en premier lieu à saluer le travail effectué par le délégué AERES avec qui la visite a pu être préparée de manière très constructive et dans la plus grande transparence.

Nous remercions vivement la commission d'évaluation et son président pour le temps qu'elle a consacré à nous auditer, pour le temps passé à la préparation de la visite, pour la pertinence et l'acuité des questions ainsi que pour la qualité du rapport.

Nous sommes honorés des jugements globalement très positifs émis par la commission. Nous avons également conscience de notre responsabilité dans la mise en œuvre notre projet d'unité et dans le maintien d'une production de très haut standard académique.

A l'échelle de l'unité, nous mettons dans notre réponse l'accent sur 4 points principaux.

1/ Aller au bout de la démarche plateformes – champ

La commission nous encourage à porter notre réflexion sur les stratégies et moyens à développer pour assurer le transfert des résultats à l'échelle de la parcelle agronomique et placer la stratégie du LEPSE dans un continuum entre mécanismes, données recueillies en plateformes et intégration dans des modèles de couvert ou de culture afin d'améliorer la prédiction du fonctionnement des géotypes dans des conditions climatiques sub-optimales. Le renforcement des relations avec Diascope semble particulièrement stratégique dans l'optique de valider, au champ, les résultats obtenus en conditions contrôlées

Cette perspective demande à la fois un investissement accru dans les modèles de culture, ainsi qu'une présence renforcée dans les instances de pilotage des unités expérimentales ou des réseaux d'essai.

En ce qui concerne les modèles de culture, plusieurs actions ont déjà été mises en œuvre.

- Une réflexion prospective animée par notre unité a été menée à l'échelle du département EA pour évaluer la pertinence et l'urgence de revisiter les modèles de culture en revoyant dans ce contexte la contribution de l'écoфизиologie.
- En parallèle, François Tardieu a mené une réflexion sur les stratégies de modélisation de l'interaction génotype x environnement dans le cadre du projet PHENOME.
- Ces deux actions convergent pour formuler le diagnostic que le moment est venu de nous réapproprier les modèles de culture, de revisiter leurs formalismes, de contribuer à l'amélioration de leur qualité prise en défaut comme l'ont révélé les études récentes en inter-comparaisons de modèles (Asseng et al 2013 ; Bassu et al., 2014). Nous menons donc une réflexion prospective sur la modélisation, commençant par un inventaire et une typologie et devant déboucher sur une stratégie collective.

En ce qui concerne les liens avec les unités expérimentales et les réseaux d'essai, nous avons d'ores et déjà engagé une discussion avec l'UE Diascope pour laquelle les questions de phénotypage sont de plus en plus prioritaires. Le LEPSE a alerté le département BAP sur la nécessité de mettre au point un mode de travail à intérêts partagés avec cette unité. Le nouvel IR recruté au LEPSE en 2013 avec pour double mission le pilotage de PhenoArch et la coordination des actions d'analyse des conditions environnementales au sein du réseau PHENOME pourrait jouer le rôle d'intermédiaire. Notre unité est également attachée à entretenir et développer les liens avec l'UE Pech Rouge. Nous allons dans les prochaines semaines mener des actions pour assurer notre présence au CSU de cette UE et veiller notamment à la pérennité des essais système de culture.

2/ Revoir de manière urgente notre organisation

La commission met l'accent, à juste titre, sur des difficultés organisationnelles, en lien notamment avec le volume croissant des expérimentations sur plateformes et des données générées et nous encourage à « *revoir de manière urgente notre organisation* ». L'arrivée de la plate-forme PHENOARCH a en particulier bousculé notre organisation, de par le besoin en ressources humaines pour la faire fonctionner (nous considérons qu'il faut environ 3 ETP sur cette plateforme sans compter les pics liés au semis, aux suivis des plantes, à la récolte) et pour les développements associés mais aussi par les difficultés générées par les accueils d'équipes extérieures qu'il faut former, accompagner...

En ce qui concerne l'organisation, nos actions sont :

– **d'utiliser le levier du management par la qualité (en tendant vers l'ISO9001) pour améliorer nos pratiques.** L'idée directrice est, à l'échelle de l'unité, de cartographier notre activité en processus, d'identifier les points de blocage, et de désigner de personnes responsables du suivi et du choix concerté de pistes d'améliorations. Ceci vaut en particulier pour l'accueil des non-permanents, la sécurisation de certains pipelines de recueil de données, la gestion concertée des non-permanents, etc... En accord avec cet esprit, nous chercherons à généraliser la mise en place, le partage et l'utilisation de check-lists. Le choix d'engager l'unité vers ISO9001 ou dans un projet « ISO9001 like » sera fait selon l'évaluation des rapports coûts / bénéfiques. Un point important concerne la communication car toute l'unité est concernée par ce projet. Nous aurons en particulier en juin une AG dédiée à ISO9001, et en présence de personnalités qualifiées et de toute l'unité, qui devra déboucher sur un engagement de chacun.

– **de concentrer notre effort de recrutement sur des aspects techniques en privilégiant 3 fronts : maintenance des plateformes, appui à la gestion massive des données et assistance à la gestion de projets.** Pour chacun de ces 3 axes, nous souhaitons utiliser un levier RH différent. (i) Demande de poste pour un Adjoint Technique en charge de la **maintenance de PhenoArch** (demande récurrente depuis 3 ans); celui-ci permettrait de décharger les techniciens et ingénieurs en charge de la plateforme et de leur laisser plus de temps, notamment en termes de planification, d'organisation et d'innovation. (ii) **Demande de poste en mobilité** pour un appui à la planification expérimentale et à la gestion de données. Ce profil permettrait de consolider l'équipe ETAP pour faciliter la valorisation des données recueillies dans cette équipe. Un AI en demande de ré-intégration du GEVES correspond exactement à ce profil. (iii) Embauche sur crédits de contrats **d'un assistant à la gestion**. Il (elle) permettrait de mettre en place des outils de planification et de gestion des contrats et de décharger plusieurs scientifiques de certaines tâches administratives.

- **de mutualisation les forces.** Par exemple, nous aurons comme objectif de limiter le nombre de contrats d'embauche et de proposer des contrats plus longs, au besoin entre plusieurs équipes comme cela est déjà pratiqué depuis quelques mois. La mutualisation des forces parmi les permanents est d'une manière générale très élevée au

LEPSE. Tous les techniciens ont des responsabilités et des activités déjà très transversales (enceintes de culture, échanges gazeux, plateformes de phénotypage) et des missions particulièrement claires (lettre de mission). Les points de sujétions sont consommés sans problème tandis que les agents montrent des difficultés à prendre leurs congés dans les temps. Les marges de progrès en termes de redistribution des forces au grès des pics expérimentaux sont donc très limitées.

3/ Recommander aux tutelles de soutenir le rapprochement avec le groupe Virtual Plants.

Nous partageons l'avis de la commission sur la valeur ajoutée de ce rapprochement ainsi que la stratégie gagnant – gagnant que chacun pourrait en retirer (y compris les tutelles). Nous en appelons aux tutelles pour instruire ce dossier au niveau suffisant pour qu'il soit traité avec l'intérêt scientifique et l'intérêt des équipes comme fil conducteur.

4/ Evaluer collectivement l'intérêt de prendre en compte l'acclimatation aux teneurs en CO2 élevées dans nos modèles

Nous avons bien noté les questionnements de la commission quant à la pertinence de franchir le pas et incorporer la concentration en CO2 atmosphérique comme variable environnementale supplémentaire. Cette question sera débattue à l'échelle de l'unité comme la commission nous y encourage, probablement autour d'un groupe de travail intégrant un membre de chaque équipe. Nous pensons qu'un tel investissement pourrait avoir une ampleur différente, selon qu'il s'agit a minima de maîtriser le CO2 ambiant dans certains de nos dispositifs ou bien mener des expérimentations avec des traitements en CO2 variés et prendre en compte explicitement cette variable dans les modèles que nous développons.

Nous ne considérons pas que le manque d'intérêt des semenciers vis à vis de cette composante atmosphérique doive être nécessairement pris comme réhibitoire car les scientifiques peuvent apporter une perspective différente (le CO2 peut également être vu comme un moyen d'éprouver la robustesse des modèles). Le devenir d'un projet déposé sur ce thème à un appel d'offre récent de la JPI-FACCE pourrait être déterminant. Comme la commission le suggère, ce questionnement ne sera pas déconnecté de celui lié à la prise en compte de l'azote dans le système.

A l'échelle des équipes, des compléments de réponses sont indiquées dans les paragraphes qui suivent.

EQUIPE MAGE

Modélisation. L'équipe prend bonne note de la mise en garde de la commission sur le risque associé à la stratégie de partenariats. Le partenariat australien (APSIM) sur lequel nous nous sommes appuyés jusqu'à présent perdurera pendant le prochain mandat, en particulier avec une thèse co-encadrée. Il nous semble nécessaire de le diversifier. Depuis la rédaction du rapport, le département EA de l'INRA a mis en place une réévaluation de sa stratégie en modélisation des cultures, à laquelle nous sommes associés. Ceci devrait permettre de mettre rapidement en place un cadre de travail qui évite l'isolement potentiel relevé par la commission. Ce nouveau contexte et nos implications (modestes) dans le projet UE Modextreme et dans l'initiative internationale AGMIP permettront d'affiner notre stratégie dans l'année qui vient.

CO2 élevé et prise en compte de processus actuellement non mesurés. En ce qui concerne le CO2 élevé, des éléments de réponse sont apportés au niveau de l'unité. En ce qui concerne de nouveaux caractères, nous continuerons à travailler sur la phase allant jusqu'à la détermination du nombre de grains, fortement liée au rendement, sans nous impliquer directement dans la phase de remplissage du grain. Cette stratégie nous semble la plus raisonnable.

Organisation. La construction et mise en route d'une nouvelle plateforme (PHENOARCH), l'ouverture à l'extérieur des deux plateformes dont nous avons la responsabilité et la pression expérimentale sur l'équipe ont généré une situation inédite pour nous, impliquant le recrutement d'un grand nombre de CDD, le changement de 'métier' de tous vers l'analyse de données plus que des mesures directes et l'interaction quotidienne avec des équipes visiteuses. Il nous faut apprendre à travailler dans ces nouvelles conditions, ce qui a généré des difficultés d'organisation. Une nouveau mode d'organisation, des réunions d'équipe à un rythme plus régulier et un meilleur partage des responsabilités contribuera, nous l'espérons, à améliorer la situation. Celle-ci restera cependant tendue tant que le renforcement demandé en un technicien qui pourrait assurer la maintenance des plateformes n'est pas opéré (2.5 techniciens, pour l'instant essentiellement consacrés aux plateformes, pour 6 scientifiques).

Equilibre du niveau de publication entre membres de l'équipe. Le renouvellement profond de la composition de l'équipe et un nouveau mode de fonctionnement devraient contribuer à un meilleur équilibre.

EQUIPE SPIC

Equilibre entre projets propres, développements technologiques et prestations. L'équipe est très attentive à cet équilibre autour des outils de phénotypage. La plate-forme PHENOPSIS a été développée dans sa première version depuis 2004 et notre activité montre qu'un certain équilibre est trouvé dans la mesure où ces années n'ont pas montré de baisse de régime de publications ou diminution du nombre de dépôts de projets, le tout sans qu'apparaisse de réelle difficulté d'organisation alors que nous augmentions notre capacité ainsi que le nombre de traits morphologiques ou physiologiques quantifiables. Nous pensons que l'équipe est dans une situation saine avec une bonne répartition des tâches entre permanents et non-permanents, un mode de fonctionnement adapté et une attention particulière à ce que les projets déposés soient réalisables sans surcharge de travail et avec les soutiens financiers et techniques nécessaires. La complémentarité des approches entre les chercheurs est un atout dans cet équilibre. La soutenance prochaine de l'HDR par Denis Vile fin 2014 renforcera la capacité d'encadrement de l'équipe.

Prévenir tout risque d'éparpillements thématiques et disciplinaires. La thématique centrale de l'équipe est l'analyse et la modélisation des circuits physiologiques qui lient les différents niveaux d'organisation de la croissance de la plante et de sa plasticité en réponse aux contraintes de l'environnement. L'équipe est impliquée dans de nombreux projets avec un partenariat dans des disciplines diversifiées allant de la biologie moléculaire à l'évolution ou l'écologie fonctionnelle. Ceci ne traduit pas une dispersion mais le souhait délibéré de s'appuyer sur des informations de nature diverses pour renforcer nos démonstrations scientifiques. Par ailleurs, l'ouverture de nos travaux à des espèces d'intérêt agronomique avait été encouragée lors de la dernière évaluation. Aussi, nous avons profité du projet KIC-Climate et de notre étroite collaboration avec Bayer CropScience pour lancer un programme sur le colza. Les premiers résultats sur cette espèce étant prometteurs et faisant apparaître des liens avec ceux obtenus chez Arabidopsis, nous allons tenter de poursuivre ces travaux en profitant du contexte national et partenarial avec le secteur privé.

EQUIPE ETAP

L'équipe remercie la commission pour son appréciation très positive et son encouragement à poursuivre le développement du projet engagé. Nous relevons néanmoins son inquiétude quant au défi technique et scientifique que constitue le choix de l'espèce travaillée et sa recommandation de veiller au maintien du dialogue entre différentes échelles de modélisation.

Choix de la vigne comme espèce principale : Nous sommes conscients des contraintes imposées par cette espèce et il nous a fallu très tôt adapter notre mode de fonctionnement par une gestion du matériel végétal et une planification expérimentale pluriannuelle en articulation forte avec les unités voisines travaillant également sur cette espèce. Malgré cela, une forte charge de travail est actuellement supportée par l'ensemble de l'équipe au détriment du temps consacré à l'analyse de données. Elle justifie notre demande de poste en mobilité pour un appui à la planification expérimentale et à la gestion de données de l'équipe. La réintégration d'un AI du GEVES ayant ces compétences spécifiques devrait améliorer la situation.

Articulation des différents niveaux de modélisation : Ce point a fait l'objet d'une réflexion approfondie lors de la reconfiguration de notre projet d'équipe en vue de l'accueil de deux enseignants-chercheurs. Les réponses récentes aux appels à projets visent à soutenir cette articulation. Cette problématique de changement d'échelle devra demeurer une préoccupation permanente pour maintenir la cohérence entre notre projet à finalités appliquées, qui requiert souvent des approches intégratives, et l'assemblage de nos résultats parfois morcelés. La concertation rapprochée avec les autres unités de recherche travaillant sur la vigne (ou les pérennes) en France et les collaborations internationales que nous continuons à renforcer sont un élément essentiel de notre démarche dans cette perspective d'assemblage. L'autre élément-clef étant l'appui sur les plates-formes de modélisation que nous allons poursuivre.



LE DIRECTEUR D'UNITÉ
Bertrand MULLER

Bertrand Muller