



UMR Biochimie et Physiologie Moléculaire des Plantes

UMR CNRS/INRA/SupAgro/UM2

DOSSIER D'EVALUATION

VAGUE E : CAMPAGNE D'EVALUATION 2013-2014



Biochimie et Physiologie Moléculaire des Plantes
Campus SupAgro / INRA - Bât. 7 - 2, Place Pierre Viala - 34060 Montpellier Cedex 1 -
France
Tel. : +33 (0) 499 61 31 15 - Fax: +33 (0) 467 52 57 37 - <http://www.bpmp.cnrs.fr/>





UMR Biochimie et Physiologie Moléculaire des Plantes

UMR CNRS/INRA/SupAgro/UM2

Nom de l'unité : Biochimie & Physiologie Moléculaire des Plantes

Acronyme : B&PMP

Nom du directeur pour le contrat en cours : Alain GOJON

Nom du directeur pour le contrat à venir : Alain GOJON

Type de demande

Renouvellement à l'identique ☒

Restructuration ☐

Création ex nihilo ☐

Choix de l'évaluation interdisciplinaire de l'unité de recherche

Oui ☐

Non ☒

TABLE DES MATIERES

PRESENTATION DU LABORATOIRE	p. 2
INTRODUCTION	p. 3
POLITIQUE SCIENTIFIQUE	p. 5
A. Aspects généraux	p. 5
B. Approches et objectifs scientifiques	p. 6
C. Environnement local	p. 7
D. Production scientifique	p. 8
E. Evolution pendant la période 2008-2013	p. 9
PROFIL D'ACTIVITE	p. 11
ORGANISATION ET VIE DU LABORATOIRE	p. 12
A. Structure du laboratoire	p. 12
B. Ressources humaines et financières	p. 13
C. Management	p. 16
D. Animation scientifique et communication	p. 18
E. Hygiène et sécurité – assurance qualité	p. 19
FAITS MARQUANTS	p. 21
 PARTICIPATION DU LABORATOIRE A LA FORMATION DE JEUNES SCIENTIFIQUES	 p. 25
 STRATEGIE & PROSPECTIVES SCIENTIFIQUES DU LABORATOIRE	 p. 29
CONSIDERATIONS GENERALES	p. 30
PRINCIPAUX OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE B _g PMP	p. 31
Renforcement des recherches sur le transport de l'eau et les réponses au stress hydrique	p. 31
Développement d'approches de biologie des systèmes	p. 31
Fonctionnement intégré des racines : comment relier ses rôles dans le transports à sa croissance adaptative et à son développement	p. 31
Intérêt partagé pour les mécanismes de régulation posttranslationnelle	p. 32
Approches prospective de génétique	p. 32
LA POSITION DE B _g PMP DANS SON ENVIRONNEMENT	p. 33
STRATEGIE DE GESTION DES RESSOURCES HUMAINES	p. 34

PRESENTATION
DU LABORATOIRE

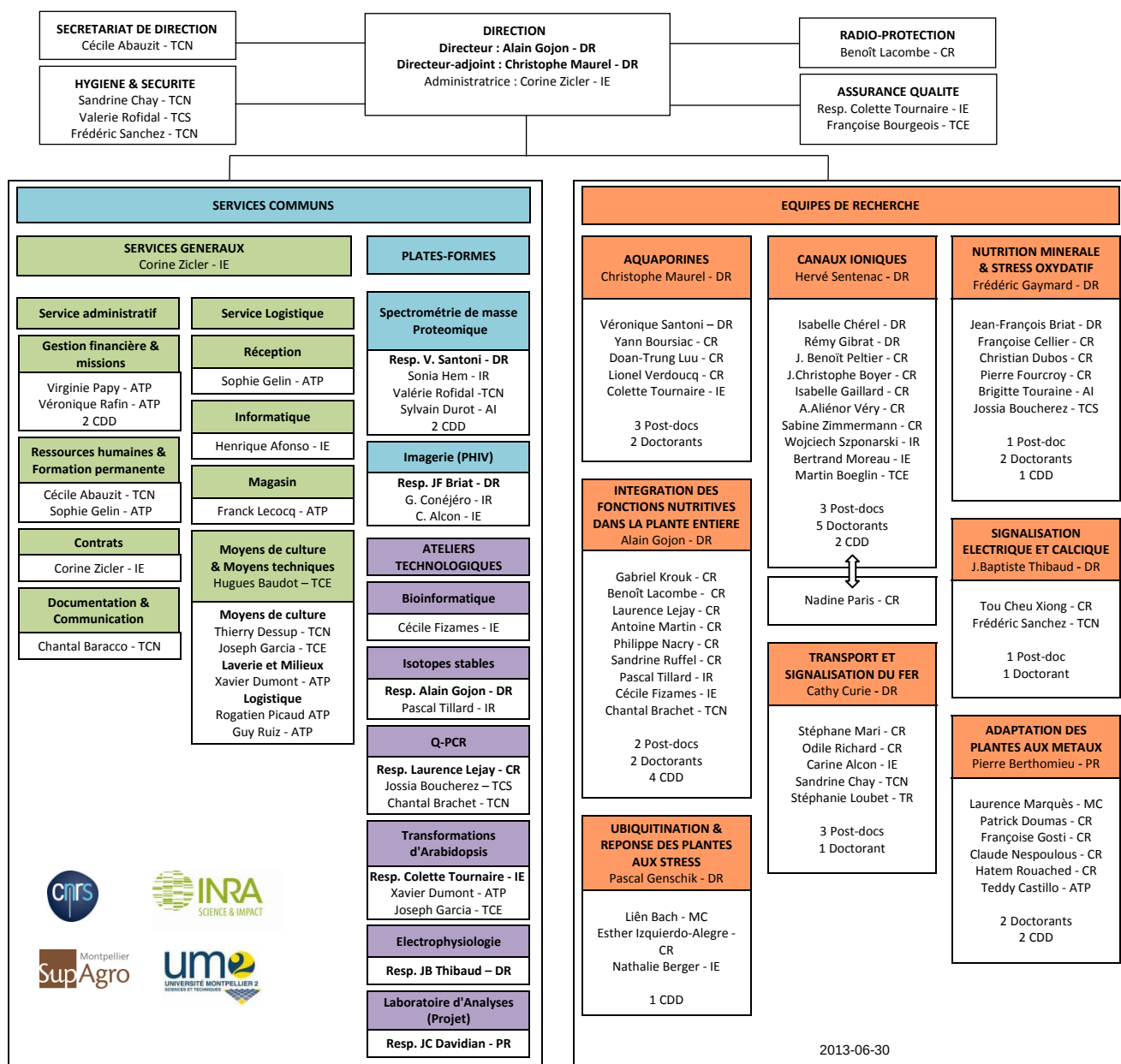
INTRODUCTION

L'Unité Mixte de Recherche « Biochimie et Physiologie Moléculaire des Plantes » (B&PMP, www.montpellier.inra.fr/ibip/bpmp/) est localisée sur le Campus INRA/Montpellier SupAgro ("La Gaillarde") et regroupe plus de 120 personnes, dont des agents permanents de quatre organismes de tutelle (le CNRS, l'INRA, Montpellier SupAgro et l'Université Montpellier 2) et des étudiants, doctorants, post-doctorants et techniciens non permanents de 13 nationalités différentes.

L'origine de B&PMP remonte au "Laboratoire de Biochimie et Physiologie Végétales" (BPV), créé en 1971 par le Professeur Louis Salsac sur le Campus de La Gaillarde, dont l'objectif scientifique principal était l'étude des aspects physiologiques et biophysiques de la nutrition des plantes supérieures. Dans les années qui ont suivi, BPV a été associé aux quatre institutions auxquelles l'UMR B&PMP est rattachée, et a été dirigé depuis 1981 par le Professeur Claude Grignon. L'actuelle UMR B&PMP a été créée en 1999, et a été successivement dirigée par le Professeur Claude Grignon (jusqu'en 2006), par le Dr. Jean-François Briat (2007-2012) et par le Dr. Alain Gojon (2012-).

L'UMR B&PMP est structurée en 8 équipes de recherche créées entre 1991 et 2013, une équipe Services généraux (services administratif et logistique) et plusieurs plates-formes technologiques ou ateliers communs (Voir l'organigramme au 30/06/2013 ci-dessous).

Biochimie & Physiologie Moléculaire des Plantes



En 2005, B&PMP a déménagé dans le bâtiment neuf (Bâtiment 7) de l'Institut de Biologie Intégrative des Plantes – Claude Grignon (IBIP) qui héberge également le "Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux" (LEPSE). Lors de sa création, l'IBIP comprenait une troisième unité, le "Laboratoire de Protéomique Fonctionnelle" (LPF), situé dans un autre bâtiment du même campus (Bâtiment 13). Fin 2012, le LPF a été fermé et sa plate-forme technologique de spectrométrie de masse protéomique (« MSPP » : Mass Spectrometry Protéomic Platform), a été administrativement rattachée à B&PMP, bien qu'elle reste encore située dans le Bâtiment 13. Par conséquent, B&PMP est aujourd'hui localisé dans deux bâtiments distincts, distants d'environ 200 m.

L'UMR B&PMP est une unité de recherche en Biologie Intégrative. Elle a pour objet d'étudier les mécanismes moléculaires et les bases génétiques de la nutrition hydrique et minérale des plantes et des réponses adaptatives des plantes aux variations des conditions abiotiques de l'environnement.

Les équipes de recherche étudient les différents processus physiologiques qui déterminent le statut hydro-minéral des plantes, en insistant particulièrement sur les processus de transport membranaire impliqués dans l'acquisition de l'eau et des nutriments minéraux par les racines, et leur distribution entre les différents organes. De ce fait, l'étude des transporteurs et canaux membranaires, ainsi que leur intégration dans la plante entière et leur régulation en réponse aux facteurs environnementaux, a été et reste un axe central des projets de recherche de la plupart des équipes. Différents aspects du métabolisme et du stockage des nutriments sont également étudiés. En plus des aspects hydriques, les travaux concernent le prélèvement et l'utilisation de la plupart des macro- et micronutriments majeurs (le potassium, l'azote, le phosphore, le fer, le zinc, le manganèse, etc.).

Un second axe fort des recherches de B&PMP est, au sens large, l'élucidation des mécanismes de signalisation qui permettent à la plante de percevoir les contraintes abiotiques et de développer des réponses adaptatives appropriées. Cela inclut, dans plusieurs équipes, une large palette de réponses allant de la reprogrammation du transcriptome ou protéome aux modifications de la croissance et du développement. Ce second champ d'étude n'est pas déconnecté du premier (les mécanismes de transport), car il vise aussi à déterminer la façon dont la machinerie de transport est modulée pour maintenir une nutrition optimisée malgré les fluctuations de l'environnement. Les facteurs abiotiques que nous étudions sont principalement la disponibilité externe des nutriments minéraux, de l'eau ou des métaux, et la lumière. En règle générale, les niveaux d'organisation biologique concernés par les projets de recherche vont de la molécule à la plante entière, qui est le niveau d'intégration le plus élevé dans B&PMP (les populations sont hors de notre champ d'étude).

A. ASPECTS GENERAUX

L'activité majeure de B&PMP est la recherche académique. Notre principal objectif est de comprendre comment les plantes assurent leur nutrition hydro-minérale, et répondent aux facteurs abiotiques environnementaux. Nous visons principalement à identifier des mécanismes moléculaires et cellulaires fondamentaux, en utilisant les modèles et approches les plus pertinents pour atteindre un standard scientifique de haute qualité et maintenir notre visibilité au niveau international. La plupart des équipes de B&PMP travaillent sur des plantes modèles, au premier rang desquelles *Arabidopsis thaliana*.

Malgré cette priorité pour la recherche fondamentale, les études conduites à B&PMP ont clairement une pertinence socio-économique. Dans un contexte de développement de l'agriculture durable et de changement climatique global, nous pensons que les questions relatives à l'efficacité de l'usage de l'eau et des engrais minéraux par les plantes seront d'une importance stratégique croissante. En outre, les facteurs abiotiques que nous étudions correspondent à des contraintes environnementales majeures qui affectent déjà la production agricole partout dans le monde : les stress hydrique ou salin, les carences en nutriments ou la toxicité métallique. Pour améliorer l'impact de nos travaux en matière d'innovation, B&PMP soutient le développement de projets collaboratifs avec des partenaires privés, des généticiens ou écophysiologistes.

Bien que B&PMP maintienne une thématique de recherche ciblée et bien identifiée, son organisation scientifique repose sur des équipes de recherche ayant à la fois une véritable autonomie et une taille significative. Il s'agit d'une stratégie délibérée. Cette organisation fournit le meilleur compromis entre la nécessité de garantir notre efficacité collective et notre visibilité internationale, et celle de stimuler l'autonomie et la créativité scientifiques des chercheurs. D'une part, les thèmes de recherche communs favorisent les synergies internes et permettent à B&PMP d'occuper une place reconnue dans le monde pour ce qui est de l'étude de l'utilisation de l'eau et des nutriments par les plantes. D'autre part, la taille significative des équipes accroît leur crédibilité, permet de conduire des stratégies ambitieuses, et résout partiellement les problèmes transitoires de financement des projets individuels des chercheurs. Enfin, l'autonomie des groupes permet le développement de projets originaux et innovants dans la mesure où la stratégie scientifique globale n'est pas verrouillée au niveau du Directeur. En conséquence, B&PMP n'a pas d'organisation transversale formelle (c'est-à-dire pas de programmation scientifique croisée avec celle des différentes équipes). Des thèmes communs de recherche ou des projets collaboratifs sont encouragés entre les équipes, mais ne sont pas imposés car ils limiteraient la liberté de ces équipes.

Un autre élément-clé de l'organisation scientifique de B&PMP est que cette organisation n'est pas déterminée par l'appartenance des personnels aux organismes de tutelle (CNRS, INRA, SupAgro, UM2). Toutes les équipes comprennent des personnels de plusieurs de ces organismes, faisant de B&PMP une véritable "Unité Mixte de Recherche" dans laquelle les objectifs scientifiques de chaque équipe sont évalués et validés par tous les organismes. Ainsi, la co-construction de nouveaux projets entre plusieurs institutions est une stratégie générale de B&PMP (Cf. par exemple, la création de la nouvelle équipe de recherche "Ubi-Stress" en 2013 avec les soutiens du CNRS, de l'INRA et de l'UM2).

La formation est aussi un objectif majeur de B&PMP, en relation directe avec son activité de recherche fondamentale. Nous participons aux formations en science végétale à la fois à l'Université Montpellier 2 et dans le cadre de l'école d'ingénieurs Montpellier SupAgro. Des personnels de ces deux institutions travaillent dans le laboratoire et des chercheurs du CNRS et de l'INRA participent également de façon significative aux enseignements. En outre, notre laboratoire a une longue expérience de l'encadrement d'étudiants en master ou en thèse, de post-doctorants ou d'ingénieurs ou techniciens contractuels. L'aspect international de cette formation a augmenté pendant la période 2008-2013, avec l'accueil d'un nombre croissant d'étudiants et de post-doctorants étrangers, et la proposition de sessions de formation de niveau international (écoles d'été).

B. OBJECTIFS ET APPROCHES SCIENTIFIQUES

Les grandes lignes et les évolutions majeures des programmes de recherche conduits par les différentes équipes de B&PMP pendant la période 2008-2013 peuvent être décrites par les caractéristiques suivantes :

- **Un engagement soutenu sur l'étude des canaux et transporteurs membranaires d'eau et d'ions.** C'est l'activité scientifique historique de B&PMP qui a réuni un ensemble unique d'expertises physiologiques et biophysiques, et qui a résolument mis en œuvre des approches moléculaires depuis les années 1990. L'identification moléculaire et la caractérisation fonctionnelle des systèmes membranaires de transport de l'eau (aquaporines) et des ions minéraux (K^+ , NO_3^- , Fe, Mn, etc.) ont été et sont toujours une activité majeure de notre laboratoire. En outre, les canaux et transporteurs sont les cibles moléculaires principales des mécanismes de régulation étudiés par la plupart des équipes.
- **Un intérêt pour les acteurs moléculaires complémentaires de la nutrition minérale et des réponses aux facteurs abiotiques.** Les résultats de plusieurs approches conduites sans *a priori* (transcriptomique, génétique directe) ont permis l'identification de gènes impliqués dans les réponses des plantes aux facteurs abiotiques, mais qui n'ont pas de relation directe évidente avec les processus de transport (par exemple, les défensines, les facteurs de transcription). La création de la nouvelle équipe "Ubi-Stress" qui va notamment s'intéresser aux inhibiteurs du cycle cellulaire, a récemment renforcé cette tendance. De plus, plusieurs programmes sont poursuivis et/ou développés sur les composants moléculaires du stockage ou du métabolisme des nutriments (par exemple, ferritines, travaux sur les plantes hyper-accumulatrices de métaux).
- **Des recherches renforcées sur les mécanismes de perception, de signalisation et de régulation.** C'est indubitablement le sujet qui a été le plus développé durant la période récente. Presque toutes les équipes ont consacré une part importante de leurs efforts à l'identification des mécanismes de régulation qui affectent l'expression et/ou l'activité de leurs canaux ou transporteurs préférés. Cette approche est directement liée à la recherche de mécanismes d'adaptation aux environnements abiotiques contrastés. Dans la majorité des cas, les canaux et transporteurs ont été utilisés comme cibles moléculaires pour décrypter les voies de signalisation qui contrôlent les systèmes de transport membranaires et contribuent aux principales réponses adaptatives (par exemple, la régulation des systèmes d'absorption de la racine en réponse à une carence en nutriments, la régulation de la turgescence dans les cellules de garde en réponse au stress hydrique, etc.). Ces études ont été menées à la fois au niveau transcriptionnel (analyse des promoteurs, facteurs transcriptionnels) et au niveau post-transcriptionnel (stabilité des transcrits, régulation post-traductionnelle). Récemment, les approches au niveau protéine (phosphorylation, déphosphorylation, interactions protéine-protéine, dynamique d'adressage et trafficking, dégradation des protéines) se sont significativement développées. Ces études ont été couplées à des approches fines de biologie cellulaire, pour mettre en évidence les relations entre les propriétés biochimiques des protéines membranaires et leur dynamique cellulaire en condition de repos ou de stress.
- **Une montée en puissance des études sur les réponses de croissance et de développement.** Il s'agit d'une évolution majeure du profil scientifique de B&PMP qui résulte à la fois d'une stratégie prospective et de découvertes inattendues. Trois événements convergents ont conduit à placer les processus de croissance et de développement au cœur de l'activité de recherche de B&PMP. En premier lieu, le projet "Ubi-Stress" a été construit depuis le début en mettant l'accent sur les mécanismes cellulaires qui gouvernent les réponses de la croissance au stress abiotique, sans aucun lien préconçu avec le transport d'eau ou de nutriments. C'est une stratégie délibérée destinée à élargir le champ scientifique de B&PMP. En deuxième lieu, des découvertes inattendues mais très originales montrant que des protéines de transport (par exemple, les aquaporines et les transporteurs de nitrate) jouent un rôle central dans le développement de la racine ont conduit plusieurs équipes à faire de la morphogenèse adaptative de la racine un sujet central de leur approche intégrative. Ce sujet est particulièrement pertinent pour comprendre la façon dont les plantes développent des réponses structurelles et fonctionnelles coordonnées aux facteurs abiotiques. En troisième lieu, des mécanismes moléculaires liant le transport d'eau et de nutriments aux hormones (*par exemple*, l'auxine) ont été mis en évidence de manière répétée par plusieurs équipes, soulignant le fait que les réponses adaptatives du développement aux facteurs abiotiques dépendent d'interactions directes entre les systèmes de transport et les signalisations hormonales.
- **Le développement d'approches de biologie des systèmes pour aborder un niveau de complexité plus élevé.** Jusqu'à récemment, la plupart des projets de recherche s'attachaient à des gènes, des protéines ou des

mécanismes de régulation isolés. La période récente a mis en lumière la complexité réelle des questions biologiques sur lesquelles nous travaillons. Par exemple, la régulation du transport d'ions ou d'eau fait apparaître des propriétés émergentes quand on la considère non plus au niveau cellulaire uniquement, mais à celui de l'organe ou de la plante entière. Nous avons également constaté que les promoteurs de nos gènes préférés sont les cibles d'un large éventail de différentes voies de signalisation. En outre, des interactions inattendues ont été trouvées au niveau moléculaire entre différents nutriments (par exemple, le carbone et l'azote, le phosphate et le nitrate, le phosphate et le zinc, le phosphate et le fer). Cela nous pousse à développer les études des réponses intégrées aux contraintes multiples et des interactions entre les voies de signalisation comme des questions de recherche spécifiques. Pour relever ces défis, qui avaient été identifiés dans notre rapport précédent, B_gPMP a consacré des efforts particuliers au développement de la biologie des systèmes et aux approches de modélisation mathématique. Ces approches sont maintenant couramment utilisés par trois équipes de B_gPMP, grâce à une coopération avec des équipes de physiciens ou mathématiciens.

En complément des éléments ci-dessus, deux aspects généraux de l'activité de recherche de B_gPMP doivent être soulignés pour comprendre pourquoi B_gPMP se définit comme une unité de recherche en biologie intégrative:

- Bien que la plupart des projets s'intéressent à des mécanismes moléculaires très ciblés (transport, régulation), une tendance générale de toutes les équipes est de comprendre la fonction intégrée de ces mécanismes dans la plante entière. Ainsi, nous combinons toujours des approches allant du niveau de la cellule à celui de la plante entière, en considérant un plus large éventail de phénotypes que celui immédiatement suggéré par les données moléculaires et cellulaires sur le mécanisme à l'étude. Cela a conduit à des résultats originaux, tels que le rôle (i) des canaux potassiques dans la photosynthèse ou la transpiration, (ii) des aquaporines et transporteurs de nitrate dans le développement des racines, (iii) des transporteurs de nitrate en tant que senseurs de cet ion.
- Notre recherche repose sur une combinaison de techniques moléculaires, cellulaires, biochimiques, biophysiques et physiologiques. C'est une caractéristique forte de la plupart des publications de notre laboratoire que d'inclure des données obtenues avec cette gamme de méthodes. En conséquence, un aspect du fonctionnement scientifique de B_gPMP très collectif et transversal est le développement de plates-formes ou d'installations technologiques communes regroupant à la fois les équipements et les expertises pertinents. Ces plates-formes et installations comprennent : (i) une plate-forme spectrométrie de masse protéomique (MSPP), (ii) une plate-forme d'imagerie (microscopie) qui fait partie de la "Plateforme d'Histologie et d'Imagerie Végétale" (PHIV) commune à B_gPMP et l'UMR AGAP (Cirad, INRA, SupAgro), (iii) une plate-forme d'expression hétérologue et d'électrophysiologie, (iv) une plate-forme d'analyse des isotopes stables, et (v) des installations communes pour la transformation d'*Arabidopsis*, la RT-qPCR, le phénotypage hydraulique de tissus, et diverses analyses biochimiques et chimiques. Certaines de ces plates-formes et installations sont très spécifiques au niveau national et même international. Plus important encore, la période 2008-2013 a vu la finalisation en 2012 du projet technologique CPER " Du Gène au Phénotype Intégré " (GPI), commun avec le LEPSE (coordinateurs : JF Briat et T. Simmoneau), et qui comprend pour B_gPMP d'importantes installations pour la culture des plantes et le phénotypage (serres, chambres de culture, imagerie, électrophysiologie).

C. ENVIRONNEMENT LOCAL

B_gPMP est rattaché à l'IBIP (www.montpellier.inra.fr/ibip/). L'IBIP est une structure informelle qui regroupe deux UMR, B_gPMP et le LEPSE, qui ont pour intérêt scientifique commun la caractérisation des déterminismes du phénotype de la plante, en tenant compte de l'interaction entre le génotype et l'environnement abiotique. Le LEPSE est une unité d'écophysiologie, travaillant sur l'analyse et la modélisation des réponses et de l'adaptation des plantes aux stress environnementaux (principalement l'hydraulique et la croissance en réponse au stress hydrique ou à des températures élevées). Malgré leurs différents champs disciplinaires, B_gPMP et le LEPSE partagent une stratégie commune, avec des approches intégratives du gène au phénotype, et vice-versa. Ces intérêts scientifiques et stratégies communs permettent aux diverses équipes des deux unités de collaborer et de développer des projets conjoints (6 formellement financés au cours de la période d'évaluation).

B_gPMP fait partie du Labex "AGRO" (l'ancien RTRA «Agriculture et développement durable» jusqu'en 2011). Ce Labex est coordonné par la Fondation Agropolis, et regroupe 36 unités de recherche, avec une spécialisation principale en sciences végétales et alimentation (biologie, écologie et agronomie), et un intérêt particulier pour les régions tempérées, méditerranéennes et tropicales. L'objectif principal du Labex "AGRO" est de financer des projets de

recherche, sur la base d'appels à propositions axés sur des thèmes spécifiques. La plupart des projets financés par le Labex impliquent des collaborations internationales, en particulier avec les pays en développement. B&PMP a réussi à avoir plusieurs projets financés par le RTRA/labex pendant la période considérée. En particulier, B&PMP coordonne le grand projet fédératif "RHIZOPOLIS", impliquant 18 équipes de recherche de 11 unités différentes, et visant à étudier un large éventail de déterminants structurels et fonctionnels de l'acquisition de l'eau et des nutriments par les racines des plantes.

D. PRODUCTION SCIENTIFIQUE

La production scientifique de B&PMP en termes de publications dans des revues avec comités de lecture est résumée dans le tableau ci-dessous, montrant la liste des journaux correspondants et leurs facteurs d'impact (FI 2011).

Nom de la revue	Nom abrégé	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total	Impact factor 2011	Impact factor x nb articles
Annual Review of Plant Biology	Annu. Rev. Plant Biol.	1						1	25,962	25,962
Nature Cell Biology	Nat. Cell Biol.					2		2	19,488	38,976
Developmental Cell	Dev. Cell			1	1			2	14,030	28,060
Trends in Plant Science	Trends Plant Sci.				1		2	3	11,047	33,141
Proceedings of the Nat. Acad. of Sci. of the USA	P. Natl. Acad. Sci. USA	2	1	1	4	1		9	9,681	87,129
Current Biology	Curr. Biol.	1					1	2	9,647	19,294
Biotechnology Advances	Biotechnol. Adv.						1	1	9,646	9,646
Current Opinion in Plant Biology	Curr. Opin. Plant Biol.		3	1				4	9,272	37,088
The EMBO Journal	EMBO J.		1			1		2	9,205	18,410
Genome Biology	Genome Biol.			1			1	2	9,036	18,072
The Plant Cell	Plant Cell	3		2	2	2	2	11	8,987	98,857
PLoS Genetics	PLoS Genet.			1		1		2	8,694	17,388
Antioxidants & Redox Signaling	Antioxid. Redox Signal.						1	1	8,456	8,456
Cell Research	Cell Res.				1			1	8,190	8,190
Journal of Molecular Cell Biology	J. Mol. Cell Biol.			1				1	7,667	7,667
Molecular & Cellular Proteomics	Mol. Cell. Proteomics	1						1	7,398	7,398
The ISME Journal	ISME J.				1			1	7,375	7,375
Seminars in Cell & Developmental Biology	Semin. Cell Dev. Biol.					1		1	6,646	6,646
New Phytologist	New Phytol.	1	1	1	3	2	3	11	6,645	73,095
Cellular and Molecular Life Sciences	Cell. Mol. Life Sci.			1				1	6,570	6,570
Plant Physiology	Plant Physiol.	3	5	5	1	2	1	17	6,535	111,095
The Plant Journal	Plant J.	4	2	1	4	2	1	14	6,160	86,240
Chemistry & Biology	Chem. Biol.		1					1	5,829	5,829
Molecular Plant	Mol. Plant		1	1			2	4	5,546	22,184
Journal of Experimental Botany	J. Exp. Bot.	1	1	1	2	1	1	7	5,364	37,548
Plant, Cell & Environment	Plant Cell Environ.		1		1		1	3	5,215	15,645
PLoS Computational Biology	PLoS Comput. Biol.		1					1	5,215	5,215
Advances in Agronomy	Adv. Agron.	1						1	5,204	5,204
Journal of Proteome Research	J. Proteome Res.						1	1	5,113	5,113
Biochimica Et Biophysica Acta - General Subjects	BBA - Gen. Subjects			1				1	5,000	5,000
Traffic	Traffic				1		1	2	4,919	9,838
Biochemical Journal	Biochem. J.	1	1					2	4,897	9,794
Journal of Biological Chemistry	J. Biol. Chem.		1	1	1		1	4	4,773	19,092
Plant and Cell Physiology	Plant Cell Physiol.			1				1	4,702	4,702
Proteomics	Proteomics				1			1	4,505	4,505
PLoS one	PLoS one				1	1	1	3	4,092	12,276
Annals of Botany	Ann. Bot.-London	1	1				1	3	4,030	12,090
Metallomics	Metallomics				1			1	3,902	3,902
Fungal Genetics and Biology	Fungal Genet. Biol.						1	1	3,737	3,737
Febs Letters	Febs Lett.					1		1	3,538	3,538
Soil Biology & Biochemistry	Soil Biol. Biochem.	1						1	3,504	3,504
BMC Plant Biology	BMC Plant Biol.			1	1			2	3,447	6,894
Phytochemistry	Phytochemistry		1					1	3,351	3,351
BMC Systems Biology	BMC Syst. Biol.			1				1	3,148	3,148
Physiologia Plantarum	Physiol. Plantarum	1			1			2	3,112	6,224
Planta	Planta	2	2					4	3,000	12,000
Plant Science	Plant Sci.	1				1	1	3	2,945	8,835
Advances in Botanical Research	Adv. Bot. Res.		1					1	2,855	2,855
Plant Methods	Plant Methods			2				2	2,833	5,666
Journal of Plant Physiology	J. Plant Physiol.		1	1				2	2,791	5,582
Plant and Soil	Plant Soil		1				1	2	2,733	5,466
Mycorrhiza	Mycorrhiza						1	1	2,630	2,630
Australian Journal of Grape and Wine Research	Aust. J. Grape Wine Res.						1	1	2,467	2,467
Journal of Agronomy and Crop Science	J. Agron. Crop Sci.				1			1	2,433	2,433
Plant Biology	Plant Biology	1						1	2,395	2,395
Journal of Applied Microbiology	J. Appl. Microbiol.		1					1	2,337	2,337
Plant Cell Reports	Plant Cell Rep.			1				1	2,274	2,274
Plant Pathology	Plant Pathol.	1						1	2,125	2,125
Channels	Channels			1				1	2,103	2,103
Journal of Cereal Science	J. Cereal. Sci.		1					1	2,073	2,073
Acta Physiologiae Plantarum	Acta Physiol. Plant.			1		1		2	1,639	3,278
Comptes Rendus Biologies	C.R. Biol.		2		1			3	1,533	4,599
Cytogenetic and Genome Research	Cytogenet. Genome Res.			1				1	1,533	1,533
Plant Biosystems	Plant Biosyst.		1					1	1,418	1,418
Natural Product Communications	Nat. Prod. Commun.				1			1	1,242	1,242
International Journal of Agriculture and Biology	Int. J. Agric. Biol.					1		1	0,940	0,940
Vitis: Journal of Grapevine Research	Vitis			1				1	0,75	0,75
Fruits	Fruits			1				1	0,764	0,764

25 33 33 31 20 27 169

1038,853

African Journal of Biotechnology	Afr. J. Biotechnol.					1		1
African Journal of Plant Science	Afr. J. Plant Sci.						1	1
Frontiers in Plant Nutrition	Front. Plant Nut.						1	1
Frontiers in Plant Science	Front. Plant Sci.						2	2
Plant Signaling & Behavior	Plant Signal. Behav.	3		1	2	1	1	8

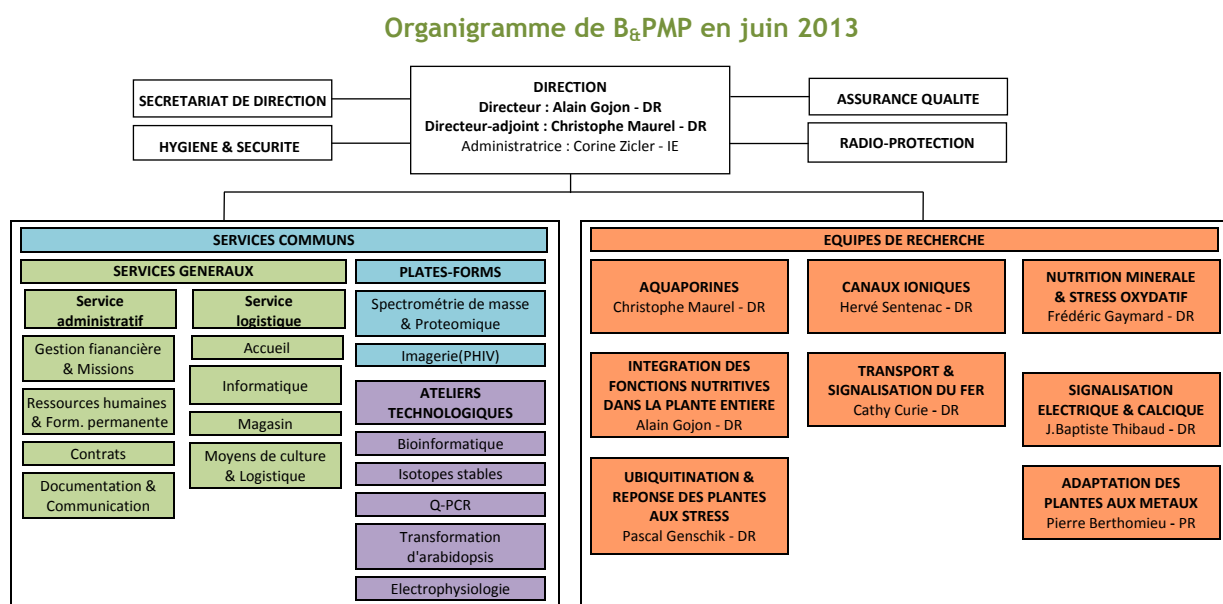
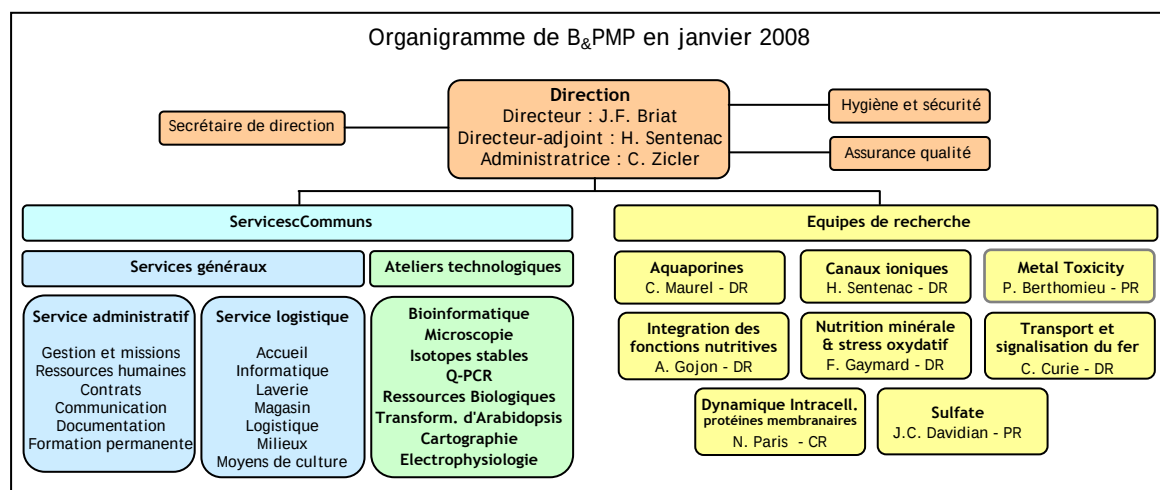
182

Cette production pendant la période Janvier 2008 - Juin 2013 (5,5 années) est de 182 articles (33.1 articles/an en moyenne). Pour les 169 articles publiés dans des revues ayant un facteur d'impact en 2011, le facteur d'impact moyen est de 6.15, avec près des deux tiers (64,5%) de ces articles publiés dans des revues avec un facteur d'impact supérieur à 5. Cela illustre une augmentation à la fois quantitative et qualitative par rapport à la période couverte par notre précédent rapport : la production de B&PMP entre Janvier 2005 et Juin 2009 (4,5 années) était de 120 articles (26.7/an en moyenne) avec un facteur d'impact moyen de 5,40 (FI 2007), dont 50,8 % dans des revues à facteur d'impact supérieur à 5. Cette augmentation ne peut s'expliquer par une augmentation du nombre de scientifiques, qui est resté inchangé sur la période 2005-2011 (32 en 2005 et 33 en 2011) et n'a commencé à augmenter qu'en 2012 (voir ci-dessous). En outre, 3 brevets, 9 chapitres de livres, et 65 conférences invitées dans des congrès nationaux ou internationaux ont également été enregistrés pour B&PMP au cours de la période 2008-2013.

De façon remarquable, 32 articles sont communs à au moins deux équipes de B&PMP (voir annexe 6). Cela montre que malgré l'absence d'organisation transversale formelle pour l'activité scientifique de l'UMR, des collaborations fortes sont développées entre les équipes. Cette tendance a été récemment renforcée par le fort engagement de B&PMP dans le grand projet RHIZOPOLIS, avec 4 équipes concernées («Aquaporines», «Dynamique», «Canaux ioniques» et «Intégration»), et 2 post-Docs ayant une activité partagée entre ces équipes.

E. EVOLUTION PENDANT LA PERIODE 2008-2013

L'évolution de l'organisation scientifique de B&PMP est illustrée ci-dessous par deux organigrammes, l'un de janvier 2008 et le second, de juin 2013.



Plusieurs changements importants peuvent être observés :

- Deux équipes, à savoir "Sulfate" et "Dynamique intracellulaire des protéines membranaires" ont disparu au cours de cette période, principalement en raison de leur petite taille (presque limitée à un scientifique), qui ne leur permettait pas de conduire des programmes de recherche indépendants sur le long terme. L'équipe "Sulfate", dirigée par le professeur JC Davidian, a été fermée à la fin de 2009. JC Davidian est désormais en charge de la mise en place d'un atelier commun d'analyse chimique dans B&PMP. L'équipe "Dynamique", dirigée par le Dr N. Paris, a été fermée à la fin de 2012. N. Paris interagit avec l'équipe "Canaux ioniques" pour finaliser son projet en cours, et doit définir un nouveau projet pour intégrer l'une des équipes de recherche de B&PMP. Parce que ces groupes ont contribué à l'activité scientifique globale de B&PMP pendant tout ou partie de la période d'évaluation, un rapport succinct de leur activité est inclus dans la partie 2 ("réalisations du laboratoire").
- Une nouvelle équipe, "Ubiquitination et réponses des plantes aux stress " (Ubi- stress), a été créée en Janvier 2013. Elle est dirigée par le Dr P. Genschik (DR1 CNRS), spécialiste renommé des mécanismes cellulaires qui régissent la stabilité des protéines (ancien directeur de l'IBMP CNRS Strasbourg, et membre de l'EMBO). Bien que récente, la constitution de cette équipe a été l'un des principaux objectifs de B&PMP depuis 2010. Elle s'inscrit à la fois dans notre projet (détaillé dans notre rapport de 2009) de développer des approches de biologie cellulaire, et dans notre objectif actuel de renforcer le thème du transport de l'eau et de l'adaptation au stress hydrique (voir partie 4). Le principal objectif scientifique de l'équipe "Ubi-Stress" est d'étudier les mécanismes cellulaires qui régissent la dégradation ubiquitine-dépendante des protéines impliquées dans la réponse de la croissance au stress hydrique (inhibiteurs du cycle cellulaire et facteurs de transcription). La création de cette nouvelle équipe a été une action concertée des quatre institutions de tutelle de B&PMP qui ont fourni de nouveaux postes permanents (2 CNRS, 2 INRA, 1 UM2) et un soutien financier spécifique (CNRS et SupAgro). En plus des ouvertures disciplinaires et scientifiques associées à ce projet, un point clé est la création d'un contexte très favorable d'interaction scientifique avec le LEPSE (projet ANR conjoint, accepté en 2012).
- Une nouvelle plate-forme technologique, la "Plate-forme de spectrométrie de masse protéomique " (MSPP) a été intégrée dans B&PMP en Janvier 2013. MSPP était une composante principale de l'Unité INRA LPF, qui a été fermée à la fin de 2012. En raison de l'intérêt croissant de plusieurs groupes de B&PMP pour l'étude des modifications post-traductionnelles des protéines (phosphorylation, interactions protéine-protéine), il a été décidé par le "Département de Biologie Végétale" de l'INRA d'intégrer MSPP avec trois de ses personnels permanents dans notre UMR. MSPP est dirigée par le Dr V. Santoni (DR2 INRA et spécialiste reconnue de la protéomique fonctionnelle de B&PMP).

En plus de ces changements, d'autres évolutions majeures se sont produites qui ne sont pas directement visibles sur les organigrammes:

- Si on prend en compte les nouveaux collègues de l'équipe "Ubi-Stress" et de MSPP, et d'autres, 16 nouveaux personnels permanents ont rejoint B&PMP dans un délai de temps très court (Juillet 2011-Avril 2013). Cette augmentation d'effectif sans précédent a surtout bénéficié aux équipes de recherche (5 sur 8 ; environ + de 25% au total) et stimulera leurs projets de recherche. Ces nouvelles arrivées résultent à la fois de mobilités volontaires de personnels venant d'autres sites (1 chercheur CNRS et 3 chercheurs INRA, 5 techniciens INRA) et de recrutements (6 nouveaux chercheurs : 1 CNRS, 4 INRA et 1 UM2, et 1 AI INRA). Cette dynamique est la preuve de l'attractivité globale de B&PMP.
- Les approches de biologie cellulaire avaient été précédemment identifiées comme une priorité scientifique pour B&PMP. En conséquence, les installations d'imagerie et de microscopie de B&PMP, déjà rattachées à la plate-forme PHIV, ont été fortement renforcées et sont devenues une plate-forme officielle Montpellier RIO Imaging (MRI) en avril 2013, lorsque le microscope confocal du Campus INRA/SupAgro a été déplacé dans notre bâtiment. En outre, B&PMP a maintenant pris une place déterminante dans le pilotage de projets d'imagerie sur notre campus, au travers de trois opérations concertées : (i) JF Briat, l'ancien directeur de B&PMP est devenu le co-directeur de la plate-forme PHIV (avec le Dr JL Verdeil, chercheur CIRAD de l'UMR AGAP), (ii) un "Comité Imagerie" informel, dirigé par JF Briat, a été créé avec cinq autres unités pour définir des stratégies et développer ces approches sur le Campus INRA/SupAgro, et (iii) un soutien financier combiné de toutes les tutelles de B&PMP (CNRS, INRA, Montpellier SupAgro et UM2) et de MRI, a été obtenu pour remplacer le microscope confocal actuel par un appareil de nouvelle génération (290 k€ au total obtenus en mai 2013).

PROFIL D'ACTIVITE

Unité	Recherche Académique	Interactions Avec l'environnement	Soutien à l'activité de recherche	Formation par la recherche
Unité entière	70 %	5 %	10 %	15 %

Le profil d'activité ci-dessus illustre l'objectif principal de B&PMP en matière de recherche académique (70%).

Les interactions avec l'environnement socio-économique (5%) sont principalement concentrées dans les trois équipes "Aquaporines", "Adaptation aux métaux" et "Canaux ioniques" qui ont conclu des contrats de recherche impliquant des partenaires industriels (Imperial Tobacco, Syngenta, AREVA, VEOLIA). En outre, presque toutes les équipes contribuent à des actions destinées au public (visites guidées pour les élèves du secondaire, «Fête de la Science »).

L'activité de soutien à la recherche (10%) correspond principalement à deux aspects différents :

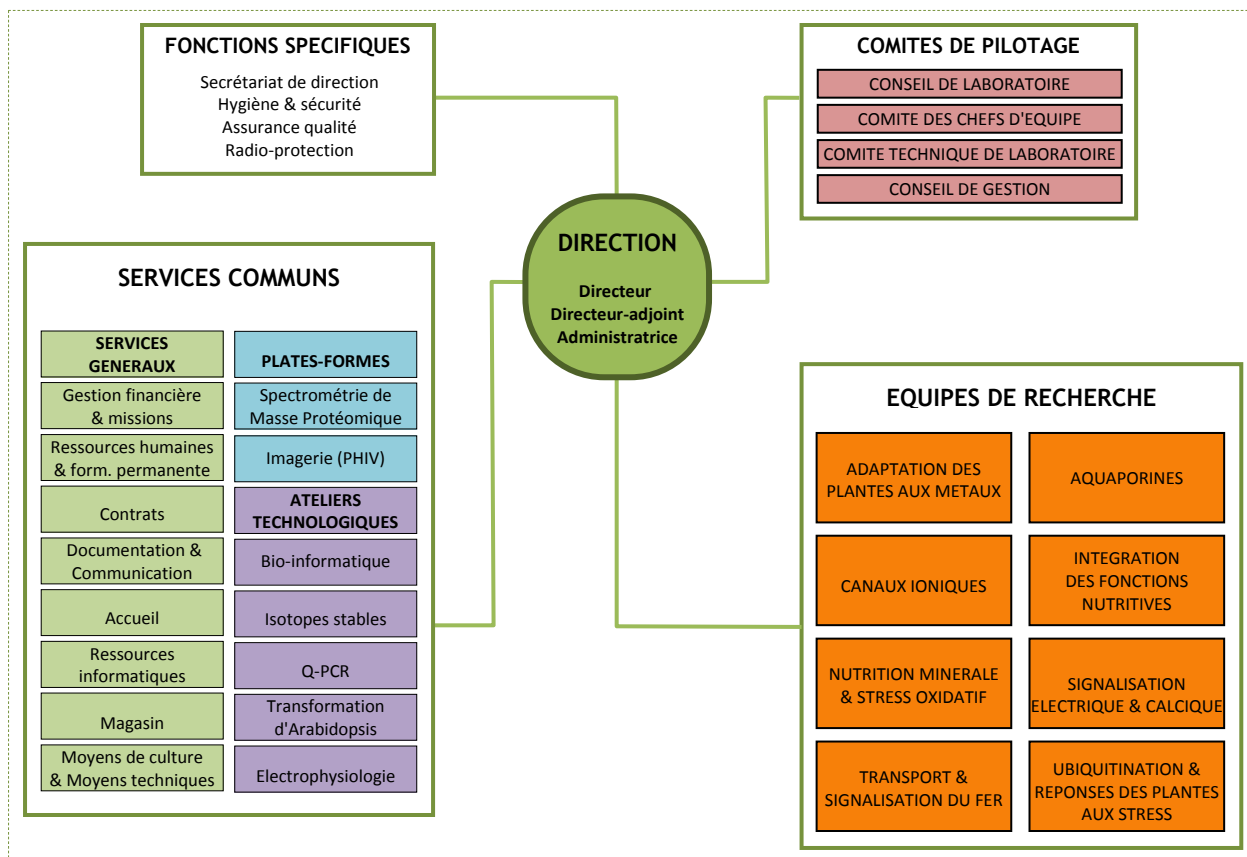
1. L'activité de l'équipe " Services généraux " (administration et logistique), qui regroupe environ 10 % de l'effectif total de B&PMP et offre un service essentiel en interne pour soutenir la recherche.
2. Les différentes responsabilités de nombreux membres du personnel de B&PMP, aux niveaux local, national et international, dans l'administration et l'animation de la recherche. Ces responsabilités et les personnes concernées sont détaillées dans les rapports individuels des équipes (voir partie 2 "Réalisations du laboratoire"). Les fonctions les plus importantes prises en charge par le personnel de B&PMP sont les suivantes :

- (i) Direction du Département de Biologie Végétale (BV) de l'INRA (jusqu'en décembre 2012), et Direction-Adjointe du nouveau "Département de Biologie et Amélioration des Plantes (BAP)" de l'INRA (depuis janvier 2013),
- (ii) Co-animation du "Comité Thématique" d'AllEnvi ,
- (iii) Membre du "Comité National" du CNRS (section 23),
- (iv) Membre de la "Commission Scientifique Spécialisée EGBIP" de l'INRA,
- (v) Membre du "Conseil Scientifique" et du "Conseil de Gestion" des Départements BV et BAP de l'INRA,
- (vi) Sous-direction du Pôle "EVAP" de l'Université Montpellier 2,
- (vii) Membres des comités de l'ANR,
- (viii) Contribution aux comités AERES,
- (ix) Membre du "Conseil Scientifique" de l'Université Montpellier 2,
- (x) Direction de la SFR (Structure Fédérative de Recherche) "Biologie végétale – LR",
- (xi) Sous-direction de l'Ecole Doctorale SIBAGHE.

La formation de jeunes scientifiques (15%) est également une activité importante pour la plupart des membres de B&PMP. Avec une population moyenne de 20 doctorants et un nombre similaire d'étudiants de premier cycle (L3, M1, M2) chaque année, chaque scientifique de B&PMP est en moyenne en charge d'un étudiant. En outre, plus de 20 personnels scientifiques ou techniques ont été impliqués dans au moins une des trois "écoles d'été" que B&PMP a organisées (ou contribué à organiser) à destination des doctorants et post-docs.

A. STRUCTURE DU LABORATOIRE

Organigramme fonctionnel de B_gPMP



En juin 2013, B_gPMP était constitué de 8 équipes de recherche, 1 plate-forme de Spectrométrie de Masse Protéomique, 1 plate-forme d'imagerie (microscopie confocale) partagée avec l'UMR AGAP (CIRAD/INRA/SupAgro), des ateliers technologiques et des services communs.

Les principaux thèmes scientifiques des groupes de recherche sont résumés ci-dessous :

- *Adaptation des plantes aux métaux* : Réponses et adaptation des plantes à la toxicité métallique (Zn , Cd , Pb) et interactions entre métaux et d'autres éléments nutritifs (Fe/Zn, Zn/P) .
- *Aquaporines* : transport de l'eau, déterminants génétiques de l'état hydrique de la plante, réponses au stress hydrique
- *Canaux ioniques* : transport de potassium, nitrate et sodium, réponses et adaptation à la salinité et au stress hydrique, symbioses
- *Intégration des fonctions nutritives* : transport de nitrate, signalisations N et C, morphogenèse adaptative de la racine
- *Nutrition minérale et stress oxydatif* : stockage du fer, signalisation ROS, fer et photosynthèse,
- *Signalisation électrique et calcique* : transport du potassium et son rôle dans la signalisation électrique, la signalisation calcique
- *Transport et signalisation du fer* : transport et distribution du fer, transport du manganèse, signalisation du fer
- *Ubiquitination et réponses aux stress* : régulation de la division cellulaire par les stress, dégradation ubiquitine-dépendante des protéines.

Une présentation détaillée de l'activité scientifique de chacune de ces équipes et plates-formes figure dans la partie 2 du rapport ("Réalizations du laboratoire"), à l'exception du groupe «Ubi-stress» et de la "Plate-forme de spectrométrie de masse protéomique", qui ont rejoint B_gPMP il ya seulement 6 mois. Une brève description des projets de cette équipe et de la plate-forme figure dans la partie 4 du rapport ("perspectives et stratégie scientifiques du laboratoire").

B. RESSOURCES HUMAINES ET FINANCIERES

Ressources humaines

En juin 2013, le nombre de personnes travaillant à B&PMP et occupant des fonctions de longue durée (> 6 mois) était de 110 :

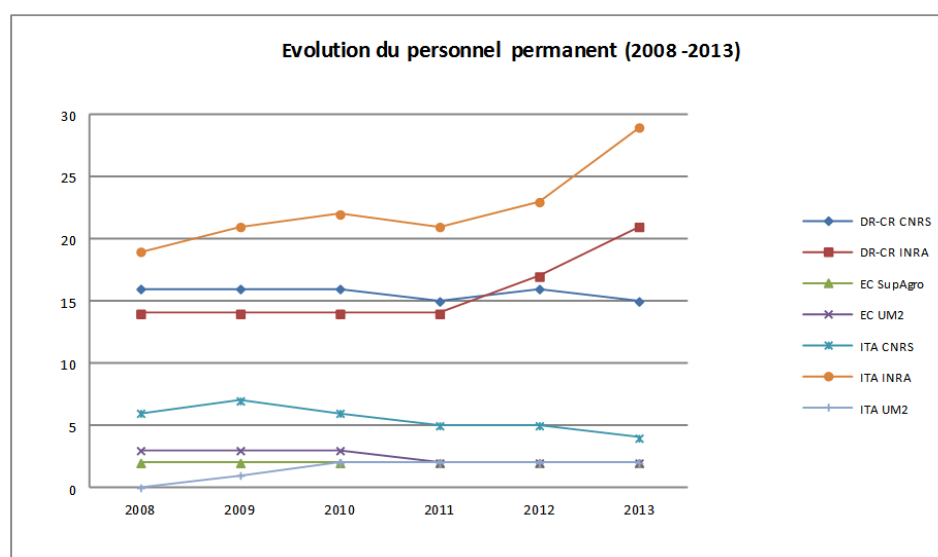
- 75 personnels permanents dont :
 - 40 chercheurs et enseignants-chercheurs : 4 DR CNRS, 6 DR INRA, 2 Professeurs de Montpellier SupAgro, 11 CR CNRS, 15 CR INRA, 2 Maîtres de Conférences de l'Université Montpellier 2,
 - 35 techniciens et ingénieurs : 4 ITA CNRS, 29 ITA INRA, 2 BIATSS de l'University Montpellier 2,
- 35 personnels non permanents : 14 doctorants, 10 post-docs, 11 techniciens ou ingénieurs.

Deux nouveaux emplois devraient être pourvus d'ici la fin de 2013 : un technicien CNRS (TR) qui sera affecté au service administratif de B&PMP (gestion financière et missions), et un ingénieur CNRS (IR) qui rejoindra l'équipe UBI-Stress de B&PMP. En outre, P. Genschik (DR1 CNRS, responsable de l'équipe Ubi-Stress), et A. Martinière (CR2 CNRS) seront officiellement affectés à B&PMP à l'automne 2013.

En outre, 22 étudiants (M1, M2, et L3) ou visiteurs scientifiques de courte durée ou titulaires d'un doctorat étaient également présents en Juin 2013, portant le nombre total de personnes travaillant à B&PMP à 132. Ceci représente le fonctionnement normal de B&PMP. Chaque année, le laboratoire accueille entre 20 et 25 étudiants stagiaires, principalement de l'Université Montpellier 2 (M1, M2, L), pour des périodes de 3 à 6 mois.

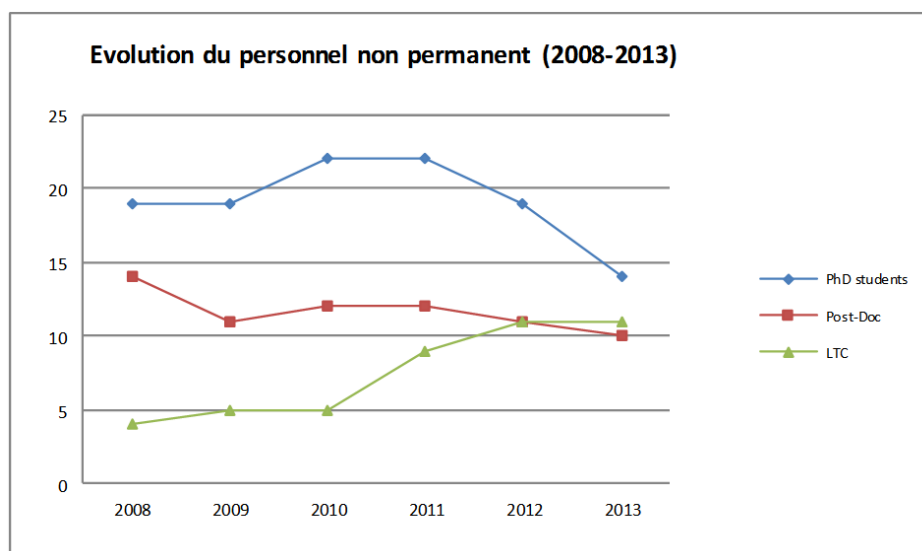
L'évolution du personnel permanent (voir la figure et le tableau ci-dessous) montre une relative stabilité jusqu'en 2011, avec des modifications marginales du nombre global de personnels. Toutefois, B&PMP a été fortement renforcé en 2012 et 2013 (+ 16 personnels permanents), en partie à cause de la création de l'équipe Ubi-Stress et de l'intégration de la plate-forme MSPP. La Figure montre qu'il y a eu un renfort important de personnel INRA. Cependant, elle ne tient pas compte des 4 nouveaux postes attribués par le CNRS qui ne seront pourvus qu'après juin 2013. Le tableau montre que la moitié environ des personnels qui ont rejoint B&PMP au cours de la période 2008-2013 est constituée de nouveaux recrutements, l'autre moitié de mobilités volontaires.

#



MOUVEMENTS DE PERSONNELS						
Départs						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Chercheurs et enseignants-chercheurs						
Mutations				P. Czernic (MC UM2) M. Lepetit (CR INRA)	E. Lacombe (MC UM2) G. Vert (CR CNRS)	
ITA & IATOS						
Mutations		G. Viennois (IE CNRS)	C. Gagneré (TR CNRS)	A. Adivèze (AT INRA) C. Dasen (TR INRA)		
Départs en retraite	C. Chaliès (AI UM2) H. Teisseire (AT UM2)	G. Doucet (TR INRA)				C. Lambert (TR CNRS)
Arrivées						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Chercheurs et enseignants-chercheurs						
Recrutements	T.C. Xiong (CR INRA)			G. Krouk (CR CNRS) S. Ruffel (CR INRA)	L. Bach (MC UM2) H. Rouached (CR INRA) E. Izquierdo-Alegre (CR INRA)	Y. Boursiac (CR INRA)
Mutations					A. Martin (CR CNRS)	C. Dubos (CR INRA) C. Nespoulous (CR INRA) J.B. Peltier (CR INRA)
ITA & IATOS						
Recrutements		C. Alcon (IE CNRS) T. Castillo (AT UM2) X. Dumont (AT INRA) V. Papy (AT INRA)	F. Sanchez (TR INRA)		C. Abauzit (TR INRA)	
Mutations		C. Brachet (AT INRA)	J. Garcia (TR CNRS)	T. Dessup (TR INRA)	S. Chay (TR INRA)	E. Bellard (IE INRA) N. Berger (IE INRA) S. Durot (AI INRA) S. Hem (IR INRA) R. Picaud (AT INRA) V. Rofidal (TR INRA)
EFFECTIF	59	62	63	62	66	75
Chercheurs & Ens.cherch.	34	34	34	34	36	40
ITA & IATOS	29	28	29	28	30	35

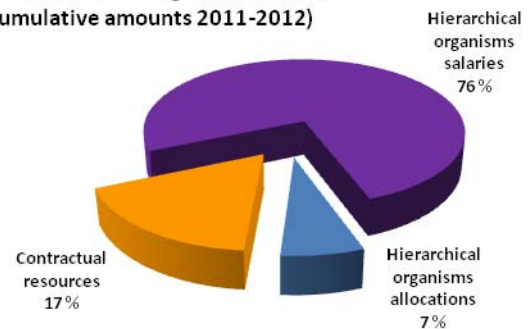
L'évolution du personnel non permanent (voir la figure ci-dessous) illustre une tendance importante qui sera très probablement significative sur le long terme. En effet, le nombre de doctorats a diminué depuis 2011 (- 7), tandis que le nombre de CDD techniques ou administratifs (LTC) (au sens large, c'est-à-dire, y compris des ingénieurs) a inversement augmenté depuis 2010 (+ 6). Ces changements résultent de modifications profondes des politiques doctorales de nos institutions. D'une part, le nombre relatif de bourses de thèse allouées à notre Ecole doctorale (SIBAGHE) a diminué, tandis que l'INRA et le CNRS ont cessé de financer directement des thèses dans leurs laboratoires de recherche. Cependant, l'augmentation des ressources contractuelles obtenues par B&PMP au cours de la période (voir ci-dessous) a permis de recruter, en compensation, de plus en plus de CDD pour exécuter les projets de recherche.



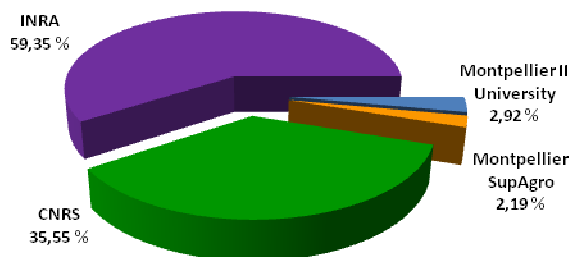
Ressources financières

En considérant les budgets cumulés 2011 et 2012, la plus grande part des ressources financières est constituée par les salaires des personnels permanents (76%). Le budget opérationnel (constitué des financements contractuels et incluant les salaires des personnels non permanents, auxquels s'ajoute le soutien d'Etat alloué par nos organismes de tutelle) est de 24%. Le budget global de B&PMP en 2011 était de 5 319 841 € répartis entre salaires (4 611 807 €, permanents et non-permanents) et équipement, fonctionnement et missions (708 034 €). En 2012, ce budget a augmenté notablement : 6 074 681 € répartis en 5 195 445 € de salaires et 879 236 € d'équipement, fonctionnement et missions.

**Consolidated budget distribution
(Cumulative amounts 2011-2012)**

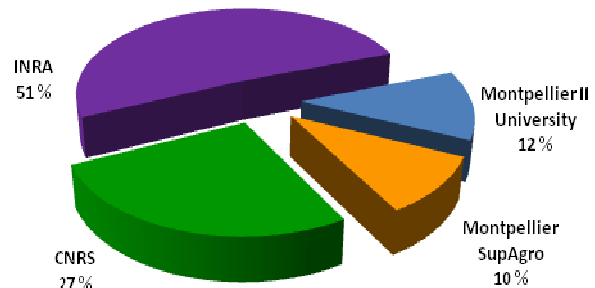


**Staff costs: Origin of salaries
(Cumulative amounts 2011-2012)**



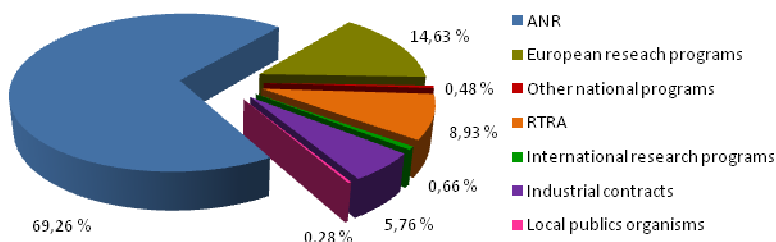
L'origine des salaires montre des différences entre les quatre organismes de tutelle de B&PMP. Les organismes de recherche (INRA and CNRS) fournissent 95 % des salaires des personnels permanents de B&PMP (INRA : 59% ; CNRS : 36%) tandis que les établissements d'enseignement supérieur (l'Université Montpellier 2 et SupAgro) supportent 5 % de ces salaires.

**Operational budget: Recurrent allocations distribution
(Cumulative amounts 2011-2012)**



Il apparaît également clairement que la part du budget opérationnel alloué par nos 4 tutelles (hors ressources contractuelles) provient principalement des organismes de recherche (INRA + CNRS = 78 %, dont plus de 50 % de l'INRA et 27 % du CNRS).

**Operational budget: Contractual resources distribution
(Cumulative amounts 2011-2012)**



Pour les années 2011 and 2012, le budget opérationnel cumulé provenant de ressources contractuelles (1 976 853 €) est environ deux fois et demi le budget opérationnel (hors salaires) attribué à B&PMP par ses quatre tutelles (767 708 €). Comme on le voit sur le graphique, plus des 2/3 de ces ressources viennent de l'Agence Nationale pour la Recherche (ANR), presque 10 % d'autres organismes publics nationaux,

environ 6 % de contrats privés, et 15 % de programmes internationaux (majoritairement de l'UE).

L'évolution du budget opérationnel depuis 2008 (voir tableau ci-dessous) montre qu'il a presque doublé. Cependant, le financement récurrent de nos quatre tutelles décroît légèrement (437 962 € en 2008, contre 386 213 € en 2011 et 381 495 € en 2012). Cette tendance a été notablement inversée en 2013. Il convient de noter que, pour un organisme donné, les grandes variations d'une année sur l'autre s'expliquent par des financements spéciaux d'équipements (par exemple, SupAgro en 2011-2013 par rapport à 2008-2010 ; le CNRS, l'INRA et l'UM2 en 2013 en raison du financement d'un microscope confocal).

Une tendance majeure remarquable est l'augmentation de nos ressources propres, avec un succès croissant dans presque toutes les catégories (appels à propositions nationaux et internationaux, contrats avec des partenaires privés). L'évolution a été particulièrement frappante depuis 2011 pour les projets nationaux (principalement ANR, mais aussi LABEX) et les contrats avec des partenaires privés. Il est donc clair que B&PMP est efficace dans sa recherche de financements contractuels. Toutefois, un budget de fonctionnement qui dépend pour près des trois quarts de fonds contractuels (avec l'ANR comme principal contributeur) peut, à long terme, pénaliser le maintien de l'unité scientifique du laboratoire.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013*
CNRS	125 000 €	125 000 €	125 000 €	105 000 €	98 000 €	178 000 €
INRA	254 556 €	238 395 €	259 367 €	186 611 €	206 274 €	332 660 €
Montpellier SupAgro	6 090 €	6 090 €	6 090 €	41 090 €	36 090 €	33 290 €
Université Montpellier 2	58 406 €	58 406 €	58 473 €	53 512 €	40 681 €	69 119 €
<i>Soutien d'Etat</i>	<i>437 962 €</i>	<i>421 801 €</i>	<i>448 867 €</i>	<i>386 213 €</i>	<i>381 495 €</i>	<i>612 069 €</i>
Programmes internationaux	108 128 €	238 216 €	208 903 €	68 647 €	233 401 €	268 743 €
Programmes nationaux	577 891 €	732 108 €	506 210 €	648 998 €	911 804 €	1 086 657 €
Contrats industriels	13 900 €	35 645 €	35 465 €	44 624 €	69 304 €	184 727 €
<i>Total ressources contractuelles</i>	<i>699 919 €</i>	<i>1 005 969 €</i>	<i>750 758 €</i>	<i>762 335 €</i>	<i>1 214 509 €</i>	<i>1 540 127 €</i>
BUDGET OPERATIONNEL	1 137 881 €	1 427 770 €	1 199 625 €	1 148 548 €	1 596 004 €	2 152 196 €

* Situation au 30 juin 2013

En plus de ces financements classiques, B&PMP a participé, en collaboration avec le LEPSE, au Contrat de Plan Etat-Région (CPER) 2007-2013. Ce contrat a fourni jusqu'à présent 1,7 M€ au projet "GPI" ("Du Gène au Phénotype Intégré"), ce qui a permis de construire des serres et des chambres de culture et de développer notre équipement pour le phénotypage des plantes (imagerie, électrophysiologie, ...).

L'utilisation du budget de fonctionnement est régie par les règles suivantes :

- Chaque équipe dispose d'un budget indépendant, alimenté par l'argent contractuel (salaires du personnel non permanent, équipements et fonctionnement) reçu au titre des projets financés. Une "taxe" d'un montant de 15 % sur le fonctionnement est perçue par l'unité sur tous les contrats, à l'exception de ceux spécifiquement ciblés vers les jeunes chercheurs (par exemple, le programme JCJC de l'ANR). Chaque équipe gère son budget en fonction de ses propres priorités.
- Le budget "laboratoire général" (non distribué aux équipes) est constitué du Soutien d'Etat des tutelles, ainsi que de la taxe de 15% prélevée sur les contrats. Le budget "laboratoire général" représente habituellement environ 25-30 % du budget de fonctionnement total de l'unité, et est utilisé pour payer toutes les dépenses d'infrastructure, les coûts de maintenance de tous les équipements importants (y compris ceux qui sont affectés aux équipes ou aux plates-formes) et des installations communes, les frais liés à l'hygiène et à la sécurité, l'assurance qualité, la formation, la communication, l'animation scientifique, et les gratifications versées aux étudiants (masters). L'argent restant disponible est utilisé en fin de l'année pour l'acquisition d'équipements communs, acquisitions décidées collectivement.
- Des règles de solidarité financière ont été définies en 2012, afin d'assurer un financement minimal aux équipes qui manquent transitoirement de fonds contractuels. Ces règles ont été discutées par les différentes instances du laboratoire (voir ci-dessous) et ont été officiellement approuvées par le Conseil de Laboratoire.

C. MANAGEMENT

Direction

B&PMP est actuellement dirigé par une équipe de direction qui comprend Alain Gojon en tant que Directeur, Christophe Maurel en tant que Directeur adjoint, et Corine Zicler, l'Administratrice.

Cette équipe de direction a largement bénéficié des efforts importants déployés par l'ancienne équipe de direction pour mettre en place une nouvelle organisation pour le fonctionnement général de B&PMP. Ainsi, la plupart des systèmes décrits ci-dessous étaient déjà en place. Les nouveaux aspects sont (i) une réunion annuelle entre la Direction et chaque collègue de personnels (scientifiques permanents, ITA, et personnels non-permanents), et (ii) le renforcement des équipes en charge de l'hygiène et la sécurité et de l'AQR.

Instances de pilotage

Le **Conseil de laboratoire**, où les différentes catégories de personnels sont représentées conformément à la législation applicable à la taille de notre laboratoire, est la seule instance officielle et obligatoire. Il se réunit en moyenne quatre fois par an et formule des avis sur tous les aspects liés à la vie du laboratoire, particulièrement celles concernant l'hygiène et la sécurité, le budget, les ressources humaines et la gestion des services communs du laboratoire. En outre, une **assemblée générale** de tous les personnels qui travaillent à B&PMP a lieu une fois par an, généralement en janvier. Une des principales tâches du Conseil de laboratoire en 2008 a été d'élaborer le Règlement Intérieur de B&PMP concernant des aspects formels tels que "Hygiène et Sécurité", "Charte informatique", "Horaires d'ouverture et organisation du travail hors heures ouvrées", ... Tout nouveau venu à B&PMP doit prendre connaissance de ce document et attester de sa lecture dans une déclaration signée.

En amont de ce conseil officiel, trois autres comités de laboratoire préparent les dossiers qui seront traités.

- Le **Conseil des Chefs d'Equipes** se réunit une fois par mois et aide la direction à prendre des décisions liées à la politique scientifique de B&PMP, telles que le recrutement de nouveaux personnels ou des investissements à consacrer à des équipements scientifiques. L'administratrice de B&PMP est un membre permanent de ce comité, en tant que responsable de l'équipe "services communs" du laboratoire. Le Conseil formule également des recommandations sur l'orientation scientifique du laboratoire, l'accueil de nouvelles équipes de recherche par exemple.
- Le **Comité Technique de Laboratoire** (CTL) comprend un membre de chaque équipe de recherche et de la Direction. Il est chargé de résoudre tout problème technique majeur qui se pose dans le laboratoire, et de faire des recommandations destinées à améliorer "la vie de B&PMP" au jour le jour. Il se réunit une fois par mois. Les personnels des services communs sont régulièrement invités à ce comité, en fonction des sujets à l'ordre du jour.
- Le **Conseil de gestion** est composé de la Direction, des personnels en charge de la gestion financière du laboratoire, et des trésoriers de chaque équipe de recherche. Il se réunit trois fois par an (en février, juin et novembre) pour suivre le budget et faire des recommandations sur le budget prévisionnel établi chaque année.

Services généraux

Les activités de recherche de B&PMP sont soutenues par les services généraux, qui gèrent les tâches administratives et logistiques. Le personnel administratif est en charge de l'accueil des visiteurs et de la gestion des ressources humaines, de la gestion comptable et financière, de l'organisation des missions, de la bibliothèque et de la communication. Le personnel logistique s'occupe de la laverie et la préparation des milieux. Il gère les dispositifs de culture de plantes, le magasin interne, le réseau et les ressources informatiques, et prend en charge les travaux d'entretien des bâtiments. La mission de tous les ITA de ces services est aujourd'hui bien définie.

• **Gestion financière et comptable.** Un budget prévisionnel et une gestion analytique ont été mis en place, intégrant toutes les sources de financement de B&PMP (Soutien d'Etat de l'INRA, du CNRS, de l'Université et de SupAgro, et les ressources contractuelles de l'ANR, de l'Europe, etc.). Cette consolidation des crédits est réalisée en utilisant le logiciel Geslab du CNRS. Cette nouvelle organisation est opérationnelle depuis le début de l'année 2011, et permet à la Direction de B&PMP et à toutes les équipes de recherche de suivre en ligne et en temps réel leurs commandes et factures.

• **Gestion des ressources humaines.** Chaque année, B&PMP accueille 40 à 50 personnels "non permanents" (étudiants de premier cycle, post-docs, visiteurs, ...) pour des périodes allant de quelques mois à deux ou trois ans, originaires de France ou de l'étranger. Nous avons donc mis en place une "procédure d'accueil" pour ces nouveaux venus, ce qui

facilite leur arrivée et leur intégration. Une secrétaire à plein temps est en charge de la gestion des ressources humaines et de la formation permanente pour environ 130 personnes.

- **Communication interne et externe et bibliothèque.** B&PMP a mis au point un site web (<http://www1.montpellier.inra.fr/ibip/bpmp/>), incluant un intranet qui offre une multitude de ressources et de services (protocoles scientifiques, réservations de chambres de culture et réservations d'instruments, etc.). Cet intranet est particulièrement important pour la gestion de toutes les installations de culture de plantes et permet d'optimiser le travail du personnel administratif. En outre, nous publions chaque semaine la lettre électronique de B&PMP, qui récapitule toutes les informations centralisées par la secrétaire de B&PMP au cours de la semaine. Toutes les lettres sont stockées sur l'intranet et peuvent être recherchées avec un navigateur. Enfin, tous les trois mois, nous publions, sous forme papier, "Le Journal de l'IBIP" pour une communication plus formelle et institutionnelle, envoyé à tous les partenaires de B&PMP.
- **Logistique.** La logistique a été réorganisée avec la mise en place d'une équipe opérationnelle et multi-tâche, qui est maintenant très efficace, en charge de l'entretien de l'immeuble (circuits d'air et d'eau, électricité, ...), et plus particulièrement des chambres de culture et des serres. Les activités "laverie et préparation de milieux" sont également entièrement opérationnelles.

D. ANIMATION SCIENTIFIQUE ET COMMUNICATION DE B&PMP

Chaque année, B&PMP contribue très activement à l'initiative nationale "La Science en fête", et propose les activités suivantes :

- *Visite guidée et ateliers pour les étudiants post-baccalauréat.* Les classes préparatoires du lycée Joffre préparent les étudiants post-baccalauréat pendant deux ans aux examens d'entrée des grandes écoles. Ces programmes sont très sélectifs et prestigieux dans le système éducatif français. Chaque année, B&PMP accueille pendant un ou deux jours, 40 à 60 de ces étudiants sur un sujet intitulé "Physiologie moléculaire moderne : des gènes à la plante entière". Notre objectif est de rendre les carrières scientifiques attractives pour ces jeunes étudiants.
- La "Caravane des sciences". Cette initiative mobilise environ 10 doctorants ou post-doctorants de B&PMP pendant une semaine par an. Nos collègues visitent les classes d'environ 5 lycées situées en région Languedoc-Roussillon. Ils leur présentent un atelier intitulé "Les différents niveaux d'organisation en biologie : de l'ADN à l'organisme tout entier dans son environnement".

En plus de "La Science en fête", divers personnels de B&PMP sont à l'origine d'autres initiatives pour diffuser l'information scientifique : En novembre 2008, ils ont organisé un atelier intitulé "L'eau et les hommes ... et les plantes aussi !" pour des collégiens de 15 ans. En mars 2009, ils ont accueilli pendant une demi-journée un groupe de 25 enfants âgés de 4 ans (!) de l'école maternelle Mozart à Montpellier.

Des séminaires scientifiques internes ou externes ont lieu chaque semaine. Ils sont organisés par un groupe de travail comprenant des représentants de chaque équipe de recherche. Le groupe choisit collectivement les intervenants de B&PMP ou d'autres laboratoires nationaux ou internationaux. Un budget particulier est consacré à inviter des collègues externes. La liste complète des séminaires pour la période 2008-2012 est donnée dans l'annexe 6.

La retraite scientifique de B&PMP a été organisée en janvier 2013. Cette réunion de 2 jours s'est tenue sur un campus externe de Montpellier, permettant à toutes les équipes de recherche et aux services communs de partager les progrès scientifiques récents et de discuter des projets et des questions d'organisation de l'unité. Le programme et les présentations peuvent être consultés sur l'intranet de notre site Web (<http://www1.montpellier.inra.fr/ibip/bpmp/Intranet/actu/retraitebpmp.htm>).

E. HYGIENE ET SECURITE, ASSURANCE QUALITE

Hygiène et sécurité

Problèmes d'hygiène et sécurité

Aucun problème grave lié à la sécurité et à la santé du personnel de B&PMP n'a été enregistré au cours de la période 2008-2013. Des problèmes mineurs se sont produits, mais ont été rapidement traités par les assistants de prévention ou les secouristes.

Tous les problèmes ou risques potentiels sont consignés dans un registre spécifique dans lequel n'importe quel agent peut relater des incidents ou formuler des remarques. Ce registre est analysé par les assistants de prévention qui font des recommandations et proposent des solutions, et il est régulièrement consulté et signé par le directeur.

Identification des risques potentiels et actions entreprises pour les réduire

Identifier et résoudre les potentiels problèmes d'hygiène et de sécurité est la tâche de tout le monde dans l'UMR. Cependant, une équipe d'assistants de prévention, placée sous la responsabilité directe du Directeur est plus spécifiquement en charge de ces fonctions. Cette équipe a été considérablement renforcée en 2013, et comprend maintenant quatre assistants de prévention (dont l'un est plus particulièrement en charge de la plate-forme MSPP localisée dans un autre bâtiment). En outre, un chercheur est spécifiquement en charge des questions de sécurité liées à l'utilisation des isotopes radioactifs. Enfin, neuf agents sont titulaires d'un diplôme de sauveteur-secouriste du travail.

B&PMP utilise le logiciel INRA OPPI (Outil de Pilotage de la Prévention à l'INRA, faisant office de "document unique") pour conduire en profondeur une analyse des problèmes de sécurité, identifier les risques potentiels et vérifier si les solutions proposées sont pertinentes ou pas (voir l'annexe 8). Pour ce faire, les quatre assistants de prévention sont soutenus par le personnel administratif. En outre, les problèmes spécifiques d'hygiène et de sécurité sont traités par le Comité Technique de Laboratoire (pour les applications pratiques de solutions), et l'équipe AQR (pour le respect correct des procédures de sécurité associées à l'utilisation de diverses installations techniques sous surveillance par cette équipe). Au moins une fois par an, une réunion du Conseil de Laboratoire est officiellement consacrée à l'hygiène et à la sécurité.

Plusieurs problèmes importants d'hygiène et de sécurité ont été résolus au cours de la période considérée :

- La finalisation du projet GPI en 2011 a permis l'installation des serres à proximité immédiate du bâtiment IBIP. Cela a mis fin aux nombreux risques potentiels qui étaient liés au transfert de matériel végétal (en particulier transgénique) entre notre bâtiment et nos anciennes serres (situées à 200 m et obligeant à traverser une rue très passante).
- La pesée des produits chimiques toxiques a été sécurisée par l'installation d'une hotte spécifique.
- L'utilisation de produits chimiques pour la lutte antiparasitaire a été considérablement réduite, grâce à une occupation tournante pertinente des serres, évitant ainsi toute invasion permanente par des parasites.
- La pièce de stockage des déchets chimiques a été équipée d'un système de ventilation efficace, pour empêcher la rétention de vapeurs potentiellement toxiques dans cette pièce.

De plus, de nombreux problèmes mineurs ont été traités et un certain nombre d'équipements ont été acquis afin de se conformer aux nouvelles règles de sécurité (conteneurs sécurisés pour les acides, cartons pour les produits pharmaceutiques, fermeture sécurisée de la salle de la radioactivité, conteneurs sécurisés pour les déchets biologiques, etc.). Un budget spécifique est consacré chaque année à ce type de dépenses (15 k€ en 2012 par exemple).

Information

Le "règlement intérieur" de B&PMP (voir annexe 5) comporte une annexe spécifique traitant de toutes les règles d'hygiène et de sécurité. Toutes les personnes travaillant dans B&PMP ont l'obligation de lire ce règlement et d'attester qu'ils l'ont fait.

En outre, de nouvelles procédures ont été mises en place pour assurer une bonne information des nouveaux arrivants. Un livret récapitulant toutes les règles importantes à connaître a été conçu (à la fois en français et en anglais) et est distribué à chaque nouveau personnel le jour de sa prise de fonctions. En complément, des séances d'information spécifiques (1 heure) sont organisées au cours desquelles les assistants de prévention font une présentation de ces règles et répondent à toutes les questions liées à l'hygiène et à la sécurité. En 2013, plus de 30 nouveaux venus (permanents et non permanents) ont déjà suivi ces sessions, qui seront étendues à l'avenir au personnel déjà en place.

Une formation spécifique délivrée par le chercheur en charge de la radioprotection est obligatoire pour toutes les personnes travaillant avec des radio-isotopes.

Toutes les affiches relatives aux règles et informations de sécurité ont été renouvelées en 2013. Des affiches supplémentaires ont été placées à des endroits précis dans le bâtiment.

Assurance qualité

Les aspects de l'assurance de la qualité sont pris en charge par une équipe spécifique qui a été récemment renforcée. Six membres du personnel sont maintenant impliqués, sous la supervision d'un Responsable Assurance Qualité, et bénéficient du soutien d'un adjoint administratif. Une attention particulière est accordée à l'organisation de l'infrastructure et des conditions de travail comme étant des éléments impactant la qualité de la recherche.

À cet égard, B&PMP est engagé dans l'amélioration continue de l'organisation de l'assurance qualité en développant des outils pour faciliter l'accessibilité et la diffusion de l'information concernant les outils collectifs partagés. Plus encore, B&PMP est très préoccupé par la fiabilité et la traçabilité du travail et des ressources produites. Pour atteindre ces objectifs tout en respectant les spécificités d'une unité de recherche, B&PMP est engagé dans un processus de qualité tel que défini par la procédure de l'INRA de niveau 1, et a pris des mesures pour assurer :

- une grande efficacité des installations techniques communes, en termes de
 - ✓ performances des installations et des équipements
 - ✓ harmonisation et formalisation des méthodes de travail
 - ✓ entretien des équipements
- une bonne visibilité par l'acquisition de labels spécifiques et le maintien de certifications, le cas échéant (label "Fiabilité des mesures" pour les installations d'analyse des isotopes stables, et ISO 9001 pour la plate-forme protéomique de spectrométrie de masse).

Plus précisément, des efforts ont été consacrés à réaliser une évaluation annuelle de l'assurance qualité pour toutes les plates-formes et installations techniques communes. Les rapports détaillés de ces évaluations ont été faits et transmis à la composante nationale pertinente de l'INRA. En outre, en plus de l'entretien régulier de l'appareillage principal (tous les spectromètres, centrifugeuses, etc.), un financement spécifique (10 k € en 2012) est affecté à la vérification fréquente et la réparation, par des sociétés externes habilitées, des appareils de mesure clés, tels que les pipettes et balances.

Dans l'avenir, des mesures seront étendues à la gestion des activités de recherche, conformément à l'approche processus de la nouvelle procédure INRA introduite en 2012.

FAITS MARQUANTS

Au niveau de l'infrastructure et de l'organisation, trois événements principaux ont impacté de manière significative l'activité de B&PMP :

- (i) La **finalisation du projet GPI**. Ce projet fournit désormais une infrastructure appropriée pour la production de plantes transgéniques (serres S2), pour la culture et l'expérimentation dans des conditions contrôlées (deuxième groupe de chambres de culture), et pour du phénotypage de qualité (imagerie et électrophysiologie).
- (ii) La **création de l'équipe "Ubi-stress"**. Cette création montre le succès de notre stratégie précédente pour attirer de nouvelles équipes de recherche et l'élargissement de nos projets portant sur les réactions des plantes aux stress abiotiques.
- (iii) L'**intégration de la plate-forme protéomique MSPP**. Cela permettra d'améliorer notre capacité à cibler les mécanismes post-transcriptionnels impliqués dans le maintien de l'état hydro-minéral des plantes et leur adaptation à l'environnement abiotique.

Au niveau du management, l'événement principal a été le changement de l'équipe de Direction en 2012. Alain Gojon (DR1 INRA) et Christophe Maurel (DR1 CNRS) ont remplacé Jean-François Briat (DRCE CNRS) et Hervé Sentenac (DR1 INRA) en tant que Directeur et Directeur-adjoint, respectivement. Ce changement s'est fait grâce à une procédure de candidature soigneusement préparée et a été validé par un vote de l'Assemblée générale de B&PMP en 2011.

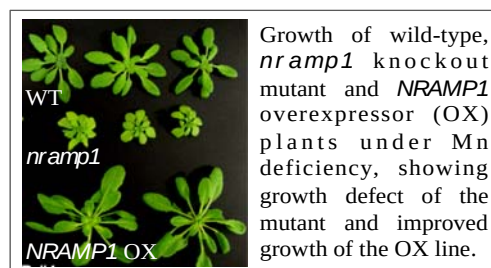
Sur le plan scientifique, le fait le plus remarquable est la capacité de la plupart des équipes de recherche de B&PMP à réaliser au moins une percée significative dans leur domaine au cours des trois dernières années (2010-2012). Ceci est illustré par des publications dans des revues de premier rang (Nature Cell Biology, Developmental Cell, PloS Genetics, The Plant Cell, EMBO Journal). Cinq de ces publications sont énumérées ci-dessous, avec un paragraphe présentant l'originalité et l'importance du travail. Il est à noter que ces percées proviennent de cinq équipes différentes, concernant cinq thèmes différents, après utilisation de différentes combinaisons de méthodes, ce qui souligne bien la richesse de toute la palette des projets développés à B&PMP.

Cailliatte R, Schikora A, Briat JF, Mari S, Curie C (2010) High-affinity Mn uptake by AtNRAMP1 is essential for plant growth in low manganese. *Plant Cell*, 22: 904-17.

Equipe Transport et signalisation du fer

Le manganèse (Mn) est un nutriment essentiel pour pratiquement tous les organismes et plus encore pour les organismes photosynthétiques car il est un co-facteur essentiel du photosystème II. Chez les plantes, la carence en manganèse est un trouble nutritionnel très répandu qui provoque des pertes de rendement importantes et diminue la qualité des parties comestibles. Malgré son importance, on connaissait peu de choses sur l'absorption du manganèse par les racines des plantes, jusqu'à récemment.

Nous avons mis en évidence le rôle central que le transporteur de métal bivalent NRAMP1 joue dans l'absorption à haute affinité du manganèse par les racines d'*Arabidopsis*. Nous avons montré qu'une mutation perte-de-fonction dans NRAMP1 réduit considérablement la tolérance de la plante à la carence en manganèse. Au contraire, la surexpression de NRAMP1 confère un avantage de croissance considérable sur les sols limités en manganèse, générant des plantes qui produisent une biomasse plus importante que les plantes sauvages.



La disponibilité en manganèse ne limite pas seulement la croissance des plantes, elle affaiblit également la résistance aux attaques de pathogènes et la tolérance au stress oxydatif. La carence en manganèse, qui bien souvent ne se traduit pas par des symptômes spécifiques visibles, est sous-estimée et affecte de vastes zones de terres arables. Notre étude montre que 1) le transport du manganèse par NRAMP1 est nécessaire pour l'absorption du manganèse par les plantes soumises à des concentrations faibles de manganèse dans les sols, et 2) l'amélioration de l'absorption du manganèse conduit à améliorer grandement la croissance des plantes. Compte tenu de l'impact de la carence en

manganèse sur l'agriculture dans le monde entier et à la lumière de la demande croissante pour la production de biomasse végétale, l'identification de NRAMP1 comme principal transporteur pour l'acquisition du manganèse par les plantes fournit aux sélectionneurs et aux physiologistes une information pertinente pour développer des plantes mieux adaptées à une carence en manganèse et ayant de hautes qualités en terme de biomasse.

Krouk G, Lacombe B, Bielach A, Perrine-Walker F, Malinska K, Mounier E, Hoyerova K, Tillard P, Leon S, Ljung K, Zazimalova E, Benkova E, Nacry P, Gojon A (2010) Nitrate-Regulated Auxin Transport by NRT1.1 Defines a Mechanism for Nutrient Sensing in Plants. *Developmental Cell*, 18: 927-937.

Equipe Intégration des fonctions nutritives

Le nitrate est à la fois un nutriment et une molécule signal. Les racines des plantes perçoivent la disponibilité en nitrate dans l'environnement, et développent des réponses adaptatives aux changements de sa concentration. Une réponse frappante est la stimulation locale de la croissance et du développement des racines latérales par le nitrate, qui permet aux plantes de coloniser préférentiellement les parties des sols qui sont riches en ce nutriment. Nos travaux antérieurs ont indiqué que chez *Arabidopsis*, la voie de signalisation du nitrate déclenchant cette stimulation locale dépend du transporteur de nitrate d'NRT1.1, qui agit comme un senseur de nitrate (Remans et al. 2006 *PNAS*, 103: 19206-19211).

Un travail collaboratif avec des équipes belge (Dr. E. Benkova, VIB Ghent), tchèque (Dr. E. Zazimalova, IEB Prague) et suédoise (Dr. K. Ljung, UPSC Umea) a permis de déchiffrer le mécanisme par lequel NRT1.1 transforme la concentration en nitrate externe en un signal de régulation de la croissance des racines latérales. NRT1.1 possède une activité de transport d'auxine qui est inhibée par le nitrate. Avec une concentration faible de nitrate, NRT1.1 participe au transport basipète d'auxine hors de la racine latérale. Cela empêche l'accumulation de l'hormone dans la racine latérale, ce qui par conséquent ralentit son développement. A une concentration élevée en nitrate, le transport de l'auxine par NRT1.1 est inhibé, ce qui conduit à l'accumulation de l'hormone dans la racine latérale, qui stimule sa croissance.

Ce travail a fourni, pour la première fois, un modèle du mécanisme de perception de nutriments minéraux chez les plantes, et d'action d'un transporteur/senseur (également appelé trancepteur) chez les eucaryotes (les trancepteurs sont bien connus dans la levure). Par ailleurs, il illustre la façon dont les signalisations nutritionnelles et hormonales sont étroitement liées entre elles afin de déclencher des réponses adaptatives de développement rapides. Dans un contexte où l'amélioration des plantes vise le maintien de la croissance dans les agrosystèmes à faibles niveaux d'intrants, un tel mécanisme pourrait ouvrir de nouvelles stratégies pour améliorer la performance des cultures ayant une disponibilité limitée de nutriments dans le sol.

Ce travail a été sélectionné pour une présentation orale lors de la session extraordinaire de 2011 de l'Académie des sciences française, dédiée aux "Grandes Avancées françaises en Biologie" (seul travail sur la biologie des plantes présenté cette année-là), au cours de laquelle G. Krouk reçu le prix "AXA -Académie des Sciences".

Péret B†, Li GW†, Zhao J†, Band LR†, Voß U, Postaire O, Luu D-T, Da Ines O, Casimiro I, Lucas M, Wells DM, Lazzerini L, Nacry P, King JR, Jensen OE, Schäffner AR*, Maurel C*, Bennett MJ* (2012) Auxin regulates aquaporin function to facilitate lateral root emergence. *Nature Cell Biology*, 14: 991-998 (†, first co-authors; *, Corresponding authors)

Equipe Aquaporines

Les racines des plantes s'allongent et se ramifient continuellement pour assurer l'ancrage et un accès accru aux ressources en eau et éléments minéraux du sol. Cette dernière fonction est cruciale car la disponibilité de l'eau et des éléments nutritifs est très hétérogène dans la plupart des sols.

Une collaboration entre l'équipe Aquaporines et l'Université de Nottingham (Prof. MJ Bennett) et le Centre Helmholtz de Munich (Dr AR Schäffner) a combiné la puissance des approches de biologie végétale (génétique et physiologie) avec celles des mathématiques pour établir, pour la première fois, une relation entre les mécanismes de transport de l'eau dans les cellules végétales et la ramification des racines.

Ce travail a révélé que les plantes contrôlent finement l'expression des canaux hydriques aquaporines dans les zones de développement des racines latérales. Ces protéines sont connues pour faciliter le transport de l'eau dans les tissus végétaux. Nous avons mis en évidence que l'auxine, une hormone qui orchestre la croissance et le développement des racines des plantes, régule de façon spectaculaire l'activité des aquaporines. L'analyse de mutants a permis de démontrer le rôle de plusieurs isoformes d'aquaporines comme facilitateurs de l'émergence des racines latérales. En outre, la modélisation mathématique a montré comment la régulation des aquaporines favorise l'influx d'eau dans la racine naissante, qui force ainsi son chemin à travers les couches environnantes de cellules dans la racine principale. Il semble donc que les racines des plantes utilisent l'auxine pour moduler le flux de l'eau dans les racines latérales et accélérer l'émergence de ces organes.

L'ensemble de ce travail représente une dissection moléculaire et cellulaire sans précédent du contrôle hydraulique de la croissance des tissus chez les plantes. Il a également révélé des liens encore inconnus entre la disponibilité de l'eau dans le sol, l'état physiologique de la plante et la croissance des racines. Dans un contexte de changement global, avec la diminution des ressources en eau pour l'agriculture, l'optimisation de la croissance des racines des plantes dans des conditions de sécheresse peut représenter une perspective intéressante pour améliorer le rendement des cultures.

[Pineau C., Loubet S., Lefoulon C., Chaliès C., Fizames C., Lacombe B., Ferrand M., Loudet O., Berthomieu P., Richard O. \(2013\) Natural variation at the FRD3 MATE transporter locus reveals cross-talk between Fe homeostasis and Zn tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *PLoS Genetics* 8\(12\): e1003120.](#)

Equipe Adaptation de plantes aux métaux

L'objectif global de ce projet est d'identifier de nouveaux facteurs contrôlant la tolérance au zinc chez les plantes. Pour cela, nous avons développé une approche génétique directe, en partant de l'analyse de la variation naturelle de la tolérance au zinc dans un ensemble de 28 accessions d'*A. thaliana* et allant jusqu'à une analyse QTL et le clonage positionnel réussi du gène sous-jacent de l'un des QTL identifiés, AtFRD3. AtFRD3 était connu comme un transporteur MATE transportant le citrate dans le xylème, et impliqué dans le transport du fer des racines vers les feuilles (Durrett et al., 2007). Grâce à une combinaison d'approches génétique et fonctionnelle (physiologie végétale et analyse fonctionnelle dans les ovocytes de Xénope), nous avons montré (en bref) que la concurrence entre le zinc et le fer était responsable de la variation de la tolérance au zinc et que AtFRD3 est, a minima, l'un des acteurs-clés dans cette interférence de nutrition zinc-fer. Ce travail a également mis en évidence l'existence jusqu'à maintenant inconnue d'un système autre que FRD3 également responsable du transport du fer entre racine et partie aérienne.

L'interaction entre les nutriments en zinc et en fer est bien connue, mais rares sont les facteurs qui ont été clairement impliqués dans le contrôle de cette interaction. Ce travail est l'un des premiers ayant identifié un de ces facteurs. Cependant, la nouveauté la plus importante est peut-être la preuve de l'existence (au moins dans certaines accessions d'*Arabidopsis*) d'un nouveau système de compensation du défaut de la fonction d'AtFRD3, considéré jusqu'à présent comme le principal facteur-clé contrôlant la nutrition en fer des plantes.

Ce travail a également eu un impact important dans l'UMR. En effet nous avons démontré la pertinence et l'efficacité d'une approche génétique, allant de l'analyse de la diversité naturelle existante jusqu'à l'identification de nouveaux facteurs qui sous-tendent la variation phénotypique observée. En tant que tel, cela a encouragé nos collègues à élaborer des approches similaires, qui étaient auparavant considérées comme trop compliquées. Un projet similaire a déjà été lancé par l'équipe Aquaporines.

[Ravet K., Rey G., Arnaud N., Krouk G., Djouanni E.B., Boucherez J., Briat J.F., Gaymard F. \(2012\) Iron and ROS control of the DST mRNA decay pathway is essential for plant fitness. *EMBO Journal* 31\(1\):175-186.](#)

Equipe Nutrition minérale et stress oxydatif

Ce travail a permis d'identifier un nouveau mécanisme impliqué dans la réponse des plantes au stress oxydatif. Une nouvelle voie de réponse au stress oxydatif qui cible AtFer1, un gène codant la ferritine et induit par le fer, a été identifiée dans la plante modèle *Arabidopsis*. Des approches pharmacologiques et génétiques ont permis d'identifier

un élément *cis*, nommé DST (DownSTream), situé dans la partie 3' UTR de AtFer1. L'élément DST est impliqué dans la dégradation de l'ARNm de AtFer1 déclenchée par le stress oxydatif. Dans deux mutants (nommés *dst1* et *dst2*) identifiés dans une étude précédente et agissant en *trans*, la stabilité de l'ARNm de AtFer1 a été affectée. D'autres gènes régulés par le fer et pouvant contenir des éléments DST ont également montré une altération de leur expression dans les fonds génétiques *dst1* et *dst2*. La caractérisation physiologique de ces mutants a souligné que la voie *dst* est stress-oxydatif dépendante, et est un mécanisme essentiel pour l'adaptation des plantes à des conditions environnementales défavorables. L'identification et la caractérisation de cette nouvelle voie de dégradation de l'ARNm sont originales chez les plantes, dans la mesure où cette voie implique un élément *cis* sans aucune intervention claire de contrôle épigénétique.

Outre les aspects originaux et novateurs de ce travail (identification d'une nouvelle voie de signalisation), la mise en oeuvre de cette voie de dégradation peut conduire à la sélection de plantes cultivées résistantes aux environnements qui génèrent un stress oxydatif marqué (lumière élevée, température, froid, carences nutritionnelles) .

PARTICIPATION DU LABORATOIRE
A LA FORMATION DE JEUNES SCIENTIFIQUES

B&PMP dépend de deux établissements d'enseignement supérieur [Montpellier SupAgro et l'Université Montpellier 2 (UM2)], et compte six personnels permanents de ces établissements (4 de l'UM2 et 2 de SupAgro), ce qui établit un lien fort avec les étudiants. Au total, l'ensemble du personnel de B&PMP participant formellement à l'enseignement (4 professeurs et maîtres de conférences et 12 chercheurs) réalise plus de 900 heures d'enseignement par an.

Ecole doctorale

Toutes les équipes de recherche sont rattachées à l'Ecole Doctorale SIBAGHE (Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosiences et Environnement). L'ancien directeur de B&PMP (JF Briat) a été sous-directeur de SIBAGHE jusqu'en 2011. L'actuel directeur de B&PMP (A. Gojon) est le représentant de l'INRA dans cette Ecole Doctorale. Enfin, deux scientifiques de BPMP sont membres du Conseil de SIBAGHE, et deux autres sont membres du Comité de recrutement, en charge de l'allocation des bourses de thèse.

Comme le montre le tableau ci-dessous, 25 thèses ont été soutenues à B&PMP au cours de la période 2008-2013, et 14 sont en cours. En outre, 3 thèses soutenues dans d'autres laboratoires ont été supervisées par des personnels de B&PMP (voir annexe 7).

Nom de famille	Prénom	Nationalité	Financement	Equipe	Période	Soutenance
JABNOUNE	Mehdi	Tunisienne	AUF-Gvt Tunisien	Canaux	01/01/2005-31/12/2007	19/12/2008
JEANGUENIN	Linda	Française	MENRT	Canaux	01/10/2005-31/09/2008	19/09/2008
CAILLIATTE	Rémy	Française	MENRT	Fer	01/09/2005-31/09/2008	05/12/2008
CASSIN	Gaëlle	Française	MENRT	Fer	01/10/2005-30/09/2008	18/12/2008
RAVET	Karl	Française	MENRT	Fer	01/10/2005-30/09/2008	15/12/2008
MOUNIER	Emmanuelle	Française	BTH INRA/Région	Intégration	01/12/2005-31/11/2008	29/04/2009
IPOTESI	Emilie	Française	BDI CNRS	Membranes	01/10/2005-31/09/2008	22/06/2009
DUC	Céline	Française	BTH INRA/Région	Fer	01/10/2006-31/09/2009	12/11/2009
PASCAUD	François	Française	BDI CNRS	Canaux	01/10/2006-31/09/2009	26/11/2009
WIDIEZ	Thomas	Française	MENRT	Intégration	01/10/2006-31/09/2009	03/12/2009
WUDICK	Michael	Allemande	CE- M.Curie VaTep	Aquaporines	01/03/2007 - 30/02/2010	28/04/2010
BARBERON	Marie	Française	MENRT	Fer	01/10/2007 - 31/09/2010	16/12/2010
SHAHZAD	Zaigham	Pakistanaise	Gvt Pakistanais	Métaux	17/09/2007 - 30/06/2010	09/07/2010
DELOGE	Florent	Française	BTH CNRS/Région	Dynamique	01/10/2008 - 30/09/2010	Resignation
GRONDN	Alexandre	Française	MENRT	Aquaporines	01/10/2007 - 31/09/2010	10/05/2011
ZORRIG	Walid	Tunisienne	Agro/Univ Tunisie	Métaux	01/11/2006-31/10/2009	24/01/2011
DI PIETRO	Magali	Française	BTH INRA	Aquaporines	01/10/2008 - 30/09/2011	13/12/2011
KHAN	Imran	Pakistanaise	Gvt Pakistanais	Canaux	25/09/2008 - 30/09/2011	13/12/2011
HAIDER	Muhammad Zulqurnain	Pakistanaise	Gvt Pakistanais	Canaux	03/10/2008 - 02/10/2011	14/12/2011
SASSI	Ali	Tunisienne	INRA / Gvt Tunisien	Canaux	01/10/2008 - 30/09/2011	12/12/2011
HERMAND	Victor	Française	Bourse Contrat Rech. SEITA	Intégration	01/02/2009 - 31/01/2012	25/06/2012
AZEEM	Farrukh	Pakistanaise	Gvt Pakistanais	Canaux	01/09/2009 - 31/12/12	20/12/2012
TAOCHY	Christelle	Française	CJS INRA	Canaux	01/10/2009 - 31/12/12	07/12/2012
LEFOULON	Cécile	Française	Contrat ANR Pumpkin/CNRS	Canaux	01/10/2009 - 31/12/12	20/12/2012
BOURNIER	Marc	Française	BDI CNRS	Feros	01/10/2009 - 31/12/12	17/12/2012
GRILLET	Louis	Française	BTH INRA	TSF	01/10/2009 - 31/12/12	13/12/2012
ANDRIANTERANAGNA	Mamy Jean de Dieu	Malgache	Bourse Gvt / INRA	Canaux	01/03/2010 - 30/06/2013	
RONZIER	Elsa	Française	Bourse INRA / CNRS	Signalisation	01/09/2010 - 30/09/2013	
PRADO	Karine	Française	CJS INRA	Aquaporines	01/10/2010 - 30/09/2013	
BEN AMAR	Siwar	Tunisienne	Hubert Curien Egide	Canaux	01/10/2010 - 30/09/2013	
GARCIA	Kevin	Française	Contrat doctoral UM2	Canaux	01/10/2010 - 30/09/2013	
REYT	Guilhem	Française	Ministère	Feros	01/10/2010 - 30/09/2013	
BOUGUYON	Eleonore	Française	Ministère	Integration	01/10/2010 - 30/09/2013	
DALY	Mariem	Marocaine	Gvt Marocain	Canaux	01/06/2011 - 31/12/2013	
NGUYEN-THI	Ngoc-Nga	Vietnamienne	Gvt Vietnamien	Métaux	11/04/2011 - 10/04/2014	
LERAN	Sophie	Française	CJS INRA	Intégration	01/09/2011 - 31/08/2014	
RODRIGUES	Olivier	Française	Contrat doctoral SupAgro	Aquaporines	01/10/2011 - 30/09/2014	
MITH	Oriane	Française	SupAgro / INRA	Métaux	03/10/2011 - 31/09/2014	
DRAIN	Alice	Française	Bourse Nouvelle Calédonie	Canaux	06/02/2012 - 01/08/2015	
HOANG THI THANH	Minh	Vietnamienne	Gvt Vietnam	TSF	10/12/2012 - 30/09/2015	

Masters

Les différentes équipes de B&PMP contribuent de manière significative aux masters suivants :

1. "Biologie des Plantes et des Microorganismes, Biotechnologies, Bioprocédés (BioPMBB)" de l'UM2, et plus particulièrement aux deux sous-spécialités : "Biologie Fonctionnelle des Plantes" et "Biotechnologies des Plantes Tropicales"
2. "Master Agronomie et Agroalimentaire" de SupAgro, et plus particulièrement sa sous-spécialité : "Semences et plantes en milieu Méditerranéen et Tropical" (SEPMET).

Dans le cadre du Master BioPMBB, B&PMP joue un rôle prédominant dans deux unités de formation, en M1 "Grandes Fonctions métaboliques et nutrition minérale" (pour lequel les chercheurs de B&PMP dispensent la plupart des enseignements), et en M2 "Transports Membranaires chez les Plantes" (entièrement organisé par B&PMP). Ce dernier est également une unité de formation proposée aux doctorants de l'Ecole Doctorale SIBAGHE.

En outre, 53 étudiants de M1 et M2 ont réalisé leur stage pratique de master dans l'une des équipes de B&PMP entre 2008 et 2013. Cela représente un engagement fort de l'ensemble du personnel de B&PMP dans la formation à la recherche.

Formation d'ingénieurs spécialisés de Montpellier SupAgro

Les enseignants-chercheurs de Montpellier SupAgro, membres de B&PMP, font partie du département d'enseignement "Biologie et Ecologie" de cet établissement. Ils sont impliqués dans l'un des Masters offerts par Montpellier SupAgro en reproduction végétale et génétique des plantes : "Amélioration des Plantes et Ingénierie Végétale Méditerranéenne et Tropicale" (APIMET). Ces enseignants coordonnent plusieurs cours : "l'adaptation des plantes aux stress abiotiques" et "la qualité des semences". Ils sont également impliqués dans la supervision de stages et de formations en laboratoire dans le domaine de la biotechnologie, dans l'encadrement de groupes d'étudiants de troisième cycle développant des analyses prospectives, ainsi que dans le tutorat d'étudiants pendant leurs enseignements de Master. Le personnel enseignant est également fortement impliqué dans l'organisation d'un cours de formation en laboratoire. Ainsi, B&PMP accueille, chaque année, environ 5 étudiants de premier cycle souhaitant découvrir des programmes de recherche sur les plantes en passant plusieurs semaines dans notre laboratoire.

Licence de Biologie parcours Biologie Fonctionnelle des Plantes - UM2

Un maître de conférences de l'UM2 affecté à B&PMP est responsable cette formation à l'Université. Cette formation est unique car elle comporte un stage obligatoire de 3 mois en laboratoire, au cours de la troisième année. B&PMP est fortement impliqué dans cette formation et, chaque année, 3 ou 4 étudiants de l'UM2 choisissent une des équipes de B&PMP pour cette période de stage.

Ecoles d'été nationales et internationales

Au cours de la période récente, B&PMP a nettement augmenté sa participation à des écoles de formation d'été pour les jeunes chercheurs (doctorants et post-docs), à travers trois événements majeurs :

1. L'équipe "Signalisation électrique et calcique" (JB Thibaud) a été depuis 2010 l'un des fondateurs et un membre actif de l'organisation et de l'enseignement de l'**Ecole d'Electrophysiologie de Montpellier** (tenue en 2011, 2012 et 2013). Cette formation nationale destinée aux étudiants et chercheurs (également ouverte aux industriels) dure deux semaines. Elle porte sur les aspects théoriques et pratiques de l'électrophysiologie. Elle est soutenue par le CNRS, l'INRA et l'INSERM.
2. L'équipe "Aquaporines" a organisé une école d'été internationale sur "le transport transmembranaire de l'eau chez les plantes" du 3 au 7 Octobre 2011. Cet événement, qui a réuni 25 jeunes chercheurs (doctorants et post-docs) de 11 pays européens, asiatiques et africains, a été co-financé par l'INRA et l'Institut international de recherche sur l'agriculture en zones tropicales semi-arides (ICRISAT, Inde). Une première partie théorique et pratique a été dispensée par différents membres de l'équipe et deux professeurs invités (M. Chrispeels, Université de Californie à San Diego, Etats-Unis ; Steve Tyerman, Université d'Adélaïde, Australie). La deuxième partie a été organisée sous forme de forum ouvert pour discuter comment l'hydraulique de plantes, telle qu'étudiée par des approches

combinées de biologie moléculaire, génétique et physiologie, peut représenter une cible pertinente pour améliorer la tolérance des cultures au stress abiotique. Ce forum a accueilli plusieurs intervenants internationaux supplémentaires (François Chaumont, Belgique ; Adam Price, Royaume-Uni ; Vincent Vadez, Inde ; François Tardieu, France ; Olivier Loudet, France).

3. B&PMP dans son ensemble (Toutes les équipes ont participé) a organisé la première Ecole internationale de Montpellier sur les Transports d'Eau et d'Ions dans les plantes (MISTRAL) du 2 au 13 Juillet 2012. Cette école a été soutenue par Agropolis Fondation, l'INRA et le projet COST FA0905. Elle a rassemblé 19 doctorants et post-docs originaires de 9 pays européens, africains et asiatiques pour une formation théorique et pratique de deux semaines portant sur de nombreux aspects de la nutrition hydrique et minérale des plantes, le transport membranaire d'eau et d'ions, et la réponse à des facteurs abiotiques environnementaux. La session pratique (une semaine complète) s'est appuyée sur toutes les installations expérimentales de B&PMP (y compris les plates-formes) et a permis d'offrir une formation très interactive autour de 10 ateliers expérimentaux différents (2-4 participants/atelier de 2-3 jours avec réalisation de vraies expériences). Le succès de cette première édition nous a conduits à décider que MISTRAL deviendra un événement pérenne de formation. Notre objectif est d'organiser l'école MISTRAL au moins tous les deux ans, la prochaine session ayant lieu en 2014. Avec MISTRAL, nous souhaitons être identifiés au niveau international comme un lieu majeur de formation sur le transport membranaire de l'eau et des ions dans les plantes.

STRATEGIE ET PROSPECTIVE SCIENTIFIQUES

DU LABORATOIRE

CONSIDERATIONS GENERALES

Cette partie du rapport résulte de discussions collectives approfondies, qui ont eu lieu à trois niveaux différents :

- Au niveau de l'Assemblée générale de tous les membres de B&PMP. Les échanges ont été initiés dès la fin de 2012 avec la candidature d'Alain Gojon au poste de directeur pour le prochain contrat 2015-2019. Un document écrit (de réponse aux questions posées par les personnels de B&PMP), une assemblée générale et un vote formel ont permis d'aborder de nombreuses questions sur le futur de B&PMP. Ce processus nous a permis de confirmer notre identité et nos objectifs scientifiques.
- Au niveau des différents collèges de personnels (scientifiques, ITA, personnel non permanent) qui se sont réunis séparément avec le conseil de direction entre mars et mai 2013.
- Au niveau de chaque équipe de recherche qui a été engagée à élaborer et discuter son propre projet de recherche. Une retraite scientifique de deux jours a été organisée en janvier 2013 au cours de laquelle chaque groupe a présenté ses perspectives scientifiques. Des complémentarités et synergies nouvelles ont été identifiées. Depuis lors, des propositions de projets plus spécifiques ont été rédigées et diffusées par chaque groupe. En outre, le Conseil des Chefs d'Equipe a débattu autour de quatre thèmes spécifiques identifiés comme essentiels pour le projet scientifique de B&PMP (espèces végétales, phénotypage racinaire, biologie des systèmes, génétique).

Cette intense série de discussions nous a permis de confirmer l'objectif scientifique principal de B&PMP qui est l'étude des mécanismes moléculaires et cellulaires qui régissent le statut hydro-minéral des plantes et leurs réponses à des facteurs abiotiques environnementaux (stress hydrique et salin, disponibilité des nutriments, toxicité métallique). Nous pensons que ces sujets sont d'une importance stratégique et socio-économique élevée et provoquent un intérêt croissant dans la communauté internationale des scientifiques du végétal. Les efforts attendus par de nombreux instituts de recherche dans ce domaine d'investigation sont de bonnes nouvelles pour B&PMP, nous laissant espérer des possibilités de financement importantes. Cependant, ces opportunités seront probablement associées à une compétition scientifique plus intense.

Pour relever ces défis, nous avons prévu plusieurs changements importants au cours des prochaines années, avec le développement de projets et d'approches nouveaux ou émergents (voir ci-dessous). Cette évolution a déjà commencé, avec, ces 18 derniers mois, l'intégration dans B&PMP d'un grand nombre de (pour la plupart jeunes) scientifiques et, au début de 2013, avec les changements apportés à notre organisation scientifique. Ainsi, les 8 équipes de recherche qui existeront au cours du contrat 2015-2019 sont déjà en place.

Cependant, il existe encore une certaine incertitude quant à l'existence à long terme du projet de l'équipe "Signalisation électrique calcique". Comme mentionné dans le rapport spécifique de cette équipe, une grande partie de ses perspectives scientifiques dépend de son renforcement par un ITA permanent (IE) dans un très proche avenir. La demande de ce poste a été faite à l'INRA, dans le but d'assurer également la gestion technique de la plate-forme d'expression hétérologue et d'électrophysiologie des plantes. Le responsable de l'équipe "Signalisation électrique calcique" a insisté sur le fait que, s'il n'obtenait pas ce poste, l'existence de son équipe après 2014 pourrait être mise en danger.

PRINCIPAUX OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DE B_gPMP

En plus des projets de recherche déjà conduits par les différentes équipes et qui seront poursuivis au cours de la période à venir (voir les rapports individuels des équipes), nous souhaitons développer notre activité de recherche autour de cinq grandes orientations, qui se dégagent des discussions collectives avec l'ensemble du laboratoire :

Renforcement des recherches sur le transport d'eau et les réponses au stress hydrique des plantes

Les ressources limitées en eau sont un enjeu majeur pour l'agriculture du futur. En premier lieu, les ressources en eau limitent déjà la production agricole dans le monde entier, alors que cette production devra augmenter fortement au cours des prochaines décennies. Par ailleurs, on anticipe que le changement climatique mondial va aggraver ce problème dans de nombreuses régions du monde.

B_gPMP a une occasion unique de renforcer sa capacité à relever ces défis. La création de l'équipe "Ubi-stress" (5 nouveaux personnels permanents en moins d'un an) qui bénéficiera bientôt d'un financement de l'ERC, et le renforcement de l'équipe "Aquaporines" (recrutements frais d'un CR2 CNRS et d'un CR1 INRA, mobilité d'un CR1 INRA en provenance de l'équipe "Intégration") ont augmenté de façon significative les forces de B_gPMP dans ce domaine. En plus du travail sur le transport de l'eau et l'hydraulique déjà mené par l'équipe "Aquaporines", ces deux équipes vont développer de nouveaux programmes sur la croissance des plantes et les réponses du développement face au stress hydrique, en étudiant à la fois les racines et les parties aériennes de la plante modèle *Arabidopsis*. En outre, l'équipe "Canaux ioniques" contribuera de manière significative au travail sur le stress hydrique, en étudiant la fonction intégrée de canaux potassiques dans les fonctions stomatiques. Les trois équipes veulent de la même façon combiner la biologie cellulaire, la génétique et les approches protéomiques dans leurs projets. Une description plus détaillée de l'ensemble du projet de l'équipe "Ubi-Stress" est présentée dans les pages suivantes.

Développement d'approches de Biologie des Systèmes

Initiées par les équipes "Integration", "Aquaporines" and "Signalisation électrique et calcique", ces approches vont être adoptées par au moins deux autres équipes, "Adaptation des plantes aux métaux" et "Nutrition minérale et stress oxydatif". Trois thématiques associées à de forts niveaux de complexité biologique vont être explorées (i) les effets de changements combinés de plusieurs facteurs abiotiques, déjà abordés par ces différents groupes [par exemple, lumière/azote (N), lumière/fer (Fe), N/phosphate (P), Fe/P, Zinc/P] (ii) l'intégration des relations structure-fonction de la racine, objectif important des équipes "Aquaporines" et "Integration" qui veulent développer des approches de modélisation sur ce thème et (iii) la modélisation des réseaux de gènes. Pour ce dernier thème, les équipes "Integration", "Adaptation des plantes aux métaux" et "Nutrition minérale et stress oxydatif" cherchent à comprendre comment des interactions entre voies de signalisation peuvent rendre compte de la fonction intégrée de gènes candidats et de leur réponse complexe à des facteurs abiotiques.

Fonctions intégrées de la racine : comment relier ses rôles dans le transport à sa croissance adaptative et à son développement.

La réussite de projets antérieurs sur le rôle des aquaporines et des transporteurs de nitrate dans le développement des racines latérales a permis d'identifier la morphogénèse racinaire adaptative comme un thème de recherche important pour B_gPMP. Par ailleurs, la laboratoire a joué un rôle moteur dans la mise en place du projet RHIZOPOLIS, coordonné par A. Gojon (2011-2013) puis par H. Sentenac (2013-2014). Toutefois, nous pensons que de nouveaux

développements dans le phénotypage racinaire sont absolument nécessaires pour maintenir notre position dans ce domaine scientifique.

Au sein de RHIZOPOLIS, plusieurs approches ont été développées afin de lever des verrous méthodologiques et permettre une amélioration des dispositifs de phénotypage (par exemple, un logiciel d'analyse d'image pour le phénotypage à haut-débit de l'architecture du système racinaire). La prochaine étape va être de développer une plateforme de phénotypage racinaire afin d'augmenter significativement notre capacité à explorer un large spectre de génotypes et de conditions environnementales. Nous pensons mettre en oeuvre cette plateforme dans un futur proche. L'originalité de B_gPMP sera assurément de combiner du phénotypage morphologique et fonctionnel afin de produire des modèles intégrés de l'architecture du système racinaire, tant du point de vue de l'hydraulique que du transport des ions. Quatre groupes au moins sont intéressés par ces approches ("Aquaporines", "Intégration", "Canaux ioniques", "Nutrition minérale et stress oxydatif").

Un intérêt partagé pour les mécanismes de régulation post-translationnelle

La phosphorylation/déphosphorylation des protéines, les interactions protéine-protéine, et le trafic des protéines sont devenus des questions centrales dans l'étude des mécanismes de régulation par la plupart des équipes de B_gPMP. Au moins quatre d'entre elles ("Aquaporines", "Intégration", "Canaux ioniques" et "Signalisation électrique et calcique") partagent un intérêt commun pour les familles de protéines kinases CIPK/CBL et CPK, et élaborent des stratégies similaires pour étudier leurs fonctions dans la nutrition des plantes et la réponse au stress. En outre, la mise à niveau de la plate-forme d'imagerie (nouveau microscope confocal) et l'intégration de la plate-forme protéomique (MSPP) offrent désormais de nouvelles possibilités de combiner ces approches et de comprendre comment les modifications post-traductionnelles des protéines-clés et les interactions protéine-protéine régulent le transport de l'eau et des nutriments et les réponses des plantes aux facteurs abiotiques. Dans le cas des transporteurs membranaires, nous nous attendons à ce que le couplage de ces études avec nos capacités de phénotypage fonctionnel (expression hétérologue, électrophysiologie et analyse des isotopes stables) soit particulièrement puissant. Une réflexion collective a été menée avant l'intégration de MSPP pour identifier les différents projets de recherche qui devraient bénéficier de l'expertise de cette plate-forme en phosphoprotéomique quantitatives et ciblée. Une description détaillée de la situation actuelle et des projets de MSPP est présentée dans les sections suivantes.

Approches prospectives de génétique

Enfin, B_gPMP a récemment mené une réflexion prospective pour accroître ses efforts en matière de génétique directe. Dans le passé, plusieurs équipes ont utilisé des cribles basés sur l'expression de gènes rapporteurs pour identifier de nouveaux éléments de signalisation de la réponse des plantes aux nutriments. Toutefois, une seule équipe ("Adaptation des plantes aux métaux") a utilisé de manière soutenue la génétique quantitative dans ses projets. Cette approche est très pertinente pour analyser des caractères complexes et identifier les génotypes/gènes impliqués dans les mécanismes à l'œuvre dans les habitats naturels. En outre, le développement chez plusieurs espèces modèles de nombreuses populations recombinantes et le séquençage génomique de centaines d'accessions naturelles vont certainement faciliter le clonage moléculaire de gènes correspondant à des caractères quantitatifs. Plus qu'une expertise pointue en génétique, un bon contrôle du phénotype d'intérêt va devenir crucial pour une réussite future dans ce domaine. L'expertise physiologique et biophysique dont bénéficie B_gPMP est tout à fait unique et pourrait être exploitée pour cela. Par exemple, l'équipe "Aquaporines" s'est déjà engagée dans le clonage de gènes régulateurs majeurs de l'hydraulique de la racine, en utilisant la variabilité naturelle chez *Arabidopsis*. Afin de compléter notre expertise locale, un partenariat solide de B_gPMP avec des généticiens sera donc encouragé. La constitution récente d'un nouveau département scientifique de l'INRA ("Biologie et amélioration des plantes") va certainement offrir des perspectives intéressantes dans ces domaines.

LE POSITIONNEMENT DE B&PMP DANS SON ENVIRONNEMENT

Les priorités scientifiques et les projets mis en évidence dans les sections précédentes doivent être considérés par rapport à la position de B&PMP aux niveaux local, national et international :

(i) Le renforcement de nos travaux sur le transport de l'eau et la réponse au stress hydrique nous fournira une occasion unique de renforcer notre collaboration avec le LEPSE, l'autre unité de l'IBIP. Bien qu'un nombre important de collaborations bilatérales ait été mené entre B&PMP et le LEPSE, ces collaborations n'ont pas abouti à un partenariat stratégique à long terme entre les deux laboratoires. Une des raisons en est que LEPSE a principalement concentré ses efforts sur la modélisation de la réponse de la transpiration, de la photosynthèse et de la croissance au stress hydrique, alors que B&PMP est principalement intéressé par les aspects moléculaires et fonctionnels de l'absorption de nutriments par les racines. Pour soutenir l'évolution scientifique de B&PMP, et améliorer l'échange d'informations avec le LEPSE, nos collègues et nous avons créé en 2013 le Conseil scientifique de l'IBIP, qui regroupe tous les chefs d'équipes de B&PMP et du LEPSE trois fois par an (deux réunions se sont déjà tenues en 2013). En outre, tant le projet du groupe "Aquaporines" avec Syngenta que la subvention de l'ERC attribuée à P. Genschik ont récemment renforcé l'impact national et international de nos travaux sur le transport de l'eau et de la réponse au stress hydrique des plantes.

(ii) la biologie des systèmes et sa contribution à l'élaboration d'approches prédictives en biologie est une priorité nationale pour l'INRA et le CNRS. Pour B&PMP, c'est aussi un moyen très pertinent d'améliorer sa visibilité aux niveaux local et international. En effet, une des caractéristiques de la communauté scientifique de Montpellier est qu'elle compte une solide communauté de mathématiciens et d'informaticiens, regroupés au sein du Labex "NUMEV". Depuis 2010, et plus encore depuis 2012, nous avons élargi notre collaboration avec ces collègues pour développer des approches de modélisation. Quatre programmes de collaboration formels (financés par l'ANR, le CNRS ou le Labex NUMEV) sont en cours. De plus, nos projets sur la modélisation des réseaux de régulation de gènes sont mis en avant pour améliorer notre partenariat international. La collaboration de longue date entre l'équipe "Intégration" et le Centre de génomique et biologie des systèmes de l'Université de New York (13 publications conjointes depuis 2004) a conduit à un projet plus ambitieux pour le jumelage des deux laboratoires. Une demande de création d'un LIA (Laboratoire international Associé) a été soumise au CNRS en mai 2013.

(iii) Notre volonté de développer des approches originales pour le phénotypage racinaire est pleinement compatible avec le rôle central que joue B&PMP dans le projet RHIZOPOLIS. Ce projet rassemble 18 équipes de recherche différentes, dont au moins 6 (appartenant aux unités suivantes : LEPSE, DIADE, AGAP, LSMC, et Eco & Sols) ont, comme nous, un intérêt direct pour le phénotypage racinaire. Notre objectif est de maintenir cette dynamique collective dans des projets futurs. Le phénotypage racinaire sera d'une importance majeure pour le positionnement de B&PMP dans le labex "AGRO", qui soutiendra les projets dans la continuité de RHIZOPOLIS. Des projets collaboratifs avec des informaticiens, pour manipuler les énormes quantités de données générées par les approches de phénotypage, sont également prévus. Un tel projet, impliquant les laboratoires LEPSE, B&PMP et AGAP a été soumis au Labex NUMEV, et récemment accepté. Au niveau international, une action majeure pour positionner davantage notre travail sur le phénotypage racinaire est la contribution de l'équipe "Intégration" au récent projet européen "EURoot", qui implique également trois autres équipes du LEPSE, d'AGAP et d'Eco & Sols membres de RHIZOPOLIS.

(iv) Enfin, nos études sur les mécanismes de régulation post-traductionnelle lient B&PMP à plusieurs grands laboratoires locaux qui travaillent sur des mécanismes similaires, mais chez les animaux et en biologie médicale. B&PMP contribue de manière significative aux plates-formes d'imagerie et de protéomique existantes à Montpellier grâce à la participation de PHIV à MRI, et, grâce à la participation de MSPP au "Pôle Protéomique Montpelliérain". En retour, nous bénéficions d'un large éventail d'infrastructures techniques très compétitives qui positionnent Montpellier comme un bon site international pour le développement de ces études. En outre, nous avons l'ambition de renforcer la position de nos approches protéomiques au niveau national dans la communauté de Biologie végétale. Deux projets ont été récemment proposés dans ce sens (pour obtenir un label national délivré par la CNOC et un financement spécifique par IBISA).

Un point crucial lié aux objectifs ci-dessus est qu'ils ne nécessitent pas, sauf pour quelques aspects spécifiques, le recrutement de nouveaux personnels. En effet, la plupart des personnels nécessaires pour gérer les nouvelles priorités scientifiques ont été intégrées au cours des 18 derniers mois. Ainsi, les nouveaux développements n'auront pas d'impact négatif sur les autres programmes principaux que les différentes équipes souhaitent poursuivre au cours de la prochaine période.

Pourtant, plusieurs faiblesses de B&PMP en termes de ressources humaines et d'infrastructures connexes ont été identifiées et devront être traitées par des mesures appropriées :

- (i) La plate-forme MSPP est restée localisée dans le bâtiment d'origine de l'ancien LPF. En conséquence, les trois personnels techniques permanents de cette plate-forme sont isolés des autres membres de B&PMP, et sont les seuls occupants d'un bâtiment de 800 m². Cela empêche les interactions entre MSPP et les équipes de recherche de B&PMP, et crée de sérieux problèmes de sécurité (travail isolé). Par conséquent, il sera crucial de déménager la plate-forme MSPP dans le bâtiment IBIP. Heureusement, l' "Institut de l'Elevage ", qui occupe actuellement une partie de l'IBIP va déménager dans un nouveau bâtiment du campus fin 2014/début 2015. Un projet d'installation de MSPP dans l'espace libéré a été proposé à la Direction du Campus INRA/SupAgro, et au Département BAP de l'INRA.
- (ii) Le renforcement de la "Plate-forme d'expression hétérologue et électrophysiologie" avec le recrutement d'un ITA (Ingénieur d' Etudes) est une priorité. Excepté son responsable scientifique (JB Thibaud, DR2 CNRS), cette plate-forme n'a pas de personnel permanent. Cela pénalise son efficacité, spécialement au regard de développements récents réussis, tels que le couplage avec les installations d'analyse des isotopes stables et d'imagerie.
- (iii) Au moins deux ITA supplémentaires (Ingénieur d' Etudes) seront nécessaires pour mettre en place la plate-forme de phénotypage racinaire et renforcer nos approches bioinformatiques (en particulier celles liées à la protéomique).
- (iv) Les deux équipes "Transport et Signalisation du Fer" et "Nutrition minérale et stress oxydatif" auront besoin de nouveaux chercheurs permanents dans un proche avenir. En effet, ces équipes ont été, et seront de nouveau touchées par les départs et/ou retraites de certains de leurs chercheurs. Au moins un jeune chercheur supplémentaire (CR2) sera nécessaire dans chaque équipe.

Au-delà de cette analyse à mi-parcours (jusqu'en 2016), une question cruciale liée à l'encadrement scientifique doit être traitée sur le long terme. En effet, d'ici la fin de la période suivante (2019), au moins deux, et probablement trois chefs d'équipes cesseront l'encadrement de leurs équipes. Plus important encore, les trois équipes concernées ("Intégration", "Canaux ioniques" et "Signalisation électrique et calcique") représentent actuellement la moitié du personnel de B&PMP. Ainsi, l'anticipation de cette difficulté représentera la question la plus stratégique que B&PMP aura à régler au cours de la prochaine période.

En conséquence, une procédure a été engagée en 2013 pour favoriser l'émergence en interne de nouveaux chefs d'équipes qui souhaitent soit créer de nouvelles équipes, soit remplacer d'anciens chefs d'équipes. Les critères requis pour qu'un scientifique devienne chef d'équipe ont d'abord été déterminés lors de discussions en Conseil de Chefs d'Equipes, puis validés formellement par le Conseil de Laboratoire. Ensuite, un "appel à candidatures" interne a été lancé. Bien qu'aucune nouvelle équipe ne soit prévue au début de 2015, plusieurs lettres d'intention ont été reçues pour des dates ultérieures (c'est-à-dire, au cours du prochain contrat). Nous allons accorder une grande attention à ces demandes, et une procédure d'accompagnement a été lancée par le Conseil des Chefs d'Equipes pour aider ces jeunes collègues à devenir totalement autonomes. Cela ne nous empêchera pas d'attirer de nouveaux chefs d'équipes en provenance de l'extérieur de B&PMP, possibilité que nous voulons continuer à explorer.

Toute nouvelle initiative devra idéalement correspondre soit (i) à une stratégie de "prise de risque" pour la mise en œuvre d'un nouveau sujet ou approche scientifique (comme le projet "Ubi-stress"), ou (ii) à un moyen de maintenir une expertise spécifique de B&PMP. Avec ces stratégies, nous tenons à renforcer les approches génétiques, qui méritent des développements plus ambitieux dans l'avenir. En outre, des efforts importants seront nécessaires pour

maintenir nos compétences uniques en électrophysiologie. Notre demande de poste de Maître de Conférences à l'Université Montpellier 2, sur un profil de recherche et d'enseignement en électrophysiologie, est une première étape dans cette direction.