

PROPOSITION D'UN PROJET DE THÈSE A L'ÉCOLE DOCTORALE « Écologie, Géosciences, Agronomie, Alimentation »

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Titre de la thèse : Régulations du métabolisme PRIMaire foliaire en lien avec les relations sources-puits au cours de l'Acclimatation à la carence en eau chez les BRAssicacées
Acronyme : PRIMABRA
Champ disciplinaire 1 : Agronomie Champ disciplinaire 2 : Alimentation
Trois mots-clés : Physiologie, métabolisme central, sécheresse
Unité d'accueil : IGEPP (UMR 1349, INRAE-Institut Agro-Université de Rennes 1), Institut de Génétique, Environnement et de Protection des Plantes (https://www6.rennes.inrae.fr/igepp/)
Nom, prénom du directeur de thèse (HDR indispensable) : Alain BOUCHEREAU Adresse mail : alain.bouchereau@univ-rennes1.fr
Nom, prénom du co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) : Younès DELLERO Adresse mail : younes.dellero@inrae.fr
Financement (origine et montant) : 50% CDE UR1 et 50% ARED
Contact(s) (adresse postale) : Alain Bouchereau, UMR IGEPP, Domaine de la Motte, BP 35327,35653 Le Rheu cedex, France, alain.bouchereau@univ-rennes1.fr
Mode de recrutement Le mode de recrutement du doctorant dépend de la nature du financement du projet de thèse. Pour identifier le mode de recrutement, veuillez consulter le site web de l'ED EGAAL - cliquez ici . Le projet de thèse ne sera pas publié si cette information est manquante. <input checked="" type="checkbox"/> Concours <input type="checkbox"/> Entretien <input type="checkbox"/> Autre (précisez) :

**Toutes les rubriques de ce document doivent être remplies.
Une fois complété, merci d'enregistrer ce document au format pdf avec le nom suivant :
Nom du Directeur thèse_Unité_Acronyme du sujet_FR.pdf**

DESCRIPTION SCIENTIFIQUE DU PROJET DE THÈSE

Contexte socio-économique et scientifique : (10 lignes)

Le colza est une plante oléagineuse majeure, cultivée dans le monde entier pour ses graines riches en huile et en protéines, avec d'importants débouchés pour la nutrition humaine et animale et la production de biocarburants. Cependant, le potentiel de rendement en grains du colza d'hiver (majoritairement cultivé en Europe), est aujourd'hui menacé par les changements climatiques grandissants, en particulier par l'apparition de carences en eau à des stades précoces du cycle de développement de la plante (vigueur automnale). En effet, ces épisodes de sécheresse diminuent fortement la production de biomasse mais également la réallocation des ressources entre les différents organes du colza en croissance, avec de très graves conséquences pénalisantes pour l'établissement futur du rendement en grains. Dans ce contexte, des régulations différenciées du métabolisme et de sa dynamique doivent opérer, suivant le statut développemental des tissus foliaires, de manière à optimiser l'allocation et la distribution des ressources trophiques (carbonées et azotées) depuis les tissus sources (âgés) vers les tissus puits (en développement). Cependant, ces ajustements métaboliques intégrés à l'échelle du fonctionnement global de la plante sont la traduction de régulations complexes des flux métaboliques au sein du métabolisme primaire foliaire, qui restent encore à appréhender et à comprendre. Ce réseau métabolique central est coordonné par plusieurs voies fortement interconnectées sur les plans spatiaux et temporels qui sont : la photosynthèse, la photorespiration, la glycolyse, le cycle de Krebs, l'assimilation d'azote. Le projet de thèse PRIMABRA a pour ambition de déterminer la topologie et la dynamique des flux métaboliques au sein du métabolisme central foliaire, qui vont soutenir les ajustements osmotiques, énergétiques et nutritionnels nécessaires à l'acclimatation du colza face à une carence en eau. Nous souhaitons également étudier la variabilité inter-espèces associée à ces régulations métaboliques chez les Brassicacées de manière à éclairer des futures actions potentielles d'exploitation de cette diversité pour l'amélioration génétique du colza.

Hypothèses et questions scientifiques (8 lignes)

L'apparition progressive de la carence en eau induit précocement une fermeture des stomates qui affecte négativement la photosynthèse. En conséquence, les pertes de carbone et d'azote liés au processus photorespiratoire augmentent, tout comme les propriétés de séquestration de carbone et d'azote nécessaires aux ajustements du potentiel osmotique foliaire, qui ont pour conséquence de fortement perturber le transport des nutriments entre les feuilles sources et puits de la plante via les tissus conducteurs. Les flux de masse sont ainsi largement pénalisés par la carence en eau. L'acclimatation du colza à une carence en eau repose donc principalement sur sa capacité à réorchestrer le fonctionnement des différentes voies du métabolisme primaire et de leurs interconnexions au travers de la régulation des flux métaboliques, afin notamment de maintenir la fourniture d'énergie (*via* le cycle de Krebs) en vue d'alimenter les processus de croissance cellulaire dans les jeunes feuilles et de remobilisation des nutriments depuis les vieilles feuilles. L'ambition du projet de thèse PRIMABRA consiste donc à répondre aux questions suivantes :

- Quel est l'impact d'une carence en eau sur l'efficacité du métabolisme primaire foliaire et des relations sources-puits chez le colza ?
- Quelles sont les étapes métaboliques du cycle de Krebs et des voies afférentes et efférentes qui sont régulées au cours de l'acclimatation à la carence en eau en lien avec la remobilisation des nutriments ? Comment sont-elles régulées ?
- Existe-t-il de la variabilité inter-espèces chez les Brassicacées associée à ces régulations métaboliques au cours d'une carence en eau ?

Principales étapes de la thèse et démarche (10-12 lignes)

La thèse sera divisée en 3 tâches. Pour la réalisation de chaque tâche, des plants de colza (*Brassica napus*), de moutarde chinoise (*Brassica juncea*) et de moutarde éthiopienne (*Brassica carinata*) seront cultivés pendant quelques semaines (évaluation de la vigueur développementale précoce) dans une chambre de culture et une carence en eau modérée sera appliquée pendant 2 semaines (40% de la capacité au champ). Les prélèvements de matériels seront organisés de manière à prendre en compte l'évolution spatiale et temporelle des phénomènes observés en séparant notamment les tissus jeunes des tissus âgés au cours du temps de développement.

Tâche 1 : Impact d'une carence en eau sur le statut physiologique des jeunes et vieilles feuilles de Brassicacées.

- ⇒ Mesures du contenu en eau, du potentiel osmotique, des échanges gazeux (photosynthèse/photorespiration/respiration mitochondriale) et de la fluorescence des photosystèmes

Tâche 2 : Impact de la carence en eau sur le fonctionnement du cycle de Krebs dans les jeunes et vieilles feuilles de Brassicacées

- ⇒ Mesures des activités enzymatiques et des teneurs en métabolites liées à l'activité du cycle de Krebs et de certaines voies afférentes et efférentes
- ⇒ Mesures des teneurs et ratios de co-facteurs majeurs liés au statut énergétique et redox des cellules (ATP/ADP, NADPH/NADP, NADH/NAD, GSH/GSSG, Ascorbate/dehydroascorbate)

Tâche 3 : Modélisation des flux métaboliques parcourant le cycle de Krebs et ses entrées/sorties, dans les jeunes et vieilles feuilles de Brassicacées

- ⇒ Réalisation de marquages isotopiques avec des sondes métaboliques ¹³C, mesures de l'enrichissement ¹³C dans les métabolites liés à l'activité du cycle de Krebs, modélisation des flux métaboliques assistée par logiciels (ScalaFlux et Influx)

Approches méthodologiques et techniques envisagées (4-6 lignes)

Le/la doctorant.e apprendra à mettre en place, conduire et évaluer l'impact d'une carence en eau contrôlée sur des plantes d'intérêt agronomique. Le/la doctorant.e maîtrisera également plusieurs méthodologies complémentaires faisant appel aux domaines de l'écophysiologie des plantes, à l'enzymologie, à la métabolomique et à la fluxomique du ¹³C. Pour la mise en œuvre de toutes ces approches, le/la doctorant.e bénéficiera d'un réseau de collaborateurs scientifiques, à savoir la plateforme de métabolomique et de fluxomique « P2M2 » de notre laboratoire IGEPP (Rennes), le laboratoire IPS2 (Paris-Saclay) ainsi que la plateforme de métabolomique de Bordeaux « Bordeaux Metabolome » et la plateforme de métabolomique et de fluxomique « MetaToul » de Toulouse.

Compétences scientifiques et techniques requises pour le candidat

Le/la candidat(e) devra disposer de solides connaissances en métabolisme et en physiologie des plantes. Des compétences anglophones pour la communication scientifique et l'écriture seront fortement appréciées. Une expérience dans la mise en place et le suivi d'impact d'un stress abiotique sur une plante, ou bien dans l'analyse de métabolites primaires (sucres/acides organiques/acides aminés), ou encore dans la mesure de paramètres d'échanges gazeux foliaires sera appréciée. La maîtrise d'outils de traitements statistiques appliqués à la biologie sera un réel atout pour le(a) candidat(e). Des capacités à travailler à la fois en équipe et en autonomie seront également précieuses.

ENCADREMENT DE LA THÈSE¹

Nom de l'unité d'accueil : IGEPP	Nom de l'équipe d'accueil : RCA (Rendement sous contraintes abiotiques)
Nom du directeur de l'unité : Maria MANZANARES-DAULEUX	Nom du responsable de l'équipe : Nathalie NESI
Coordonnées du directeur de l'unité :	Coordonnées du responsable de l'équipe :

¹ Dans l'ED EGAAL, si 1 scientifique dans la direction de la thèse = 100% d'encadrement doctoral ; si 2 personnes impliquées dans la direction de la thèse = entre 50% et 70% d'encadrement doctoral pour l'HDR directeur ; si 3 personnes impliquées dans l'encadrement de la thèse : répartition :40% - 30% - 30% de l'encadrement doctoral.

maria.manzanares-dauleux@inrae.fr

nathalie.nesi@inrae.fr

Directeur de thèse

Nom, prénom : BOUCHEREAU Alain

Fonction : Professeur

Date d'obtention de l'HDR : Juillet 2001

Employeur : Université de Rennes 1

Taux d'encadrement doctoral dans le présent sujet : 50%

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions et co-directions) (%) : 0%

Nombre de directions/co-directions de thèse en cours : 0

Co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant)

Nom, prénom : Dello YOUNÈS

Fonction : Chargé de recherche

Titulaire de l'HDR : oui non Si oui, date d'obtention de l'HDR :

Employeur : INRAE

École doctorale de rattachement : EGAAL

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 50

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) : 0

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 0

Devenir des anciens doctorants du directeur et co-directeur(s)/co-encadrant(s) de thèse (depuis 5 ans)

Compléter les informations suivantes pour chaque ancien doctorant

Nom, prénom : DECHAUMET Sylvain

Date de début et de fin de thèse : 02/11/2014 – 18/05/2018

Direction de thèse : Bouchereau Alain

Emploi actuel, lieu : Chef de projet, Medday pharmaceuticals, Paris

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : CDI

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

- Dello Y, Clouet V, Marnet N, Pellizzaro A, **Dechaumet S**, Niogret MF, **Bouchereau A**. 2020. Leaf status and environmental signals jointly regulate proline metabolism in winter oilseed rape. J Exp Bot 71, 2098-2111. DOI : 10.1093/jxb/erz538
- Poret M, Chandrasekar B, van der Hoorn RAL, **Dechaumet S**, **Bouchereau A**, Kim TH, Lee BR, Macquart F, Hara-Nishimura I, Avice JC. 2019. A Genotypic Comparison Reveals That the Improvement in Nitrogen Remobilization Efficiency in Oilseed Rape Leaves Is Related to Specific Patterns of Senescence-Associated Protease Activities and Phytohormones. Front Plant Sci 10, 46. DOI: 10.3389/fpls.2019.00046
- **Bouchereau, A., Dechaumet, S.,** Avice, J., Berardocco, S., Deleu, C., Etienne, P., Faes, P., ; Guitton, Y., Jonard, C., Le Caherec, F., Leconte, P., Leport, L., Marnet, N., Niogret, M., Orsel, M., ; Rolland, S., Trouverie, J., Nesi, N. 2019. Metabolic profiling and functional metabolomics of senescence and stress response in plants: a case study in the

Brassicaceae species. FEBS Open Bio, 8,27-28.

Publications majeures des 5 dernières années du directeur de thèse et co-directeur(s)/co-encadrant(s) sur le sujet de thèse :

- **Dellero Y**, Heuillet M, Marnet N, Bellvert F, Millard P, **Bouchereau A**. 2020. Sink/Source Balance of Leaves Influences Amino Acid Pools and Their Associated Metabolic Fluxes in Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Metabolites* 10, 16. . DOI : 10.3390/metabo10040150
- **Dellero Y**, Clouet V, Marnet N, Pellizzaro A, Dechaumet S, Niogret MF, **Bouchereau A**. 2020. Leaf status and environmental signals jointly regulate proline metabolism in winter oilseed rape. *J Exp Bot* 71, 2098-2111. DOI : 10.1093/jxb/erz538
- Poret M, Chandrasekar B, van der Hoorn RAL, Dechaumet S, **Bouchereau A**, Kim TH, Lee BR, Macquart F, Hara-Nishimura I, Avise JC. 2019. A Genotypic Comparison Reveals That the Improvement in Nitrogen Remobilization Efficiency in Oilseed Rape Leaves Is Related to Specific Patterns of Senescence-Associated Protease Activities and Phytohormones. *Front Plant Sci* 10, 46. DOI: 10.3389/fpls.2019.00046
- **Dellero Y**, Lamothe-Sibold M, Jossier M, Hodges M. 2015. *Arabidopsis thaliana* ggt1 photorespiratory mutants maintain leaf carbon/nitrogen balance by reducing RuBisCO content and plant growth. *Plant J* 83, 1005-1018. DOI: 10.1111/tpj.12945
- Hatzig S, Zaharia LI, Abrams S, Hohmann M, Legoahec L, **Bouchereau A**, Nesi N, Snowdon RJ. 2014. Early osmotic adjustment responses in drought-resistant and drought-sensitive oilseed rape. *J Integr Plant Biol* 56, 797-809. DOI: 10.1111/jipb.12199

FINANCEMENT DE LA THÈSE

Origine(s) du financement de la thèse : 50% ARED et 50% CDE UR1

Salaire brut mensuel : 1727 €

État du financement de la thèse : Non acquis

Date du début/durée du financement de la thèse : Septembre 2021 – 3 ans

Date : 24 Mars 2021

Nom, signature du directeur d'unité : IGEPP

Maria MANZANARES-DAULEUX P/O Christophe Mougel

Christophe MOUGEL
Directeur Adjoint UMR IGEPP

Nom, signature du responsable de l'équipe : RCA

Nathalie NESI

Nom, signature du directeur de thèse :

Alain BOUCHEREAU