

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

## INFORMATIONS GÉNÉRALES

<b>Titre de la thèse :</b> Métabotypage de la résistance génétique ou induite par SDP et phénotypage NIRS pour identifier et monitorer les métabolites responsables de la résistance du pommier à la tavelure
<b>Acronyme :</b> MétaboNIRS
<b>Champ disciplinaire 1 :</b> Agronomie <b>Champ disciplinaire 2 :</b> Choisissez un élément.
<b>Trois mots-clés :</b> mécanismes de résistance, cartographie de mQTLs, prédiction phénotypique
<b>Unité d'accueil :</b> IRHS – Institut de Recherche en Horticulture et Semences
<b>Nom, prénom du directeur de thèse (HDR indispensable):</b> DUREL Charles-Eric <b>Adresse mail :</b> charles-eric.durel@inrae.fr <b>Nom, prénom du co-directeur (le cas échéant) (HDR indispensable):</b> <b>Adresse mail :</b> <b>Nom, prénom du co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) :</b> MURANTY Hélène <b>Adresse mail :</b> helene.muranty@inrae.fr <b>Nom, prénom du co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) :</b> <b>Adresse mail :</b>
<b>Financement (origine et montant) :</b> Contrat Doctoral Etablissement UA (100%)
<b>Contact(s) (adresse postale) :</b> IRHS, Bat. B, 42 rue Georges Morel - CS 60057, 49071 BEAUCOUZE CEDEX, FRANCE
<b>Mode de recrutement</b> 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 - <a href="#">cliquez ici</a> . Le projet de thèse <b>ne sera pas</b> publié si cette information est manquante. <input checked="" type="checkbox"/> <b>Concours</b> <input type="checkbox"/> <b>Entretien</b> <input type="checkbox"/> <b>Autre (précisez) :</b>

**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)

Contrôler la tavelure du pommier en verger commercial requiert un grand nombre de traitements chimiques (> 20 par an) susceptibles d'engendrer des risques en termes de santé humaine et de protection de l'environnement. Augmenter la résistance des arbres à cette maladie, qu'il s'agisse de résistances intrinsèques (génétiques) ou induites par des stimulateurs de défenses des plantes (SDP), est un enjeu majeur sur le plan socio-économique.

Sur un plan scientifique, connaître et quantifier les composés métaboliques effectivement responsables de la résistance du pommier à la tavelure représenterait un gain de connaissance très significatif en matière de compréhension des mécanismes de résistance à privilégier par sélection ou à promouvoir par stimulation. De plus, cette compréhension représente un élément majeur de la gestion durable de ces résistances. Nous proposons donc au candidat d'explorer ce domaine sur le pommier par deux approches complémentaires : 1) la cartographie génétique de QTLs de quantité de métabolites (mQTLs) colocalisant avec des QTLs de résistance bien connus (rQTLs), et 2) la prédiction phénotypique de ces métabolites et de la résistance par phénotypage NIRS (Rincet et al. 2018 ; doi: 10.1534/g3.118.200760).

### Hypothèses et questions scientifiques (8 lignes)

Q1 : Quels sont les métabolites associés à la résistance partielle (intrinsèque ou induite) du pommier à la tavelure ?

La combinaison des approches de cartographie génétique et de suivi d'induction des défenses avec et sans SDP doit permettre de converger vers quelques métabolites-candidats à valider pour identifier les 'effecteurs' finaux de résistance à la tavelure.

Q2 : Quelle précision de prédiction de la résistance à la tavelure et de la quantité de composés métabolites associés peut-on atteindre grâce au phénotypage NIRS ?

Une des hypothèses pour expliquer la puissance prédictive de la prédiction phénotypique (basée sur spectres NIR) en comparaison de la prédiction génomique repose sur le fait que ces spectres reflètent les quantités de métabolites (ici présents dans la feuille) qui sont plus proches de la « réalisation » du phénotype d'un individu que les informations génétiques (marqueurs SNP) qui, elles, ne se situent qu'au début du continuum « ADN – ARN – protéine – métabolite ».

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

Le travail de thèse reposera sur l'étude d'une descendance F1 en ségrégation dans laquelle des QTLs de résistance à la tavelure avec et sans induction de défenses par l'ASM ont été identifiés (Bénéjam et al. 2020). Durant la thèse, des données de métabotypage par HPLC-MS/MS et de spectres d'absorbance en proche infra-rouge (NIRS) seront obtenues sur feuilles afin de :

- cartographier des mQTLs, d'étudier leur colocalisation avec les rQTLs, et en déduire des gènes-candidats positionnels et fonctionnels expliquant les mécanismes de résistance
- prédire les niveaux de résistance et les quantités de métabolites à l'aide des spectres NIRS

T1 : Cartographie de mQTLs après métabotypage de la F1 avant et 3 (ou 5) jours après inoculation

T1bis : métabotypage de la résistance induite par ASM (sous-ensemble de la F1) et comparaison à la résistance partielle intrinsèque

T2 : Recherche des meilleurs gènes-candidats positionnels/fonctionnels sous-jacents aux m/rQTLs en fonction des voies métaboliques contrôlées, et exploration par qPCR de quelques gènes les plus pertinents (optionnel)

T3 : Phénotypage NIRS de la F1 à J0, J3, J5, J7 ... après inoculation, et après induction par ASM

T4 : Construction d'équations de prédiction phénotypique des composés métaboliques et des niveaux de résistance et évaluation des précisions de prédiction par cross-validation

### Approches méthodologiques et techniques envisagées (4-6 lignes)

Métabotypage d'une descendance F1 (267 individus) issue du croisement du géniteur TN10-8 par la variété 'Fiesta' et localisation de QTLs contrôlant les quantités de métabolites ; étude de leur colocalisation avec les QTLs de résistance à la tavelure. Acquisition de spectres NIRS des feuilles des mêmes plantes et étude de la précision de la prédiction phénotypique des quantités de métabolites et des niveaux de résistance.

Métabotypage réalisé en collaboration avec la plateforme du LAE de Nancy (R. Larbat, partenaire du projet CapZeroPhyto) et avec le SONAS (A. Schinkovitz). Phénotypage NIRS en collaboration avec équipe ImHorPhen.

L'environnement de la thèse est acquis dans le cadre du projet CapZeroPhyto du Programme Prioritaire de Recherche « Protéger et Cultiver Autrement ».

### Compétences scientifiques et techniques requises pour le candidat

Génétique quantitative

Métabolomique

Biologie végétale

Statistiques

## ENCADREMENT DE LA THÈSE<sup>1</sup>

<b>Nom de l'unité d'accueil :</b> IRHS	<b>Nom de l'équipe d'accueil :</b> ResPom
<b>Nom du directeur de l'unité :</b> RENOU Jean-Pierre	<b>Nom du responsable de l'équipe :</b> DUREL Charles-Eric
<b>Coordonnées du directeur de l'unité :</b> jean-pierre.renou@inrae.fr	<b>Coordonnées du responsable de l'équipe :</b> charles-eric.durel@inrae.fr
<b>Directeur de thèse</b> Nom, prénom : DUREL Charles-Eric Fonction : Directeur de Recherches Date d'obtention de l'HDR : décembre 2006 Employeur : INRAE École doctorale de rattachement : EGAAL Taux d'encadrement doctoral dans le présent sujet : 50% Taux d'encadrement doctoral en cours (directions et co-directions) (%) : 50% Nombre de directions/co-directions de thèse en cours : 1 (soutenance fin 2021)	
<b>Co-directeur (le cas échéant)</b> Nom, prénom :	

<sup>1</sup> 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.

Fonction :

Date d'obtention de l'HDR :

Employeur :

École doctorale de rattachement :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

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

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

### **Co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant)**

Nom, prénom : MURANTY Hélène

Fonction : Chargée de Recherches

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) (%) : 50%

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours : 1 (soutenance fin 2021)

### **Co-encadrant de thèse 2 (le cas échéant)**

Nom, prénom : Un chargé de recherches (INRAE-BAP) en cours de recrutement devrait aussi contribuer au co-encadrement à termes (les taux de direction/co-encadrement seront révisés à ce moment-là).

Fonction :

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 :

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

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

### **Partenaire privé (si financement CIFRE, privé,...)**

Nom, prénom :

Fonction :

Entreprise :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

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

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

### Partenaire international (si thèse en co-tutelle)

Nom, prénom :

Fonction :

Employeur :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

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

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

### 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 : Bénéjam Juliette

Date de début et de fin de thèse : 01/11/2017 – 12/02/2021

Direction de thèse : Durel Charles-Eric

Emploi actuel, lieu : post-doc, UR GAFL, INRAE Avignon

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

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

Bénéjam J, Ravon E, Gaucher M, et al. (2020) Acibenzolar-S-methyl and resistance QTLs complement each other to control apple scab and fire blight. Plant Disease (in press). <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-20-1439-RE>

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

Bénéjam J., Ravon E., Gaucher M., Brisset M.N., **Durel C.E.**, Perchepied L. (2020) Acibenzolar-S-methyl and resistance quantitative trait loci complement each other to control apple scab and fire blight. Plant Disease (in press). <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-20-1439-RE>

Roth M., **Muranty H.**, Di Guardo M., Guerra W., Patocchi A., Costa F. (2020) Genomic prediction of fruit texture and training population optimization towards the application of genomic selection in apple. Horticulture Research 7:148. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00370-5>

Jung M., Roth M., Aranzana M.J., Auwerkerken A., Bink M., Denancé C., Dujak C., **Durel C.-E.**, Font i Forcada C., Cantín C.M., Guerra W., Howard N., Lewandowski M., Ordidge M., Rymenants M., Sanin N., Studer B., Zurawicz E., Laurens F., Patocchi A., **Muranty H.** (2020) The apple REFPOP—a reference population for genomics-assisted breeding in apple. Horticulture Research 7:189. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00408-8>

Lasserre-Zuber P., Caffier V., Stievenard R., Lemarquand A., Le Cam B., **Durel C.E.** (2018) Pyramiding quantitative resistance with a major resistance gene in apple: from ephemeral to enduring effectiveness in controlling apple scab. Plant Disease 102:2220-2223. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-17-1759-RE>

Laloi G., Vergne E., **Durel C.E.**, Le Cam B., Caffier V. (2017) Efficiency of pyramiding of three quantitative resistance loci to apple scab. Plant Pathology 66:412-422. <https://doi.org/10.1111/ppa.12581>

## FINANCEMENT DE LA THÈSE

<b>Origine(s) du financement de la thèse :</b> Contrat Doctoral Etablissement UA (bourse demandée, 100%) L'environnement de la thèse est acquis dans le cadre du projet CapZeroPhyto du Programme Prioritaire de Recherche « Protéger et Cultiver Autrement » : 25 k€ acquis.
<b>Salaire brut mensuel :</b> ~1770 €
<b>État du financement de la thèse :</b> Non acquis
<b>Date du début/durée du financement de la thèse :</b> 01/11/2021 - 3 ans

**Date :** 25/03/2021

**Nom, signature du directeur d'unité :** J.P. Renou

**Nom, signature du responsable de l'équipe :** C.E. Durel

**Nom, signature du directeur de thèse :** C.E. Durel