

Ecole doctorale Environnements-Santé
Dossier de projet de thèse « Contrat doctoral Etablissements »
ANNEE 2025

1) Renseignements administratifs sur la direction de thèse¹ (1 page maximum) :

Directeur de thèse HDR :

Nom : ROUSSEAUX

Prénom : Sandrine

Section CNU : 68

Grade : Pr

HDR : Date de soutenance...26/09/2017..... Discipline : ED ES Microbiologie

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) : IUVV rue Claude Ladrey BP 27877 21078 Dijon

Cedex sandrine.rousseau@ube.fr

Tel : 03 80 39 62 61

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) : UMR PAM équipe AFIM

Co-directeur de thèse éventuel :

Nom :

Prénom :

Section CNU :

Grade :

HDR : non ; oui Date de soutenance..... Discipline :

Coordonnées (adresse, courriel, téléphone) :

Unité d'appartenance (intitulé, label, n°, directeur) :

2) Descriptif du projet de thèse (devra inclure les rubriques suivantes) :

UMR PAM Equipe AFIM, IUVV

Direction de thèse : Sandrine Rousseaux, Pr, HDR sandrine.rousseau@ube.fr

Impact du changement climatique sur l'évolution de levures d'altération : dynamique / interaction / adaptation

Les scénarios du GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) prédisent une augmentation moyenne de température allant de 2 à 5°C d'ici la fin du XXIème siècle s'accompagnant d'une modification de la pluviométrie (GIEC, 1er groupe de travail, 2021). Ces modifications du climat ont déjà induit des changements sur la physiologie des végétaux, dont la vigne, avec des dates de vendanges avancées de 15 à 26 jours en 40 ans (Labbé et al. 2019). Une augmentation de la température moyenne pendant la maturation de 1,5°C (Bordeaux) à 3°C (Colmar) a également été observée au cours des 30 dernières années (INRAe, 2018), ainsi que des stress hydriques (Ollat et Touzard, 2014) et des modifications de la composition des moûts et des vins (de Orduna, 2010 ; van Leeuwen and Destrac-Irvine, 2017). Les études menées en lien avec le changement climatique (CC) se sont principalement focalisées sur le matériel végétal et l'évolution des pratiques culturales et œnologiques. En revanche, l'impact du CC sur les microorganismes et notamment les levures œnologiques et d'altérations, n'est que peu abordé. La hausse des températures, du degré alcoolique, les modifications de teneurs en azote sont des facteurs

¹ ATTENTION : selon l'article 16 de l'arrêté du 25 mai 2016, le total d'encadrants ne peut pas dépasser 2, sauf si l'un des encadrants appartient au monde socio-économique, qui peut venir en sus, ou en cas de co-tutelle; Le décompte des co-encadrements se fera au prorata du nombre d'encadrants : 1 pour 1 encadrant, ½ pour deux encadrants.

qui impactent le plus ces microorganismes. Il apparaît ainsi nécessaire de s'interroger, (i) sur les modifications de la matrice moût-vin en lien avec le CC, (ii) sur l'impact de ces modifications vis à vis des interactions matrice/microorganismes et microorganismes/microorganismes et (iii) sur les mécanismes d'adaptation mis en place par les microorganismes pour survivre à ces modifications environnementales. Ainsi, dans le cadre du projet CCAV, 3 axes seront abordés afin de répondre aux problématiques scientifiques posées.

Workpackage 1 : Etude des matrices et définition de matrices du futur.

Les caractéristiques de la matrice moût-vin ont particulièrement changé ces dernières années en lien avec le CC mais les données recueillies portent principalement sur les teneurs en éthanol, le pH. Cependant, d'autres paramètres œnologiques comme la teneur en azote et la nature des composés azotés, qui jouent un rôle essentiel dans la fermentescibilité des moûts, peuvent également être impactés. En s'adossant au réseau INRAe/IFV sous-groupe œnologie dont le porteur du projet CCAV fait partie, un recensement des données existantes des 40 dernières années (données issues de contrôles maturité et/ou analyses des moûts cépages noirs) sera réalisé et permettra de connaître l'évolution des moûts et de définir des matrices du futur.

Workpackage 2 : Dynamique des populations (collaboration avec le Dr Géraldine Klein UMR PAM équipe AFIM)

Il est primordial de comprendre comment les modifications des moûts/vins en lien avec le CC affectent l'implantation et la survie de levures d'altérations telles que les genres *Brettanomyces* (Lebleux et al, 2020) et *Hanseniaspora* (Puyo et al. 2023, 2024).

Ce WP sera développé de façon à obtenir des données solides de dynamiques et de comportements levuriens en conditions matrices avant CC *versus* matrices du futur en culture simple, mais également en cultures mixtes de 2 et 3 levures. Les souches retenues seront issues de la collection du laboratoire. L'étude des interactions en conditions de fermentation est un savoir-faire de l'équipe AFIM et plus particulièrement du Dr Klein (Petitgonnet et al. 2019 ; Joran et al. 2022, 2023 ; Puyo et al. 2023, 2024). A l'heure actuelle, si des interactions levuriennes ont été étudiées, des interrogations subsistent concernant les interactions dans un contexte de CC entre levures d'altérations et levures œnologiques. Des cultures mixtes seront ainsi menées avec ces 2 types de levures (*Brettanomyces bruxellensis*, *Hanseniaspora uvarum* et *Saccharomyces cerevisiae*), permettant d'étudier les modifications potentielles de dynamique en lien avec le CC. Les données acquises aussi bien dans le WP1 que sur les comportements des levures étudiées lors des fermentations mises en place pourront être utilisées dans le cadre du développement d'approches de modélisation notamment pour prédire l'issue de fermentations complexes en fonction de variables multiples. En effet, les avancées dans la modélisation des dynamiques de population de levures et des interactions entre levures offrent des perspectives intéressantes pour l'optimisation des processus de fermentation (Brou et al., 2020).

Workpackage 3 : Adaptation des microorganismes : étude de la production de vésicules membranaires (collaboration : Pr Aurélie Guigon-Rieu UME PAM équipe AFIM) et de chlamydospores dans la résistance aux conditions stressantes du milieu

Les vésicules membranaires (MVs), structures lipidiques de 20 à 500 nm de diamètre contenant diverses macromolécules, sont décrites, entre autres, comme impliquées dans la résistance des bactéries à une multitude de stress (pH, température, carence nutritionnelle, antibiotiques, phages, ROS, agents génotoxiques) (McMillan and Kuehn, 2021 ; Orench-Rivera and Kuehn, 2016). Ainsi la sécrétion de vésicules pourrait être un mécanisme à part entière de défense aux stress environnementaux. Il a été démontré que différentes espèces de levures de vin produisent des vésicules dans des conditions similaires à celles de la vinification, et leur contenu protéomique a été analysé (Mencher et al., 2021). Au sein de l'équipe AFIM, la Pr Guigon-Rieu travaille depuis plusieurs années sur la production de MVs de bactéries lactiques et une méthodologie pour isoler et caractériser les MVs a été

développée (da Silva Barreira et al., 2022). Dans le cadre du projet CCAV, une collaboration sera mise en place afin de transposer cette méthodologie pour étudier le rôle des MVs dans la physiologie des microorganismes étudiés. Plus particulièrement, cette étude se focalisera sur les 2 levures d'altération et sur le rôle des MVs sur leur capacité à résister aux différents stress rencontrés au cours du processus de fermentation. En termes de mécanismes d'adaptation, *B. bruxellensis* possède un arsenal lui permettant de contrer ces conditions physicochimiques stressantes très défavorables à la croissance microbienne. (Joseph et al., 2007 ; Serpaggi et al., 2012 ; Longin et al., 2016 ; Smith et Divol, 2016 ; Avramova et al., 2018 ; Lebleux et al., 2020). Récemment, des travaux réalisés dans l'équipe AFIM (Lebleux et al., 2020) ont mis en évidence la présence, dans des cultures planctoniques et des biofilms de *B. bruxellensis*, d'éléments « de type chlamydo-spore » qui n'avaient encore jamais été observées. Bien que décrites comme des formes de résistance chez certains champignons, leur rôle n'a jamais été clairement identifié chez les levures. Ainsi dans le cadre de ce WP "Adaptations" la production de chlamydo-spores dans les différents matrices et cultures étudiées sera analysée ainsi que le rôle des chlamydo-spores sur la capacité de la levure à résister aux différents stress rencontrés au cours du processus de fermentation.

Avramova et al. 2018. Front. Microbiol. 9, 1260. (DOI: 10.3389/fmicb.2018.01260)
Brou et al. 2020 OENO One, 54 (DOI: 10.20870/oeno-one.2020.54.2.2574)
da Silva Barreira et al. 2022 mBio 13(5):e0237522 (DOI: 10.1128/mbio.02375-22)
de Orduna, 2010 Food Research International 43 1844–1855 (DOI: 10.1016/j.foodres.2010.05.001)
GIEC https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_French.pdf
Joran et al. 2022 Fermentation 8(6):286 (DOI:10.3390/fermentation8060286)
Joran et al. 2023 OENO One 57(2):189 (DOI: 10.20870/oeno-one.2023.57.2.7192)
Joseph et al. 2007. Am. J. Enol. Vitic. 58, 373–378
Labbe et al. 2019 Clim. Past, 15, 148 - 150 (DOI: 10.5194/cp-15-1485-2019)
Lebleux et al. 2020 International Journal of Food Microbiology 318 108464 (DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108464)
Longin et al. 2016 Food Res. Int. 89, 620–630 (DOI: 10.1016/j.foodres.2016.09.019)
McMillan and Kuehn 2021 EMBO 2;40(21):e108174 (DOI: 10.15252/embj.2021108174)
Mencher et al., 2021 Foods 10(8), 1734 (DOI :10.3390/foods10081734)
Ollat & Touzard 2014. Innovations Agronomiques, 2014, 38, pp.131-141 (DOI : 10.17180/0s3q-8a39)
Orench-Rivera and Kuehn 2016 Cell Microbiol 18(11):1525-1536 (DOI: 10.1111/cmi.12676)
Petitgonnet et al. 2019 Food Microbiology 83 (DOI:10.1016/j.fm.2019.05.005)
Puyo et al. 2023 Foods 12(21):3927 (DOI:10.3390/foods12213927)
Puyo et al. 2024 Foods 13(5):724 (DOI:10.3390/foods13050724)
Serpaggi et al. 2012 Food Microbiol. 30, 438–447 (DOI: 10.1016/j.fm.2011.12.020)
Smith and Divol 2016 Food Microbiol. 59, 161–175 (DOI: 10.1016/j.fm.2016.06.008)
van Leeuwen and Destrac-Irvine 2017 OENO One, 2017, 51, 2, 147-154, (DOI: 10.20870/oeno-one.2017.51.2.1647)

Financement

- **CLIMIC Transbio** (porteur S Rousseaux) Projet région équipe AFIM 01/09/2024 au 30/09/2027 (88.000€)

- **ClimHans Casdar** connaissances, France Agrimer

Partenaires : IFV, Institut Français de la Vigne et du Vin (chef de file) / IFPC, Institut Français des Productions Cidricoles / UMR SPO : INRAE, Université de Montpellier, Institut Agro Montpellier / UMR MISTEA : INRAE, Université de Montpellier, Institut Agro Montpellier / UE Pech Rouge : INRAE / Université Bourgogne Europe : UMR PAM uB-Institut Agro, Dijon-INRAE (équipe AFIM Pr S Rousseaux/ Dr G Klein) 01/10/2024 au 30/03/2028 (part UMR PAM 86.016€)

Compétences demandées au candidat : Physiologie levurienne, microbiologie, biochimie, bioinformatique. Des connaissances du milieu œnologique seraient un plus.

Résumé en français et anglais (limité chacun à 1800 caractères)

L'impact du changement climatique (CC) est déjà concret dans la filière vitivinicole avec entre autres, des avancées des dates de vendanges et des modifications de la composition

des moûts et des vins. Bien que des études se soient développées pour analyser les impacts et proposer des alternatives, peu d'études se sont focalisées sur les impacts du CC sur les microorganismes du vin et plus particulièrement les levures. Des teneurs en éthanol plus élevées et des modifications des teneurs et de la nature des composés azotés des matrices moût-vin sont des paramètres qui affectent la dynamique des microorganismes et les interactions entre microorganismes. Le projet CCAV propose ainsi d'explorer trois axes scientifiques : (1) l'étude de la composition de matrices moût-vin actuelles et futures ; (2) la dynamique des populations de levures œnologiques et d'altération en conditions matrices actuelles et futures ; et (3) l'étude de mécanismes d'adaptation des levures, comme la production de vésicules membranaires ou de chlamydospores. Ces travaux permettront d'optimiser la qualité du vin face aux défis posés par le CC.

The impact of climate change (CC) is already being felt in the wine industry, with harvest dates being brought forward and changes in the composition of musts and wines. Although a number of studies have been carried out to analyze the impacts and propose alternatives, few have focused on the impact of CC on wine microorganisms, particularly yeasts. Higher ethanol levels and changes in the levels and nature of nitrogen compounds in musts-wines are parameters that affect the dynamics of microorganisms and interactions between microorganisms. The CCAV project therefore proposes to explore three scientific axes: (1) the study of the composition of current and future musts-wines; (2) the dynamics of oenological and spoilage yeast populations under current and future must-wine conditions; and (3) the study of yeast adaptation mechanisms, such as the production of membrane vesicles or chlamydospores. This work will help optimize wine quality in the face of the challenges posed by CC.

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous

Biologie

Ecologie, Environnement

Mots clés: changement climatique - levures d'altération – interactions - mécanismes d'adaptation