

TITRE DU PROJET : Evolutions et adaptation de levures d'altérations œnologiques dans un contexte de changement climatique

Projet ADAPTYCC — ADAPTation of Yeasts to Climate Change

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) : IUUV 2, rue Claude Ladrey BP 27877 21078

Dijon Cedex sandrine.rousseaux@ube.fr

Tel : 03 80 39 62 61

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

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

UMR PAM Equipe AFIM, IUUV

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

Evolutions et adaptations de levures d'altération œnologiques dans un contexte de changement climatique

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, 6^{ème} rapport, 2023). Ces modifications climatiques 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 ainsi que des stress hydriques (Ollat et Touzard, 2025) et des modifications de la composition des moûts et des vins (de Orduna, 2010 ; van Leeuwen and Destrac-Irvine, 2017, Ollat et Touzard, 2025). Les études menées en lien avec le changement climatique (CC) se sont principalement focalisées sur le matériel végétal et l'évolution des pratiques culturelles et œnologiques. En revanche, l'impact du CC sur les microorganismes et notamment les levures œnologiques et d'altérations, n'est que peu abordé (Pinto et Stelkens, 2025). La hausse des températures, du degré alcoolique, les modifications de teneurs en azote sont des facteurs qui impactent le plus ces microorganismes. Il apparaît ainsi nécessaire de s'interroger sur les capacités et les mécanismes d'adaptation mis en

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.

place par les microorganismes et plus particulièrement les microorganismes d'altération pour survivre à ces modifications environnementales. Ainsi, dans le cadre du projet ADAPTYCC, 3 axes seront abordés afin de répondre aux problématiques scientifiques posées.

Workpackage 1 : Stratégie évolutive (collaboration Dr Audrey Bloem et Pr Carole Caramasa équipe SPO INRAe Montpellier,).

Cette action s'attachera à mettre en évidence si des souches de levures d'altération sont capables de s'adapter aux modifications des matières premières liées au changement climatique afin de conserver leurs fréquences d'occurrence et leurs abondances, pour se maintenir au sein des niches écologiques viticoles et vinicoles. Deux espèces différentes seront sélectionnées : *Hansenispora uvarum*, levure isolée très fréquemment des baies et dans les moûts en début de fermentation alcoolique et *Brettanomyces bruxellensis*, levure d'altération contaminant les moûts et des au cours du processus de vinification et d'élevage (Lebleux et al. 2020, Puyo et al. 2023, 2024).

L'adaptation de souches de *Hansenispora uvarum* à la température et de *Brettanomyces bruxellensis* à l'éthanol par évolution expérimentale en laboratoire sera réalisée sur cinq lignées sur 200-300 générations, en augmentant la température et /ou la concentration en éthanol avec un repiquage toutes les 5-6 générations. Un contrôle sans évolution de température et /ou de concentration en éthanol sur le même pas de temps, sera réalisé. Cet axe de travail fera l'objet d'une collaboration avec l'équipe SPO INRAe de Montpellier qui travaille actuellement sur le protocole d'adaptation à la température.

Workpackage 2 : Adaptation des microorganismes : étude de la production de vésicules membranaires (collaboration : Pr Aurélie Rieu-Guigon UMR PAM équipe AFIM) 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 ADAPTYCC, 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 dans un premier temps sur la comparaison de la production ou non de MVs entre des lignées évoluées ou non des 2 levures d'altération étudiées. Dans un second temps, le rôle des MVs sur la capacité à résister aux 2 stress rencontrés sera étudié.

Workpackage 3 : Dynamique des populations (collaboration avec le Dr Géraldine Klein UMR PAM équipe AFIM)

Il est primordial de comprendre si les adaptations mises en place par les microorganismes en lien avec le CC affectent leur implantation et leur survie.

Ce WP sera développé de façon à obtenir des données sur le comportement de souches issues de l'expérimentation évolutive ou non évoluées au cours de fermentations. 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 entre levures d'altérations et levures œnologiques en conditions de CC et d'évolution des matrices. Dans un premier temps, des fermentations en monoculture seront menées pour caractériser le comportement des souches évoluées versus non évoluées. Dans un second temps, des co-cultures (souches évoluées ou non évoluées versus une levure œnologique *S cerevisiae*) seront mises en place et la dynamique des souches étudiées sera analysée permettant ainsi d'apporter des connaissances sur le potentiel d'altération des souches en conditions de vinification.

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/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.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/oenone.2023.57.2.7192)
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)
McMillan and Kuehn 2021 EMBO 2;40(21):e108174 (DOI: 10.15252/emboj.2021108174)
Mencher et al., 2021 Foods 10(8), 1734 (DOI :10.3390/foods10081734)
Ollat & Touzard 2025. Quae, pp.282, 2024, 978- 2-7592-3796-8.
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)
Pinto & Stelkens 2025 DRYAD (DOI.org/10.5061/dryad.k3j9kd5p9)
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)
van Leeuwen and Destrac-Irvine 2017 OENO One, 2017, 51, 2, 147-154, (DOI: 10.20870/oenone.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)

Le changement climatique entraîne une hausse des températures et des modifications de la pluviométrie, déjà visibles en viticulture : vendanges avancées, stress hydriques et altérations de la composition des moûts et des vins. Alors que les recherches se sont surtout concentrées sur la vigne et les pratiques culturales, l'impact sur les microorganismes, en particulier les levures d'altération, reste peu étudié. Pourtant, la température, la concentration en éthanol et la en azote influencent fortement leur survie. Le projet ADAPTYCC vise à comprendre comment ces microorganismes s'adaptent dans des environnements vitivinicoles modifiés. Il cherche à identifier les mécanismes d'adaptation, à évaluer leur potentiel d'altération et à anticiper les risques microbiologiques futurs pour la filière.

Le Workpackage 1 vise à étudier l'évolution adaptative de deux levures d'altération, *Hanseniaspora uvarum* et *Brettanomyces bruxellensis*, suite à des augmentations progressives de température ou de concentration en éthanol, afin d'évaluer leur aptitude à se maintenir dans les écosystèmes viticoles et vinicoles.

Le Workpackage 2 aura deux objectifs transférer l'étude de vésicules membranaires structures impliquées dans la résistance au stress aux levures et étudier leur production chez des lignées évoluées ou non, puis en évaluant leur contribution à la tolérance aux conditions extrêmes rencontrées en vinification.

Le Workpackage 3 analysera la dynamique des populations en fermentation, en monoculture puis en co-culture avec *Saccharomyces cerevisiae*, afin de déterminer si les adaptations acquises modifient l'implantation, la survie et le potentiel d'altération des levures au cours de la fermentation.

Climate change is driving an increase in temperatures and shifts in rainfall patterns, already observable in viticulture through earlier harvest dates, water stress, and alterations in must and wine composition. While research has largely focused on the vine and viticultural practices, the impact on microorganisms—particularly spoilage yeasts—remains insufficiently explored. Yet temperature, ethanol concentration, and nitrogen availability strongly influence their survival. The ADAPTYCC project aims to elucidate how these microorganisms adapt within vitivinicultural environments undergoing climatic modifications. Its objectives include identifying adaptive mechanisms, assessing their spoilage potential, and anticipating future microbiological risks for the wine industry.

Workpackage 1 focuses on the adaptive evolution of two spoilage yeasts, *Hanseniaspora uvarum* and *Brettanomyces bruxellensis*, following progressive increases in temperature or ethanol concentration. The goal is to evaluate their ability to persist within viticultural and winemaking ecosystems under changing environmental conditions.

Workpackage 2 has two objectives: to transfer the study of membrane vesicles, structures known to contribute to stress resistance, to yeast species, and to investigate their production in evolved versus non-evolved lineages. The contribution of these vesicles to tolerance against extreme winemaking conditions will then be assessed.

Workpackage 3 will analyze population dynamics during fermentation, first in monoculture and then in co-culture with *Saccharomyces cerevisiae*, to determine whether acquired adaptations influence implantation, survival, and spoilage potential throughout the fermentation process.

Préciser le domaine de compétence dans la liste ci-dessous :

2 choix possibles maximum –les intitulés sont ceux d'ABG),

Ex : vous ne pouvez pas sélectionner uniquement informatique lorsqu'il est indiqué informatique, électronique :

- Biologie
- Ecologie, Environnement

Indiquez quelques mots clés concernant votre sujet :

changement climatique - levures d'altération – interactions - mécanismes d'adaptation
adaptation évolutive