



Centre de Recherche
Viticole de Corse

—
CENTRU DI RICERCA
VITICOLA DI CORSICA



FranceAgriMer

ÉTABLISSEMENT NATIONAL
DES PRODUITS DE L'AGRICULTURE ET DE LA MER

Vinification de raisins de Brustianu impactés par le changement climatique :

Influence de levures innovantes productrices d'acide
lactique sur la vinification et les caractéristiques des vins



Crédit photo : CRVI de Corse

Responsables du programme et rédacteurs : Fanny André et Nathalie Uscidda

Sommaire

INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ACTION « LEVURES ACIDIFIANTES ».....	6
1. Présentation de l'essai.....	7
1.1. Souches de levures productrices d'acidité : espèce <i>Lachancea thermotolerans</i>	7
1.2. Objectifs de l'essai.....	9
2. Matériels et méthodes	9
2.1. Cépage et vin de base.....	9
2.2. Description des modalités	10
2.3. Itinéraire de vinification	10
2.4. Analyses physico-chimiques	13
2.5. Analyse sensorielle	14
2.6. Analyses statistiques.....	16
3. Résultats.....	17
3.1. Analyses physico-chimiques classiques des raisins et des moûts	17
3.2. Fermentations alcooliques et production d'acide lactique	19
3.2.1. Déroulement des fermentations alcooliques.....	19
3.2.2. Initiation de la production d'acide lactique en début de fermentation alcoolique .	21
3.2.1. Suivi de la production d'acide lactique au cours de la fermentation alcoolique	21
3.2.1. Evaluation de la teneur finale en acide lactique des vins en fin de fermentation alcoolique.....	23
3.2.2. Caractéristiques physico-chimiques en fin de fermentation alcoolique.....	24
3.3. Analyses physico-chimiques et colorimétriques des vins finis	28
3.3.1. Comparaison des vins levurés avec <i>Lachancea thermotolerans</i> par rapport au vin témoin non acidifié levuré avec <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	29
3.3.2. Comparaison d'une bio-acidification avec <i>Lachancea thermotolerans</i> par rapport à un vin témoin acidifié par ajout d'acide lactique.....	32
3.4. Dégustations comparatives sur vins finis.....	34
3.4.1. Dégustation des trois vins selon la souche de levure utilisée.....	36
3.4.2. Dégustation de deux vins acidifiés avec de l'acide lactique en fonction de la méthode d'acidification	38
3.4.3. Observations et perspectives quant à la perception de l'acidité par les dégustateurs	38
CONCLUSION.....	39
BIBLIOGRAPHIE.....	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales caractéristiques technologiques des levures sélectionnées pour l'essai	10
Tableau 2 : Durées de latence entre l'inoculation de <i>Lachancea thermotolerans</i> et <i>Saccharomyces cerevisiae</i> pour les modalités concernées	12
Tableau 3 : Contrôles de maturité des raisins à destination de l'essai.....	17
Tableau 4 : Analyses physico-chimiques des moûts	18
Tableau 5 : Durées des fermentations alcooliques (jours) pour les trois modalités.....	19
Tableau 6 : Analyses physico-chimiques des vins en fin de fermentation alcoolique	24
Tableau 7 : Analyses physico-chimiques des vins à la mise en bouteille	28
Tableau 8 : Analyses colorimétriques des vins à la mise en bouteille.....	29
Tableau 9 : Synthèse de l'analyse statistique des résultats de l'analyse sensorielle	35
Tableau 10 : Boxplots de la notation du paramètre "acidité" pour les trois millésimes	36

Liste des figures

Figure 1 : Métabolisme de production d'acide lactique par <i>Lachancea thermotolerans</i>	7
Figure 2 : Grappes de Brustianu B. (crédits photos : CRVI de Corse)	9
Figure 3 : Schéma de vinification de l'essai "Levures acidifiantes"	11
Figure 4 : Mise en bouteille des vins des différentes modalités	13
Figure 5 : Dégustation des quatre modalités en comparaison	14
Figure 6 : Anonymisation des échantillons lors de la dégustation	15
Figure 7 : Nuancier utilisé lors des dégustations pour l'évaluation du paramètre "teinte".....	16
Figure 8 : Vendanges des raisins à destination de l'essai.....	17
Figure 9 : Préparation des levains de chaque modalité	18
Figure 10 : Mesure de la densité au cours de la fermentation alcoolique.....	19
Figure 11 : Evolution de la masse volumique et de la teneur en acide lactique des différentes modalités pendant la fermentation alcoolique	20
Figure 12 : Production d'acide lactique (AL) et d'acidité volatile (AV) par les levures des différentes modalités pendant la fermentation alcoolique	22
Figure 13 : Teneur en acide lactique des vins en fin de fermentation alcoolique	23
Figure 14 : Acidité Totale (à gauche) et pH (à droite) des vins en fin FA	25
Figure 15 : Corrélacion entre la teneur en AV et AL des vins en fin de FA pour les trois millésimes étudiés.....	25
Figure 16 : Teneur en acide lactique et AV des vins en fin FA.....	26
Figure 17 : Comparacion TAP sur moût et TAV en fin FA des différentes modalités	26
Figure 18 : Corrélacion entre la teneur en AL produit par les levures et le TAV des vins en fin de FA pour les trois millésimes étudiés	27
Figure 19 : Elevage des vins du millésime 2022.....	27
Figure 20 : Teneurs en acide lactique des vins finis	30
Figure 21 : Teneurs en acide lactique et AT des vins finis	30
Figure 22 : Mise en bouteille des vins finis	31
Figure 23 : Valeurs d'AL, d'AT et pH des différentes modalités après mise (millésimes 2022 et 2023)	32
Figure 24 : Graphiques radars des dégustations comparatives des trois vins pour chacun des trois millésimes	34
Figure 25 : Dégustation des vins du millésime 2023 (à gauche) et 2022 (à droite)	37

Glossaire

ACE : Acétaldéhyde

AL : Acide Lactique

AM : Acide Malique

AT : Acidité Totale

AV : Acidité volatile

CRVI : Centre de Recherche Viticole de Corse

FA : Fermentation Alcoolique

G/F : Glucose/Fructose

IC : Intensité Colorante

NA : Non Analysé

SO₂ L : SO₂ libre

SO₂ T : SO₂ total

TAP : Titre Alcoométrique Potentiel

INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ACTION « LEVURES ACIDIFIANTES »

Le changement climatique a des conséquences non négligeables sur la vigne et la constitution des raisins s'en trouve modifiée. L'augmentation de la fréquence des millésimes chauds et secs induit une diminution des caractéristiques acides des baies.

Or l'acidité des vins est un paramètre « pivot », elle joue à la fois sur les équilibres organoleptiques, mais également sur la stabilité microbiologique. Lorsqu'elle est trop basse, les risques de déviations analytiques et organoleptiques se trouvent augmentés. L'acidification des vins devient alors nécessaire pour l'optimisation de l'efficacité du SO₂, la limitation du développement de micro-organismes indésirables, l'amélioration de la fraîcheur et de l'équilibre en bouche...

Compte tenu de ces éléments, l'utilisation de souches de levures permettant une gestion naturelle de l'acidité (pratique rapide à mettre en œuvre, non soumise à l'étiquetage et peu coûteuse) peut constituer une voie d'adaptation. Une action a donc été mise en place lors du millésime 2021, visant à étudier, durant trois millésimes, le comportement de deux souches de levures *Lanchancea thermotolerans*, levains producteurs d'acide lactique durant la fermentation alcoolique. L'essai a été conduit sur des moûts issus de raisins de Brustianu, cépage blanc identitaire de Corse, présentant de faibles caractéristiques acides.

1. Présentation de l'essai

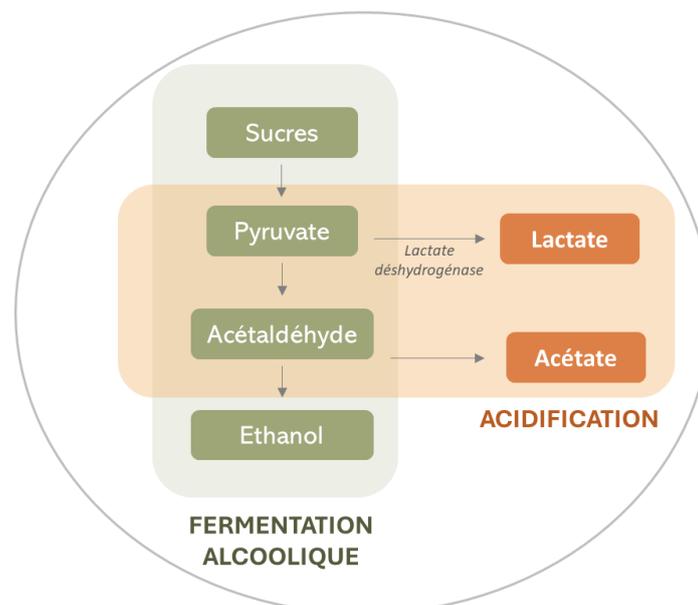
1.1. Souches de levures productrices d'acidité : espèce *Lachancea thermotolerans*

Les levures *Lachancea thermotolerans* (anciennement *Kluyveromyces thermotolerans*) ont suscité un intérêt dans le monde scientifique au cours de ces dernières années pour leur capacité naturelle à produire de l'acide lactique (Kapsopoulou et al., 2005) en parallèle de la fermentation alcoolique (Figure 1). Il existe actuellement dix souches disponibles sur le marché.

Elles utilisent une partie des sucres fermentescibles pour la production d'acide L (+) lactique via une enzyme, la lactate déshydrogénase, qui transforme le pyruvate en lactate (Hranilovic et al., 2018 ; Sgouros et al., 2020). Cette voie aboutit à une acidification du milieu : diminution du pH et augmentation de l'acidité totale (Kapsopoulou et al., 2005 ; Kapsopoulou et al., 2007 ; Balicki et al., 2016 ; Hranilovic et al., 2018 ; Vaquero et al., 2020 ; Vaquero et al., 2021 ; Hranilovic et al., 2022).

Elles permettent la « bio-acidification » des vins.

Figure 1 : Métabolisme de production d'acide lactique par *Lachancea thermotolerans*



La quantité d'acide lactique produit peut atteindre jusqu'à 16,6 g/l (Banilas et al., 2016), lorsque les conditions sont propices à son développement (moût stérile, fermentation menée jusqu'à son terme). Cette concentration varie néanmoins énormément selon les souches (Banilas et al., 2016 ; Hranilovic et al., 2018 ; Sgouros et al., 2020 ; Vicente et al., 2023).

L'acide lactique a un intérêt dans l'acidification des moûts et des vins. Il présente une stabilité chimique et microbiologique qui peut faire défaut aux acides tartriques, maliques et citriques, ce qui favorise ainsi un meilleur rendement de l'acidification (Comuzzo et Battistutta, 2019 ; Ribéreau-Gayon et al., 2020). Ses propriétés organoleptiques en font également un bon candidat à l'acidification puisqu'il serait, parmi les acides organiques du vin, le moins aigre/vinagré et l'un des moins acides, bien que présentant l'astringence la plus marquée (Amerine et al., 1965 ; Hartwig et

MacDaniel, 1995). L'acide tartrique, plus communément utilisé dans le cadre d'une acidification, serait, en revanche, perçu comme l'un des plus durs (Pangborn, 1963).

Une légère diminution du degré alcoolique peut également être constatée (Benito et al, 2015 ; Benito et al, 2016 ; Hranilovic et al., 2022), due à la consommation d'une partie des sucres fermentescibles pour la production d'acide lactique au détriment de la production d'éthanol.

Ces levures peuvent également intervenir sur la teneur en acide malique des vins (augmentation ou diminution), de manière très variable entre les souches (Blanco et al. 2020 ; Vicente et al., 2023). Une augmentation de l'acidité volatile des vins peut être observée par rapport à une fermentation alcoolique classique avec *Saccharomyces cerevisiae* (Romani et al., 2020 ; Vicente et al., 2023).

L'acidification d'un vin peut influencer sa robe, la couleur des anthocyanes étant directement reliée au pH du vin (Brouillard et al., 1978). Ainsi, l'intensité colorante des vins rouges serait augmentée lors d'une vinification combinée *Lachancea thermotolerans* – *Saccharomyces cerevisiae* par rapport à une fermentation avec *Saccharomyces cerevisiae* seule (Benito et al., 2015). La teneur en anthocyanes totaux serait également significativement plus élevée (Benito et al., 2017 ; Romani et al., 2020). En revanche, *Lachancea thermotolerans* n'aurait que peu d'influence sur la couleur des vins blancs (Vicente et al., 2023).

Enfin, ces levures participent à la production de composés volatils qui contribuent au profil aromatique des vins. Ainsi, les fermentations conduites avec *Lachancea thermotolerans* sont associées à une amplification du profil fruité (esters fermentaires) par rapport aux fermentations conduites avec *Saccharomyces cerevisiae* seule (Dutraive et al., 2019 ; Hranilovic et al., 2021 ; Vicente et al., 2023), avec une variabilité importante due à la souche. Ce profil est lié à l'augmentation, entre autres, de la teneur en lactate d'éthyle et lactate d'isoamyle, dérivant directement de la production de lactate par *Lachancea thermotolerans*. La quantité d'alcools supérieurs serait également impactée par *Lachancea thermotolerans* qui n'aurait, en revanche, que peu d'influence sur la production d'aldéhydes et de cétones (Vicente et al., 2021 ; Vicente et al., 2023).

Par ailleurs, ces levures présentent des caractéristiques technologiques différentes de la plupart des *Saccharomyces cerevisiae* classiquement utilisées pour la fermentation alcoolique :

- La fourchette de températures de fermentation tolérées par *Lachancea thermotolerans* se situe entre 18 et 28°C. Ces levures sont plus sensibles aux faibles températures de fermentation que *Saccharomyces cerevisiae*.
- Elles présentent une plus grande sensibilité au SO₂ comparé aux *Saccharomyces cerevisiae* (Vaquero et al., 2020), ce qui est à prendre en compte dans l'itinéraire de vinification, un sulfitage plus ou moins important pouvant être réalisé lors du pressurage de manière à éviter les risques d'oxydation et de contamination microbologique avant le départ en fermentation.
- Elles présentent une plus faible tolérance à l'éthanol, produit de la fermentation alcoolique, par rapport aux *Saccharomyces cerevisiae* (Kapsopoulou et al., 2005). Elles ne peuvent donc pas conduire une fermentation alcoolique jusqu'à son terme dans des conditions de maturité classiques. Ainsi, un second ensemencement avec une *Saccharomyces cerevisiae* est nécessaire pour achever la fermentation alcoolique.

1.2. Objectifs de l'essai

L'objectif principal est de faciliter le choix du vinificateur parmi les souches de levures disponibles sur le marché afin qu'il sélectionne les micro-organismes les plus adaptés aux profils de vins qu'il souhaite élaborer dans les conditions du vignoble corse.

Pour ce faire, l'impact des levures sur l'expression aromatique et l'équilibre (physico-chimique et organoleptique) des vins blancs de Brustianu est évalué, l'idée étant de préserver la qualité sanitaire et organoleptique du vin en évitant les risques de déviations dus à des acidités trop basses.

De nombreux travaux ont étudié le comportement des *Lachancea thermotolerans*, mais peu d'entre eux concernent la comparaison de plusieurs souches en conditions réelles de vinification.

2. Matériels et méthodes

Le dispositif expérimental est détaillé à la Figure 3 en page 11.

Le banc d'essai « levures acidifiantes » a été mis en place au Centre de Recherche Viticole de Corse (2021 - 2023).

2.1. Cépage et vin de base

Le vin de base est issu de la variété Brustianu, cépage blanc identitaire de Corse (Figure 2).

Le Brustianu est un cépage étudié par le CRVI depuis 1987. Il est inscrit au « Catalogue officiel des variétés de vigne » depuis 2020, et autorisé dans l'encépagement du cahier des charges IGP Ile de beauté depuis 2022. Ce cépage productif présente généralement un nez expressif et une bouche harmonieuse. Il se distingue néanmoins par de faibles caractéristiques acides (faibles valeurs d'acidité totale et d'acide malique, pH élevé) et représente, en conséquence, une matrice adaptée pour la conduite de l'essai.

Figure 2 : Grappes de Brustianu B. (crédits photos : CRVI de Corse)



2.2. Description des modalités

Dans ce banc d'essai, deux souches de levure *Lachancea thermotolerans* sont testées pour réaliser la fermentation alcoolique sur moûts de Brustianu (Tableau 1).

Par rapport à la souche *Saccharomyces cerevisiae*, les levures *Lachancea thermotolerans* utilisées dans le cadre de cet essai présentent une faible tolérance à l'éthanol, une plage de température de fermentation plus restreinte ainsi que des besoins en azote plus élevés.

Tableau 1 : Principales caractéristiques technologiques des levures sélectionnées pour l'essai

Levure	Espèce	Tolérance à l'alcool	Optimum de température de FA	Production d'AV	Besoin en azote
Levuline CHP	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	15,5 % vol.	10 – 30 °C	Faible	Faible
Level ² Laktia	<i>Lachancea thermotolerans</i>	10 % vol.	14 – 28°C	Très faible	Elevé
Levulia Alcomeno	<i>Lachancea thermotolerans</i>	7,2 % vol.	10 – 18°C	Faible	Moyen

Quatre modalités sont mises en place :

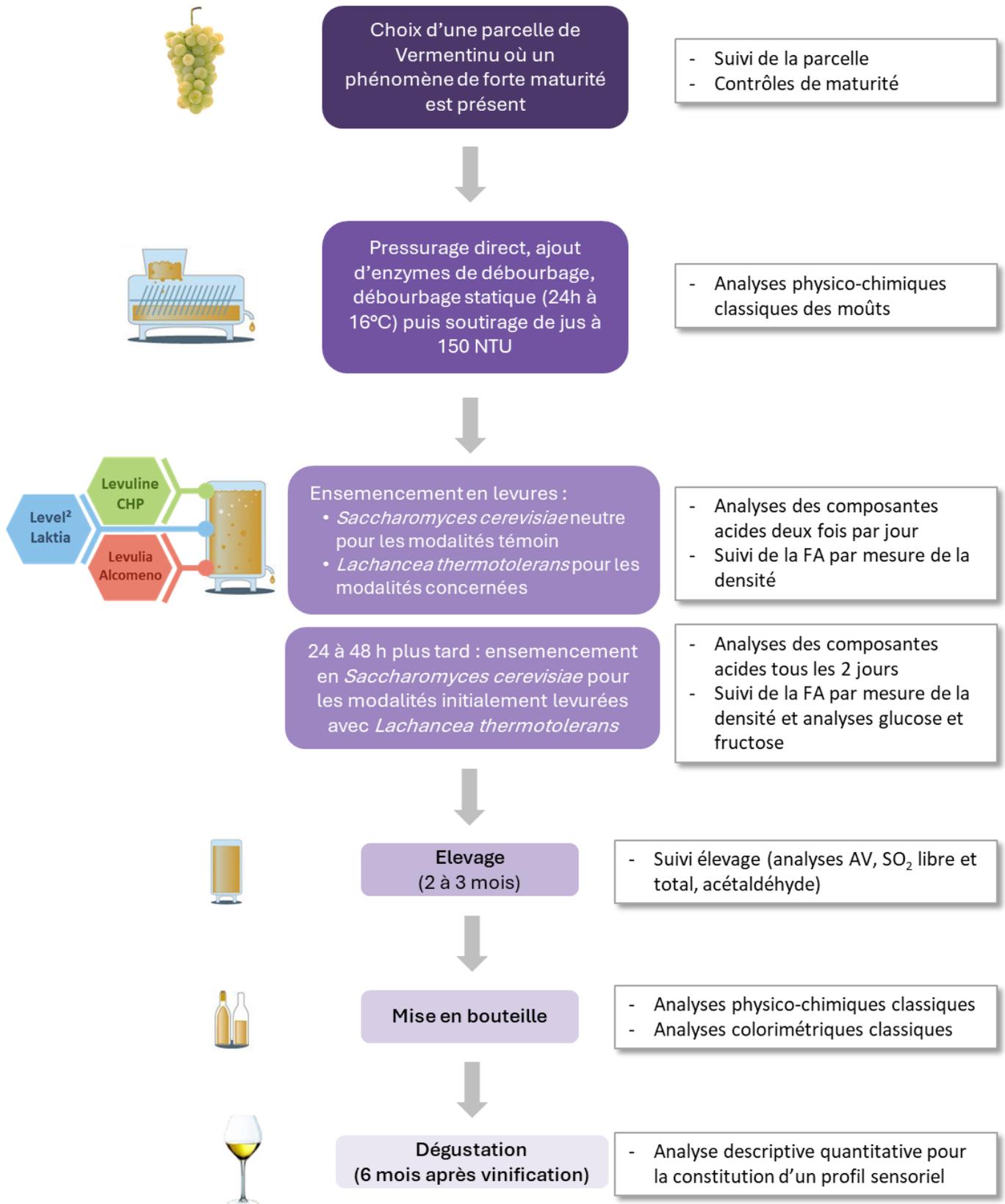
- **Modalité « Témoin »** : vin de base levuré avec Levuline CHP (*Saccharomyces cerevisiae*)
- **Modalité « Témoin + AL »** : vin de base levuré avec Levuline CHP (*Saccharomyces cerevisiae*), acidifié avec de l'acide lactique en fin de fermentation alcoolique. Cette modalité a été mise en place à partir de 2022 afin de déterminer l'influence d'une acidification due aux levures en comparaison à une acidification par ajout d'acide (gain d'arômes, acidité finale éventuellement plus harmonieuse...). L'objectif principal étant de déterminer uniquement l'influence du mode d'acidification, l'acide lactique a été sélectionné plutôt que l'acide tartrique. Bien que ce dernier soit plus communément utilisé en cave, sa perception organoleptique différente de celle de l'acide lactique (Pangborn, 1963 ; Amerine et al., 1965) pourrait biaiser l'évaluation du mode d'acidification. De cette manière, à acide équivalent, une comparaison pourra être effectuée entre la bio-acidification et l'ajout d'acide organique.
- **Modalité « Level Laktia »** : vin levuré avec la souche Level² Laktia (*Lachancea thermotolerans*) puisensemencé 24 à 48 heures plus tard avec Levuline CHP (*Saccharolyces cerevisiae*)
- **Modalité « Alcomeno »** : vin levuré avec la souche Levulia Alcomeno (*Lachancea thermotolerans*) puisensemencé 48 à 72 heures plus tard avec Levuline CHP (*Saccharomyces cerevisiae*)

2.3. Itinéraire de vinification

Le schéma de vinification de l'essai est disponible en Figure 3.

Les raisins sont issus d'une parcelle de vigne expérimentale sur laquelle de faibles caractéristiques acides sont observées. Lorsqu'une maturité suffisante au regard des objectifs de l'expérimentation est atteinte, les vendanges sont déclenchées et réalisées manuellement. Les raisins vendangés présentent une très bonne qualité sanitaire.

Figure 3 : Schéma de vinification de l'essai "Levures acidifiantes"



Nombre de vins blancs différents produits au cours de l'essai :

- 4 vins par millésimes
- 12 vins au total (2021, 2022 et 2023)

A leur arrivée au chai, les raisins sont directement pressés (pressurage de grappes entières) puis mis en cuve (encuvage séquentiel de manière à garantir l'homogénéité du moût) en vue de leur débourbage. Au cours du pressurage, un léger sulfitage est appliqué, de manière à prévenir des contaminations microbiologiques et de l'oxydation. Ce sulfitage est à moduler en fonction de l'état sanitaire des raisins mais doit rester léger (1 à 3 g/hl maximum) pour ne pas nuire à l'implantation des levures non-*Saccharomyces* et à la réalisation des fermentations alcooliques qui vont suivre. Après un débourbage statique (24h à 16°C), le jus est soutiré dans des bonbonnes en verre de 28 L, de manière à obtenir un moût dont la turbidité est de 150 NTU environ pour chaque modalité.

Les moûts sontensemencés à hauteur de 20 g/hl pour les cuves témoin, 25 g/hl pour la modalité Level² Laktia et 30 g/hl pour la modalité Levulia Alcomeno, avec la souche de levure correspondante à chaque modalité. Les concentrations des levains sont fonction des recommandations des différents fournisseurs de chaque souche utilisée dans cet essai.

Après plusieurs heures, les modalités inoculées avec *Lachancea thermotolerans* sontensemencées avec Levuline CHP (*Saccharomyces cerevisiae* utilisée dans les modalités témoins) à hauteur de 25 g/hl. Pour chaque cuve, un protecteur de levures riche en stérols est ajouté à l'eau de réhydratation de *Saccharomyces cerevisiae* à hauteur de 25 g/hl afin de favoriser leur implantation rapide dans le moût.

Les durées de latence entre l'inoculation de *Lachancea thermotolerans* et *Saccharomyces cerevisiae* sont indiquées dans le Tableau 2 pour les modalités concernées. Le choix de ces durées est fonction des recommandations des différents fournisseurs de chaque souche, adaptés suite aux premiers résultats obtenus en 2021.

Tableau 2 : Durées de latence entre l'inoculation de *Lachancea thermotolerans* et *Saccharomyces cerevisiae* pour les modalités concernées

Modalité	2021	2022	2023
Level ² Laktia	48 h	24 h	24 h
Alcomeno	72 h	48 h	48 h

Une complémentation en azote (azote organique et éventuellement azote minéral) est effectuée en fonction de la carence initiale du moût selon le millésime. Cet apport est fractionné : une première partie est apportée lors du levurage, la seconde partie est incorporée lors du premier tiers de la fermentation alcoolique. De la bentonite est également ajoutée au moût à hauteur de 30 g/hl. Ces apports sont identiques pour les quatre cuves.

La température de la fermentation alcoolique est fixée à 18°C. Un suivi régulier de la fermentation est assuré via la mesure régulière de la masse volumique. Pour chaque cuve, lorsque la densité initiale du moût a diminué de 20 points, un apport d'O₂ (6 mg/L) est effectué pour favoriser la croissance et la robustesse de la population levurienne. Cet apport est effectué à l'aide de l'outil Visio S® (société Vivelys) permettant d'apporter dans chaque cuve une dose d'O₂ identique.

Lorsque la densité d'une cuve avoisine 1000, les sucres fermentescibles (glucose et fructose) sont dosés pour suivre la fin de la FA. La FA est considérée comme achevée lorsque la teneur est inférieure ou égale à 1 g/l. A ce moment, de l'acide L (+) lactique est ajouté dans le vin de la modalité « Témoin + AL » à l'aide d'une solution d'acide lactique à 88%.

Le dosage est effectué en essayant de se rapprocher au maximum des choix qu'effectuerait un vinificateur dans une optique d'acidification de sa cuve.

Le vin de chaque modalité est alors sulfité et soutiré dans un fût inox hermétique de 25 L, où il bénéficie d'un élevage de deux à trois mois. En fin d'élevage, les vins sont laissés en chambre froide à 0°C durant deux semaines afin d'anticiper les précipitations tartriques qui pourraient avoir lieu après embouteillage, puis ils sont filtrés (0,5 µm) avant d'être mis en bouteille.

Cet itinéraire est répété sur trois millésimes (2021, 2022 et 2023) afin d'obtenir un triplicata pour chaque modalité.

Figure 4 : Mise en bouteille des vins des différentes modalités



2.4. Analyses physico-chimiques

Différentes analyses sont réalisées au cours de la vinification :

- **Sur raisins** : la maturité des raisins est suivie via des contrôles de maturité, au cours desquels les paramètres TAP, AT, pH (pour les millésimes 2021 à 2023) et AM (à partir du millésime 2022) sont analysés.
- **Sur moûts** : les paramètres physico-chimiques classiques (TAP, AT, pH, AV, SO₂ libre et total, AM, AL, azote assimilable, masse volumique, turbidité) sont réalisés lors de l'encuvage.
- **Pendant la FA** : l'avancée de la FA est suivie par mesure régulière de la masse volumique (trois à cinq fois par semaine). Des mesures régulières d'acide lactique (jusqu'à deux fois par jour) permettent de suivre la production d'acide lactique par les levures *Lachancea thermotolerans*.

- **En fin de FA** : l'analyse de la concentration en glucose/fructose permet de confirmer la fin de la fermentation alcoolique. A ce moment-là, les paramètres physico-chimiques classiques (TAV, AT, pH, AV, SO₂ libre et total, AM, AL, G/F) sont analysés.
- **Pendant l'élevage** : l'AV, le SO₂ libre et total et l'acétaldéhyde sont contrôlés de manière bimensuelle afin de maintenir une protection optimale des vins.
- **A la mise en bouteille** : les paramètres physico-chimiques classiques (TAV, AT, pH, AV, SO₂ libre et total, G/F, AM, AL, acétaldéhyde) et colorimétriques (teinte, intensité colorante, composantes jaune, rouge et bleue) sont analysés par le laboratoire COFRAC du CRVI.

2.5. Analyse sensorielle

Pour chaque millésime, les vins des différentes modalités sont dégustés en comparaison (Figure 5). Les dégustations ont lieu environ trois mois après leur mise en bouteille. Le jury de dégustation est composé de 7 à 9 sujets experts.

Figure 5 : Dégustation des quatre modalités en comparaison



Les vins sont servis aléatoirement : chaque dégustateur les évalue dans un ordre différent afin de s'affranchir du biais dû à l'ordre des échantillons. Les vins sont anonymes et bénéficient d'une présentation uniformisée (Figure 6). Le codage des vins est automatiquement réalisé par le logiciel TASTEL, attribuant à chaque bouteille un numéro aléatoire entre 1 et 999.

Figure 6 : Anonymisation des échantillons lors de la dégustation



Crédit photo : CRVI de Corse

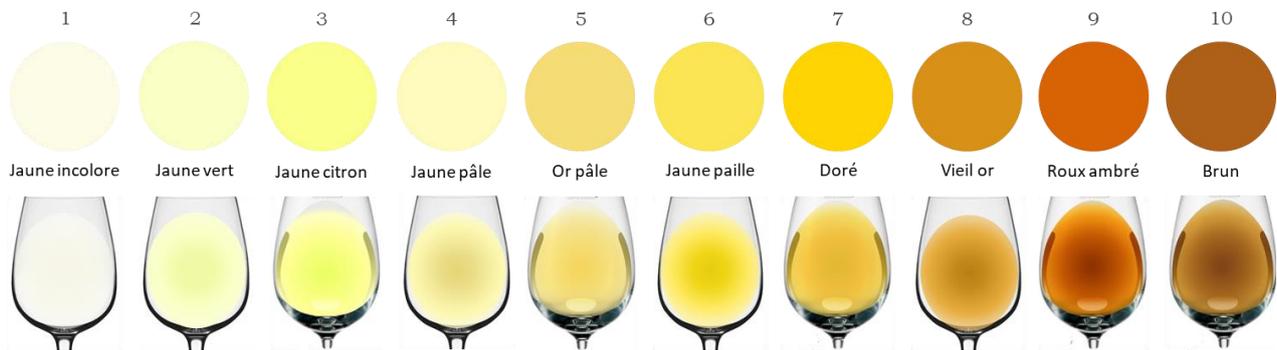


Crédit photo : CRVI de Corse

La méthode utilisée est la méthode d'analyse quantitative descriptive (méthode ADQ) permettant l'estimation de grandeurs sensorielles multiples et, par conséquent, l'élaboration d'un profil sensoriel. Elle permet ainsi une description complète du produit dégusté. Les 21 descripteurs retenus sont adaptés à la dégustation de vins blancs secs.

Les notes attribuées à chaque descripteur sont reportées sur une échelle structurée, dont la graduation est comprise entre 0 et 10, allant d'une absence du descripteur (noté 0) à une très forte intensité du descripteur (noté 10). Seule la teinte ne suit pas cette notation : le chiffre indiqué par le jury de dégustation correspond à une référence sur un nuancier fourni durant la dégustation (Figure 7).

Figure 7 : Nuancier utilisé lors des dégustations pour l'évaluation du paramètre "teinte"



2.6. Analyses statistiques

Plusieurs tests statistiques sont mis en place afin de mettre en évidence ou non une éventuelle influence de la souche de levure utilisée sur les différents paramètres évalués au cours de l'élaboration des vins.

Sur les paramètres physico-chimiques classiques (TAV, AT, pH, AV, AL, AM, SO₂ L et SO₂ T), analysés aux trois stades clés de la vinification (moût, fin FA et mise en bouteille), une ANOVA à mesures répétées (risque α de 5 %) est effectuée.

Sur les données évaluées uniquement en fin de FA ou après mise en bouteille (mesure unique : durée de FA, paramètres colorimétriques), une ANOVA (risque α de 5 %) à deux facteurs (souche de levure et millésime) est appliquée. Dans le cas où une différence significative est mise en évidence par l'analyse de variance, un test post-hoc de Tukey et un test bilatéral de Dunnett permettent de classer les différentes modalités entre elles.

Suite à la dégustation comparative des vins, pour chaque millésime une ANOVA (risque α de 5 %) est réalisée sur chaque descripteur utilisé afin de mettre en évidence une éventuelle différence significative entre les modalités. Dans le cas où une différence significative est mise en évidence par l'analyse de variance, un test post-hoc de Newman-Keuls permet de classer les différentes modalités entre elles.

3. Résultats

3.1. Analyses physico-chimiques classiques des raisins et des moûts

Des contrôles de maturité fréquents ont permis de déterminer les différentes dates de récolte afin d'obtenir des raisins présentant des conditions « critiques » en termes d'AT et de pH (Tableau 3). Les raisins sont alors vendangés (Figure 8) puis directement pressés.

Figure 8 : Vendanges des raisins à destination de l'essai



Tableau 3 : Contrôles de maturité des raisins à destination de l'essai

Millésime	Date de récolte	TAP % vol.	AT g/L H_2HO_4	pH	AM g/L
2021	13/09/2021	13,0	2,08	3,58	NA
2022	12/09/2022	12,6	1,89	3,86	0,9
2023	18/09/2023	12,1	2,44	3,63	1,3

NA : Non Analysé

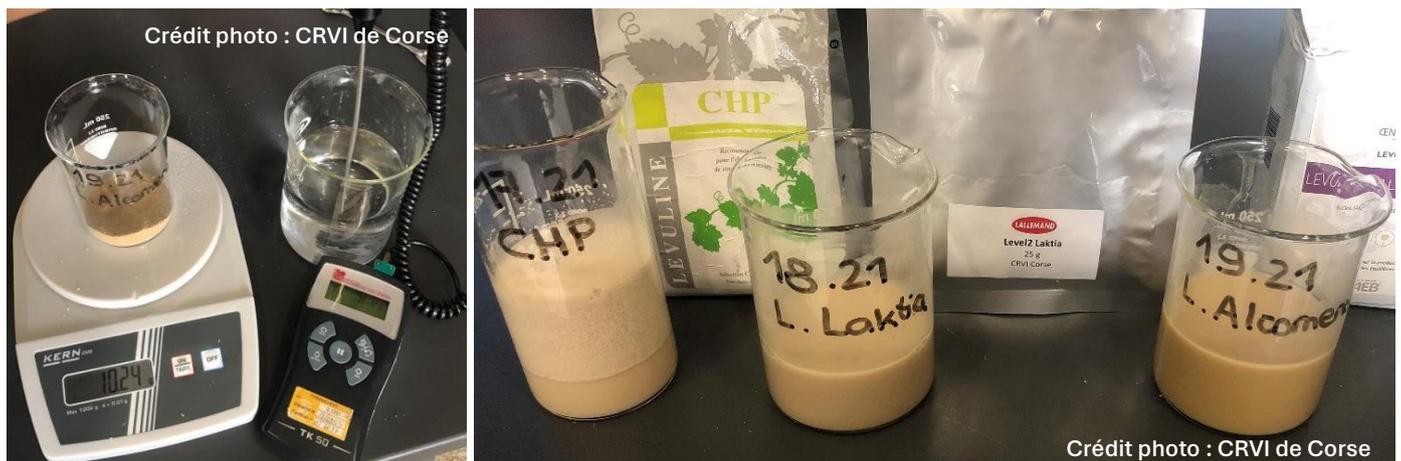
Tableau 4 : Analyses physico-chimiques des moûts

Millésime	Nom produit	Date	TAP	AT	pH	AV	SO ₂ L	SO ₂ T	AM	AL
			% vol	g/L H ₂ SO ₄		g/LH ₂ SO ₄	mg/L	mg/L	g/L	g/L
2021	Témoin	15/09/2021	11,7	2,61	3,51	0,12	6	5	0,9	0,0
	Level ² Laktia	15/09/2021	11,7	2,55	3,51	0,11	5	6	0,8	0,1
	Alcomeno	15/09/2021	11,6	2,57	3,50	0,12	5	3	0,9	0,0
2022	Témoin	13/09/2022	12,5	1,96	3,75	0,04	6	10	0,9	0,0
	Témoin + AL	13/09/2022	12,5	1,95	3,76	0,04	5	10	0,8	0,0
	Level ² Laktia	13/09/2022	12,5	1,96	3,75	0,04	6	13	0,8	0,0
	Alcomeno	13/09/2022	12,5	2,00	3,73	0,04	5	10	0,9	0,0
2023	Témoin	19/09/2023	12,4	2,17	3,64	0,02	0	12	1,2	0,0
	Témoin + AL	19/09/2023	12,4	2,12	3,68	0,01	0	7	1,2	0,0
	Level ² Laktia	19/09/2023	12,3	2,13	3,67	0,01	0	11	1,2	0,0
	Alcomeno	19/09/2023	12,4	2,16	3,67	0,02	1	9	1,2	0,0

Les moûts sont par la suite débourbés et analysés (Tableau 4). A ce stade, les moûts sont homogènes d'une modalité à l'autre, et présentent bien de faibles caractéristiques acides (AT comprise entre 1,95 et 2,61 g/l H₂SO₄, pH compris entre 3,50 et 3,76).

Chaque cuve est alorsensemencée avec la souche de levure correspondante (Figure 9).

Figure 9 : Préparation des levains de chaque modalité



3.2. Fermentations alcooliques et production d'acide lactique

3.2.1. Déroulement des fermentations alcooliques

Le suivi de la FA est effectué par la mesure régulière de la masse volumique (Figure 10). Les courbes comparatives du suivi de la FA entre les cuves sont représentées en Figure 11.

Figure 10 : Mesure de la densité au cours de la fermentation alcoolique



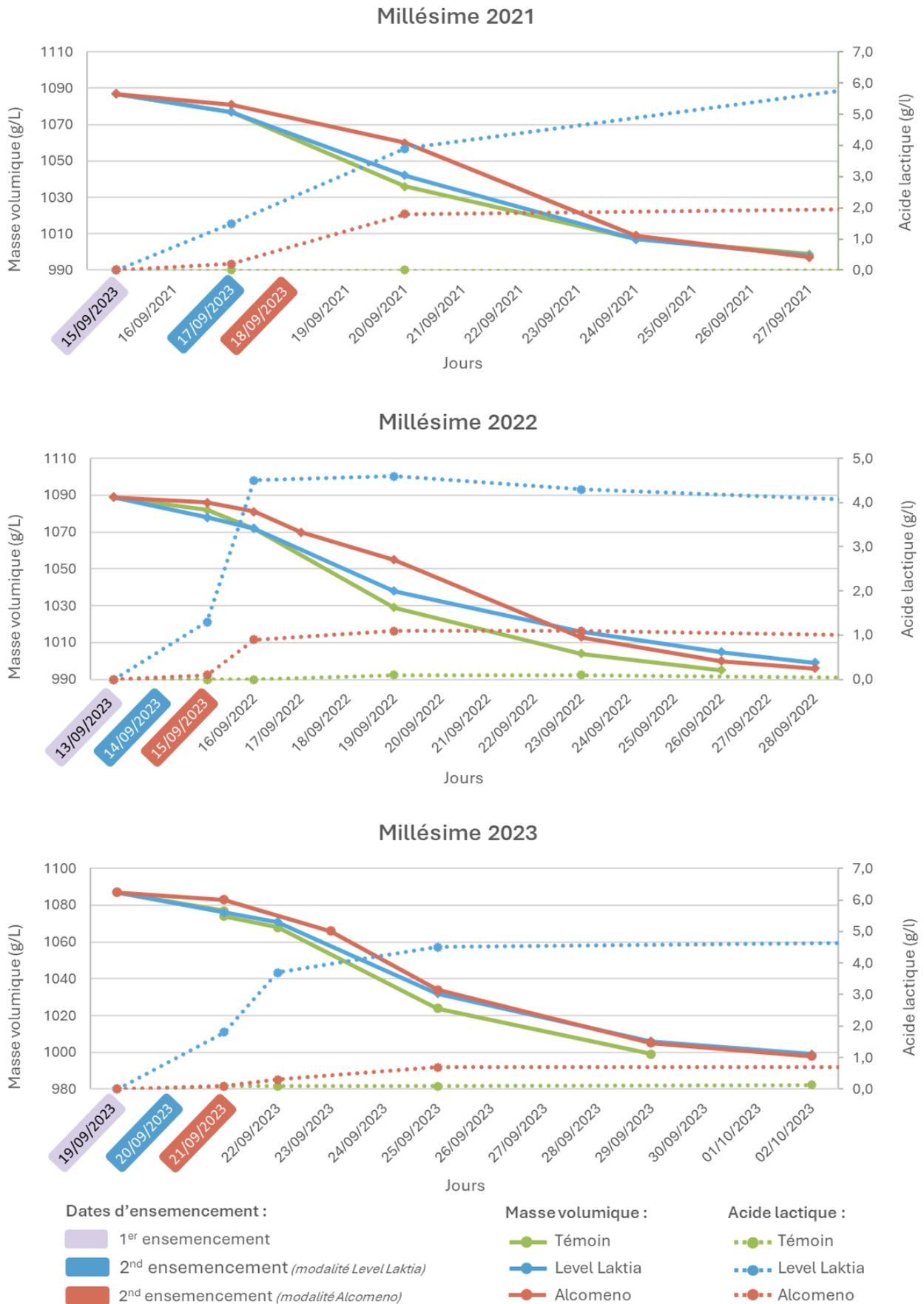
Le suivi des masses volumiques montre que les modalités suivent une cinétique fermentaire globalement similaire. Notons qu'en 2023 la modalité témoin est légèrement plus rapide d'environ une semaine.

Le dosage des sucres fermentescibles lorsque la masse volumique est basse (aux alentours de 1000 g/l) permet d'estimer la durée de FA pour chaque modalité (Tableau 5). Toutes les modalités ont achevé leur fermentation alcoolique (moins de 1 g/l de sucres résiduels).

Tableau 5 : Durées des fermentations alcooliques (jours) pour les trois modalités

Modalité	2021	2022	2023
Témoin	16	20	13
Level Laktia	15	20	20
Alcomeno	15	22	20

Figure 11 : Evolution de la masse volumique et de la teneur en acide lactique des différentes modalités pendant la fermentation alcoolique



Ainsi, le levurage avec *Lachancea thermotolerans* n'empêche pas le bon déroulement de la FA dans nos conditions d'expérimentation.

De plus, l'analyse statistique des données du Tableau 5 permet d'affirmer que, dans nos conditions d'expérimentation, il n'y a pas d'influence de la souche de levure utilisée sur la durée de FA.

3.2.2. Initiation de la production d'acide lactique en début de fermentation alcoolique

Après leur débouillage, les cuves des différentes modalités sontensemencées avec la levure correspondante : Levuline CHP (*Saccharomyces cerevisiae*) pour la modalité témoin, Level² Latkia (*Lachancea thermotolerans*) et Levulia Alcomeno (*Lachancea thermotolerans*) pour les modalités éponymes.

Pour les modalités levurées avec une *Lachancea thermotolerans*, un second ensemencement est effectué avec Levuline CHP (*Saccharomyces cerevisiae*) pour stopper la production d'acide lactique et achever la FA, 24 à 72 h après l'ensemencement de *Lachancea thermotolerans* (Tableau 2). Les différentes dates du second ensemencement sont indiquées dans la Figure 11.

Les levures *Lachancea thermotolerans* dégradent une partie des sucres fermentescibles pour la production d'acide lactique. Les graphiques de la Figure 11 montrent bien que la production d'acide lactique (représentée en pointillés sur la figure) se fait en parallèle de la diminution de la masse volumique (représentée en traits pleins sur la figure).

La Figure 11 met également en évidence que la teneur en acide lactique finale est atteinte, dans nos conditions d'expérimentation, dès le premier tiers de la fermentation alcoolique.

3.2.1. Suivi de la production d'acide lactique au cours de la fermentation alcoolique

Un dosage régulier de l'acide lactique permet de réaliser un suivi de la concentration en AL au cours de la FA (Figure 12). En parallèle, l'acidité volatile est également analysée.

La Figure 12 met en évidence plusieurs points.

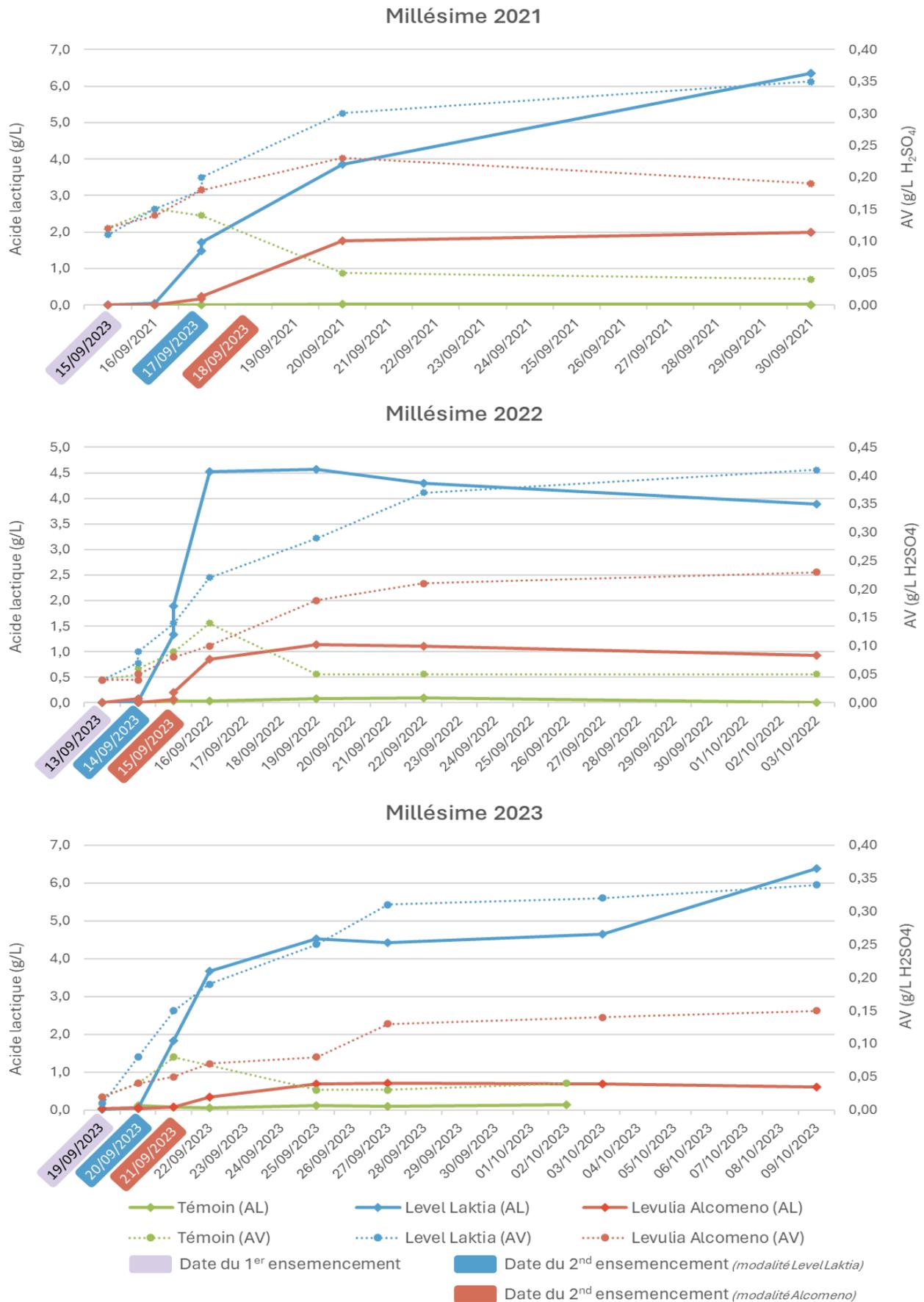
Il existe une durée de latence entre l'ensemencement avec *Lachancea thermotolerans* et la production d'acide lactique : lors du second ensemencement de ces modalités avec *Saccharomyces cerevisiae*, il n'y a pratiquement pas d'acide lactique dans les moûts :

- Pour la modalité Level Laktia : 1,5 g/l en 2021, 0 g/l en 2022 et 0,1 g/l en 2023.
- Pour la modalité Alcomeno : 0,2 g/l en 2021, 0,2 g/l en 2022 et 0,1 g/l en 2023.

Il existe également une durée de latence entre le second ensemencement avec *Saccharomyces cerevisiae* et l'arrêt de production d'acide lactique par *Lachancea thermotolerans*.

Enfin, la production d'acide lactique semble provoquer une augmentation d'acidité volatile proportionnelle à la teneur en AL produite. Cette augmentation a lieu en parallèle de la production d'AL : lorsque la teneur en AL cesse d'augmenter, l'AV se stabilise jusqu'en fin de FA. Cette teneur reste néanmoins faible, dans nos conditions d'expérimentation, sans danger pour la qualité sanitaire des vins (maximum 0,41 g/l H₂SO₄ en 2022 en fin FA).

Figure 12 : Production d'acide lactique (AL) et d'acidité volatile (AV) par les levures des différentes modalités pendant la fermentation alcoolique



3.2.1. Evaluation de la teneur finale en acide lactique des vins en fin de fermentation alcoolique

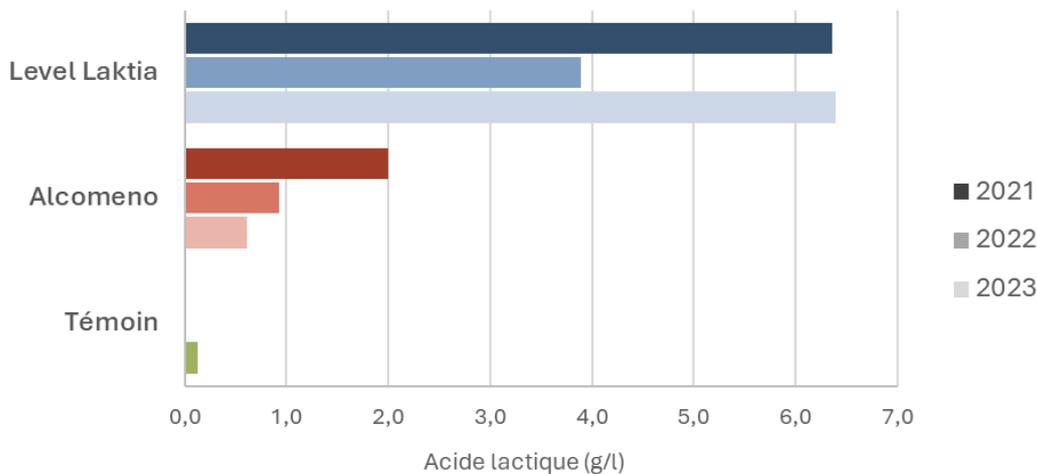
Il est à noter que, quel que soit le millésime, une production d'acide lactique au cours de la FA a été enregistrée dans les deux modalités levurées avec *Lachancea thermotolerans*: les deux souches ont assuré leur rôle d'acidification des vins. L'analyse statistique met en évidence qu'il existe une influence significative de la levure sur la teneur en acide lactique des vins.

Le dosage d'acide lactique en fin de FA (Figure 13) permet de positionner les deux levures acidifiantes entre elles sur ce point.

Quel que soit le millésime, les modalités levurées avec Level² Laktia présentent les plus fortes teneurs en acide lactique (3,9 à 6,4 g/l), et ce malgré un ensemencement avec *Saccharomyces cerevisiae* plus précoce. L'acide lactique est significativement plus élevé dans cette modalité que dans les autres vins.

Les modalités levurées avec Levulia Alcomeno présentent des teneurs en acide lactique plus modestes (0,6 à 2 g/l). Statistiquement, ces vins ne sont pas différents des vins témoins concernant la teneur en acide lactique.

Figure 13 : Teneur en acide lactique des vins en fin de fermentation alcoolique



On distingue ainsi deux comportements distincts des levures acidifiantes, pourtant issues de la même espèce *Lachancea thermotolerans* :

- La souche Level² Laktia, très productrice d'acide lactique.
- La souche Levulia Alcomeno, dont l'acidification est plus mesurée.

Il est à noter que, dans cet essai, les conditions d'implantation de *Lachancea thermotolerans* sont facilitées (faible concurrence levurienne, faible teneur en SO₂, aucune carence azotée, bonne température de fermentation). Lorsque les conditions sont plus contraignantes, une levure plus « robuste » telle que Level² Laktia, dont la production d'acide lactique est forte et rapide, peut représenter un atout pour la bio-acidification.

Ce qu'il faut retenir au niveau des cinétiques fermentaires et de la production d'acide lactique :

- Les deux levures sélectionnées ont assuré leur rôle de production d'acide lactique par consommation d'une partie des sucres fermentescibles.
- Le levurage avec *Lachancea thermotolerans* n'influe pas sur la durée ou l'efficacité de la FA.
- L'efficacité des levures en termes d'acide lactique produit diffère selon les souches : la souche Level² Laktia est très productrice d'AL, tandis que l'acidification est plus mesurée avec la souche Levulia Alcomeno.
- La production d'acide lactique par les levures peut s'accompagner en parallèle d'une augmentation de l'AV dans les vins, proportionnelle à la quantité d'AL produit, qui cesse dès que la production d'AL est stoppée. Dans nos conditions d'expérimentation, ces valeurs restent néanmoins faibles, sans danger pour la qualité sanitaire des vins.

3.2.2. Caractéristiques physico-chimiques en fin de fermentation alcoolique

Les résultats des analyses physico-chimiques en fin de FA sont répertoriés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Analyses physico-chimiques des vins en fin de fermentation alcoolique

Millésime	Modalité	TAV % vol	AT g/L H ₂ SO ₄	pH	AV g/LH ₂ SO ₄	AM g/L	AL g/L	G/F g/L
2021	Témoin	12,2	3,59	3,42	0,04	1,2	0,0	0,6
	Level ² Laktia	12,0	6,95	3,16	0,35	1,0	6,4	0,2
	Alcomeno	12,1	4,97	3,26	0,19	1,0	2,0	0,1
2022	Témoin	12,9	2,87	3,62	0,05	1,2	0,0	0,4
	Level ² Laktia	12,5	6,14	3,23	0,41	1,0	3,9	1,0
	Alcomeno	12,7	3,59	3,53	0,23	1,1	0,9	0,9
2023	Témoin	12,4	3,31	3,50	0,04	1,8	0,1	0,1
	Level ² Laktia	12,1	6,43	3,25	0,34	1,3	6,4	0,6
	Alcomeno	12,3	3,51	3,52	0,15	1,6	0,6	0,2
Moyenne	Témoin	12,5	3,26 ^b	3,51 ^a	0,04 ^c	1,4	0,0 ^b	0,4
	Level ² Laktia	12,2	6,51 ^a	3,21 ^b	0,37 ^a	1,1	5,5 ^a	0,6
	Alcomeno	12,4	4,02 ^b	3,44 ^{ab}	0,19 ^b	1,2	1,2 ^b	0,4

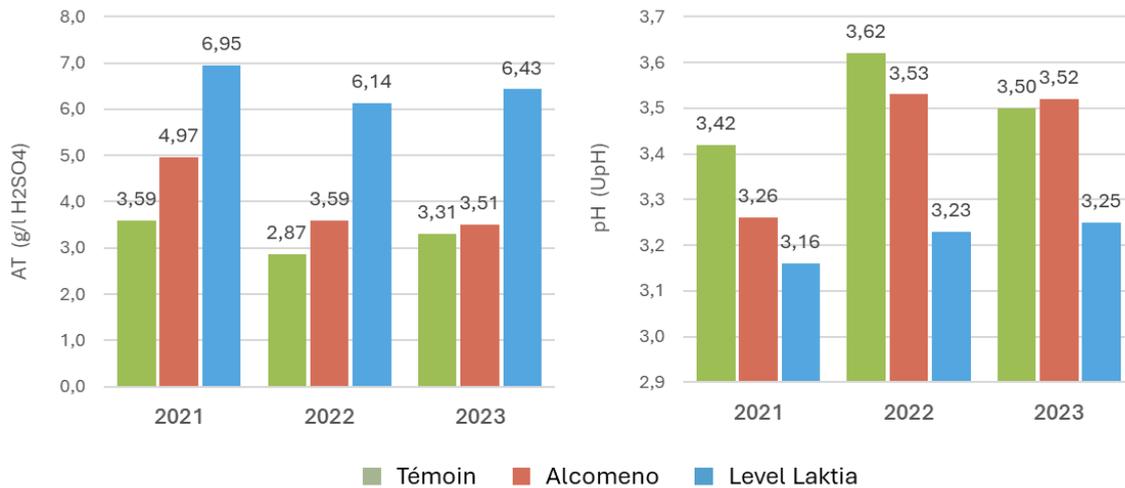
Les lettres d'une même colonne désignent les groupes statistiques lorsqu'il y a une différence significative (risque α de 5 %).

Les analyses montrent que l'AT des vins est plus élevée en fin de FA que sur moût, y compris sur les modalités témoins. Le pH est, lui, légèrement plus faible.

Sur les modalités levurées avec *Lachancea thermotolerans*, la production d'acide lactique a contribué à augmenter l'acidité des vins : cette acidification est soulignée par l'augmentation de l'acidité totale et la diminution du pH des vins en fin de FA (Figure 14). Les vins de la modalité Level

Latkia présentent l'AT la plus élevée et le pH le plus bas. Ils sont suivis de la modalité Alcomeno, puis des vins témoins, qui présentent les AT les plus basses et les plus hauts pH.

Figure 14 : Acidité Totale (à gauche) et pH (à droite) des vins en fin FA



L'analyse statistique met en évidence qu'il existe une influence significative de la levure sur les valeurs d'AT et de pH des vins :

- Les vins de la modalité Level Laktia présentent des AT significativement supérieures aux autres vins.
- Les vins de la modalité Level Laktia ont des pH significativement inférieurs à ceux des vins de la modalité témoin. Les vins de la modalité Alcomeno, en position intermédiaire, ne sont pas statistiquement différents des vins de la modalité Level Laktia, ni des vins témoins, concernant ce paramètre.

Les analyses indiquent également des valeurs d'AV statistiquement supérieures dans les vins levurés avec *Lachancea thermotolerans*. La teneur en AV des vins en fin FA est proportionnelle à la teneur en AL produite au cours de la FA (Figure 15 et Figure 16).

Figure 15 : Corrélation entre la teneur en AV et AL des vins en fin de FA pour les trois millésimes étudiés

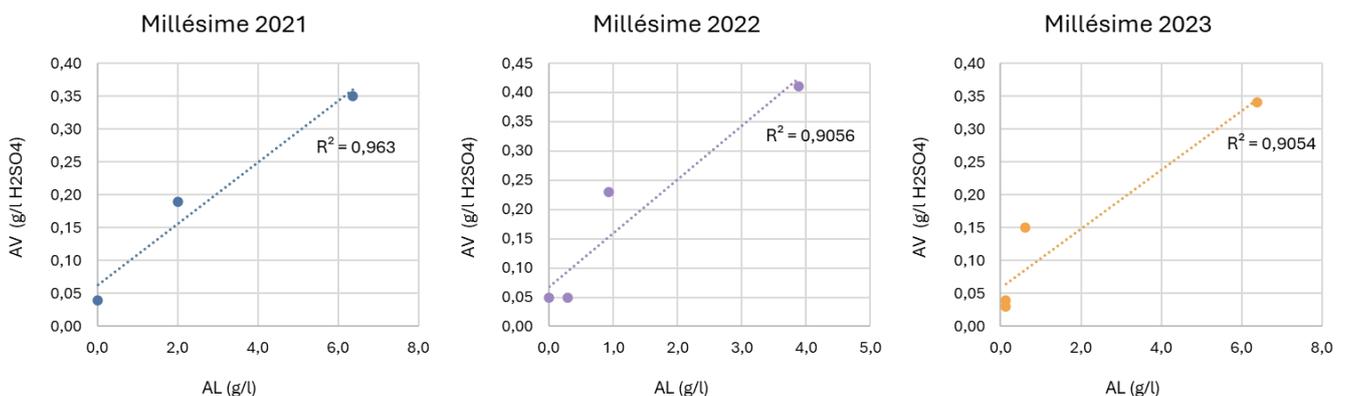
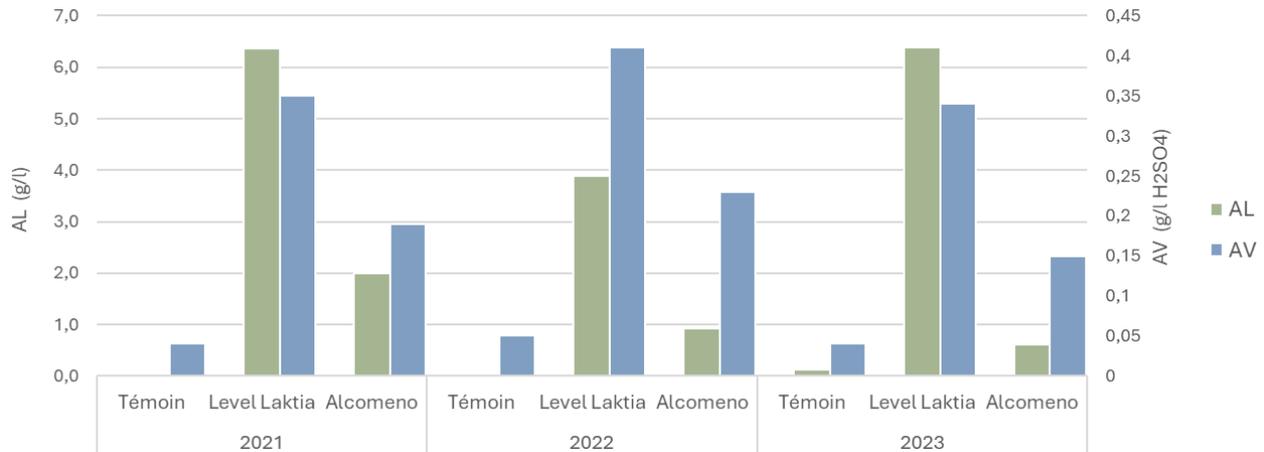


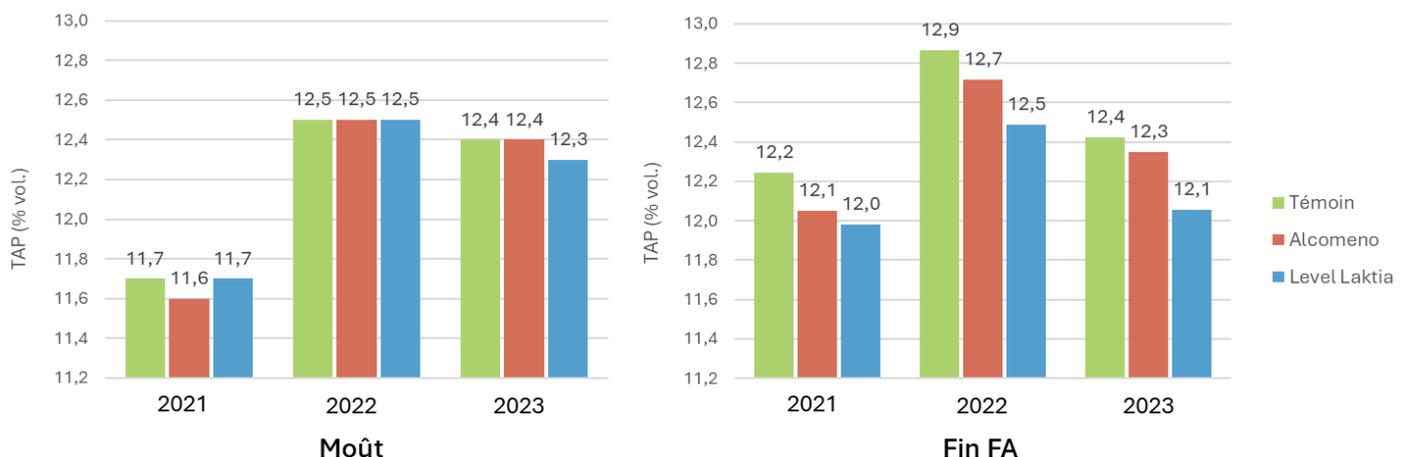
Figure 16 : Teneur en acide lactique et AV des vins en fin FA



Enfin, les analyses montrent une tendance des vins levurés avec *Lachancea thermotolerans* à présenter un TAV inférieur à celui du vin témoin, en dépit d'un TAP initial sur moût identique entre les cuves (Figure 17).

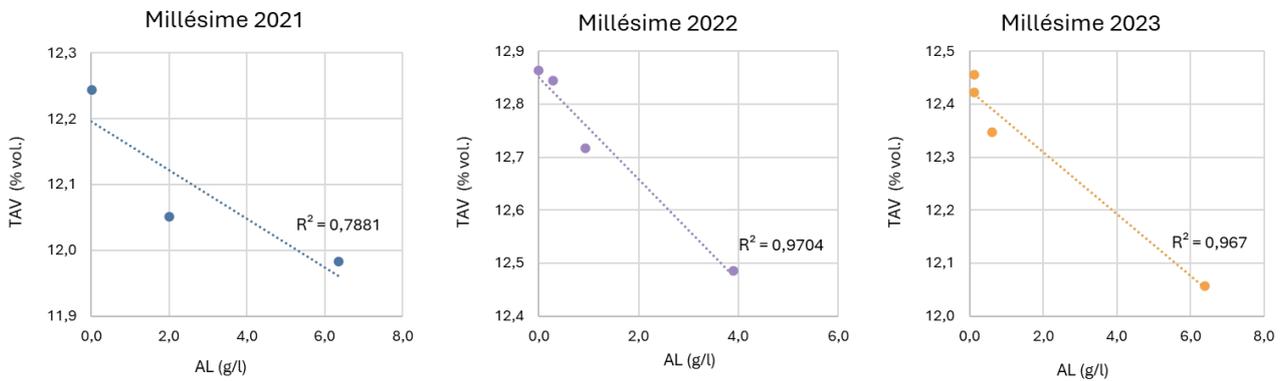
Il est à noter que dans certaines études mentionnant un TAV plus faible dans les vins vinifiés avec *Lachancea thermotolerans*, les faibles valeurs sont parfois à mettre en relation avec des teneurs en sucres résiduels supérieures à 1 g/l, la FA n'ayant pas été menée jusqu'à son terme. Ce n'est pas le cas ici, où l'intégralité des sucres a été dégradée : les différences de TAV observées sont dues au seul rendement fermentaire des levures. Elles peuvent s'expliquer par la consommation, en début de FA, d'une partie des sucres fermentescibles pour la production d'acide lactique.

Figure 17 : Comparaison TAP sur moût et TAV en fin FA des différentes modalités



Cette tendance n'est toutefois pas statistiquement significative : il n'est pas possible de conclure sur l'influence de la levure sur le TAV en fin FA. En revanche, il est possible d'affirmer qu'il existe une forte corrélation négative entre le TAV des vins en fin de FA et leur teneur en AL, produit par la levure, et ce, pour chaque millésime étudié (coefficient de corrélation de 0,79 en 2021, 0,97 en 2022 et 0,97 en 2023).

Figure 18 : Corrélation entre la teneur en AL produit par les levures et le TAV des vins en fin de FA pour les trois millésimes étudiés



Ce qu'il faut retenir au niveau des analyses physico-chimiques en fin de FA :

→ La production d'acide lactique par Level² Laktia a permis d'acidifier fortement et significativement le milieu : l'augmentation de l'AT et la diminution du pH sont garanties. L'acidification par Levulia Alcomeno est constatée, bien que plus modeste et non statistiquement significative.

→ La production d'acide lactique entraîne une augmentation significative de l'AV dans les vins, proportionnelle à la quantité d'AL produit. Dans nos conditions d'expérimentation, ces valeurs restent néanmoins faibles, sans danger pour la qualité sanitaire des vins.

→ La consommation des sucres fermentescibles par *Lachancea thermotolerans* pour la production d'AL semble entraîner une légère diminution du TAV, ces deux paramètres étant fortement corrélés pour chaque millésime étudié.

Figure 19 : Elevage des vins du millésime 2022



Crédit photo : CRVI de Corse

3.3. Analyses physico-chimiques et colorimétriques des vins finis

L'acidification du vin de la modalité « Témoin + AL » est effectuée en fin de FA. Avant leur filtration, les vins sont laissés au froid (5°C pendant sept jours) pour effectuer les précipitations tartriques préalablement à leur mise en bouteille.

Tableau 7 : Analyses physico-chimiques des vins à la mise en bouteille

Millésime	Modalité	TAV	AT	pH	AV	SO ₂ L	SO ₂ T	AM	AL	G/F	ACE
		% vol	g/L H ₂ SO ₄		g/LH ₂ SO ₄	mg/L	mg/L	g/L	g/L	g/L	mg/L
2021	Témoin	12,3	2,91	3,40	0,06	38	89	1,2	0,0	0,7	28
	Level ² Laktia	12,0	5,93	3,09	0,34	31	76	1,0	6,0	0,4	17
	Alcomeno	12,0	4,55	3,18	0,23	30	74	0,9	2,9	0,3	18
2022	Témoin	12,4	2,45	3,59	0,05	44	86	1,2	0,1	0,5	7
	Témoin + AL	12,8	2,69	3,56	0,05	48	94	1,3	0,4	0,7	11
	Level ² Laktia	12,6	4,85	3,24	0,32	35	87	1,1	4,1	1,0	5
	Alcomeno	12,6	3,93	3,32	0,28	34	76	1,1	1,0	1,1	11
2023	Témoin	12,8	3,00	3,57	0,05	41	106	1,7	0,0	0,4	5
	Témoin + AL	12,6	3,16	3,54	0,05	23	75	1,6	0,5	0,3	12
	Level ² Laktia	12,2	5,99	3,24	0,31	34	119	1,3	5,9	0,6	22
	Alcomeno	12,4	3,44	3,49	0,16	22	64	1,5	1,0	0,3	10
Moyennes	Témoin	12,5	2,79 ^b	3,52 ^a	0,05 ^c	41	94	1,4	0,1 ^b	0,5	17
	Témoin + AL	12,4	3,43	3,50	0,14	25	60	1,1	1,3	0,5	13
	Level ² Laktia	12,2	5,59 ^a	3,19 ^b	0,32 ^a	33	94	1,1	5,4 ^a	0,7	11
	Alcomeno	12,4	3,97 ^b	3,33 ^{ab}	0,22 ^b	29	71	1,2	1,6 ^b	0,6	11

Les lettres d'une même colonne désignent les groupes statistiques lorsqu'il y a une différence significative (risque α de 5 %).

Les résultats des analyses physico-chimiques classiques après mise sont répertoriés dans le Tableau 7 et les analyses colorimétriques dans le Tableau 8. Les données de teinte sont calculées par le rapport entre la composante jaune et la composante rouge. Lorsque ce dernier paramètre est égal à 0, la teinte ne peut être calculée (indication « NC » dans le Tableau 8). Par conséquent, aucun traitement statistique n'est appliqué sur les données de teinte.

Tableau 8 : Analyses colorimétriques des vins à la mise en bouteille

Millésime	Modalité	Teinte	IC	Composante	Composante	Composante
				Jaune %	Rouge %	Bleue %
2021	Témoin	0,69	0,115	41	59	0
	Level ² Laktia	2,36	0,081	70	30	0
	Alcomeno	2,79	0,107	65	23	11
2022	Témoin	NC	0,026	100	0	0
	Témoin + AL	NC	0,01	100	0	0
	Level ² Laktia	NC	0,018	102	0	0
	Alcomeno	NC	0,02	98	0	0
2023	Témoin	9,50	0,063	90	10	0
	Témoin + AL	15,67	0,05	94	6	0
	Level ² Laktia	6,22	0,065	86	14	0
	Alcomeno	7,86	0,062	89	11	0
Moyennes	Témoin	5,10	0,068	77	23	0
	Témoin + AL	15,67	0,030	97	3	0
	Level ² Laktia	4,29	0,055	86	15	0
	Alcomeno	5,33	0,063	84	11	4

NC : Non Calculable

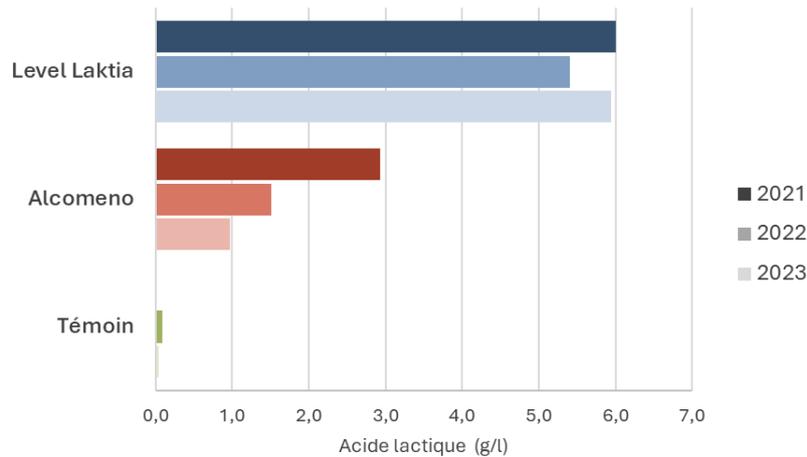
3.3.1. Comparaison des vins levurés avec *Lanchanea thermotolerans* par rapport au vin témoin non acidifié levuré avec *Saccharomyces cerevisiae*

Comme pour le stade fin FA, l'analyse statistique met en évidence qu'il existe une influence significative de la souche de levure sur la quantité d'acide lactique, l'acidité totale, le pH et l'acidité volatile des vins finis.

- **Acide lactique :**

Les teneurs en acide lactique des vins finis (Figure 20) restent proches de celles observées en fin de FA, bien que légèrement inférieures. Ainsi, les observations réalisées au point 3.2.1 page 23 sont toujours valables après mise en bouteille.

Figure 20 : Teneurs en acide lactique des vins finis



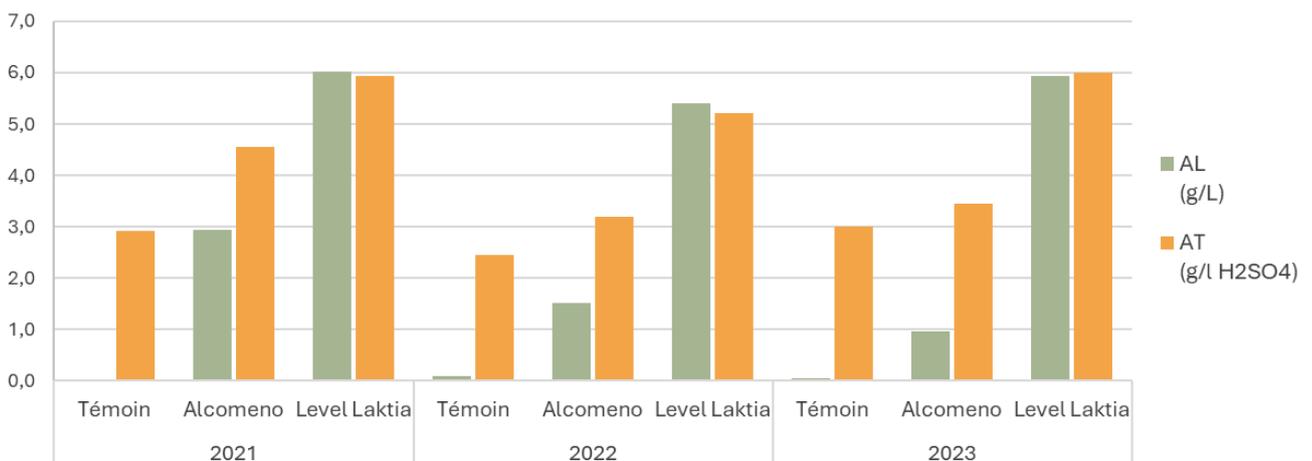
• **Acidité totale**

Après réalisation des précipitations tartriques, l'AT des vins est légèrement inférieure aux valeurs analysées en fin de FA. Néanmoins, dans tous les cas, les vins levurés avec *Lanchancea thermotolerans* présentent une valeur d'AT étant proportionnelle à la quantité d'acide lactique produit (Figure 21). Statistiquement, les conclusions sont identiques à celles présentées au point 3.2.2.

Ainsi, dans nos conditions d'expérimentation, par rapport aux vins témoins, l'AT des vins ensemencés avec *Lachancea thermotolerans* est augmentée en moyenne :

- De **2,92 g/l H₂SO₄** dans les vins levurés avec Level² Laktia (incertitude de mesure ±0,25 g/l H₂SO₄)
- De **0,94 g/l H₂SO₄** dans les vins levurés avec Levulia Alcomeno

Figure 21 : Teneurs en acide lactique et AT des vins finis



• **pH**

Il en va de même pour le pH : bien que les valeurs après mise en bouteille soient légèrement supérieures aux valeurs en fin de FA, les vins levurés avec *Lachancea thermotolerans* présentent systématiquement un pH inférieur aux vins témoins. Statistiquement, les conclusions sont identiques à celles présentées au point 3.2.2 page 24.

Ainsi, dans nos conditions d'expérimentation, par rapport aux vins témoins, le pH des vins ensemencés avec *Lachancea thermotolerans* est diminué en moyenne :

- De **0,34 unités** dans les vins levurés avec Level² Laktia (incertitude de mesure $\pm 0,1$)
- De **0,14 unités** dans les vins levurés avec Levulia Alcomeno

Les valeurs d'AT et de pH à la mise en bouteille confirment que la bio-acidification par *Lachancea thermotolerans* est stable au cours de la vinification, et n'est pas impactée par les précipitations tartriques.

Figure 22 : Mise en bouteille des vins finis



Les valeurs d'AV sur vins finis restent identiques à celles analysées en fin FA : les observations réalisées au point 3.2.2 sont toujours valables après mise en bouteille, et les conclusions statistiques sont identiques à celles présentées précédemment.

Il est à noter que, bien que la forme active du SO₂ apporté soit plus importante lorsque le pH est acide, dans nos conditions d'expérimentation il n'y a pas de différences statistiques de la proportion de SO₂ libre entre les modalités, et ce en dépit des différences de pH notées. De la même manière, il n'y a pas de différence dans la proportion d'acétaldéhyde (ACE) entre les vins.

Enfin, l'analyse statistique ne met en évidence aucune différence significative entre les modalités concernant les paramètres colorimétriques.

3.3.2. Comparaison d'une bio-acidification avec *Lachancea thermotolerans* par rapport à un vin témoin acidifié par ajout d'acide lactique

De l'acide L-lactique est ajouté en fin FA dans le cas de la modalité « Témoin + AL », vinifiée jusqu'à ce stade comme le vin témoin classique. Le choix de la dose d'acide à apporter est effectué en essayant de se rapprocher au maximum de celui qui pourrait être fait par un vinificateur souhaitant acidifier sa cuvée. Cette modalité n'ayant été mise en place qu'à partir du millésime 2022, seuls les millésimes 2022 et 2023 sont présentés dans cette partie.

Une dose de produit équivalent à 40,8 g/hl d'acide lactique a été apportée en 2022, et 55 g/hl en 2023.

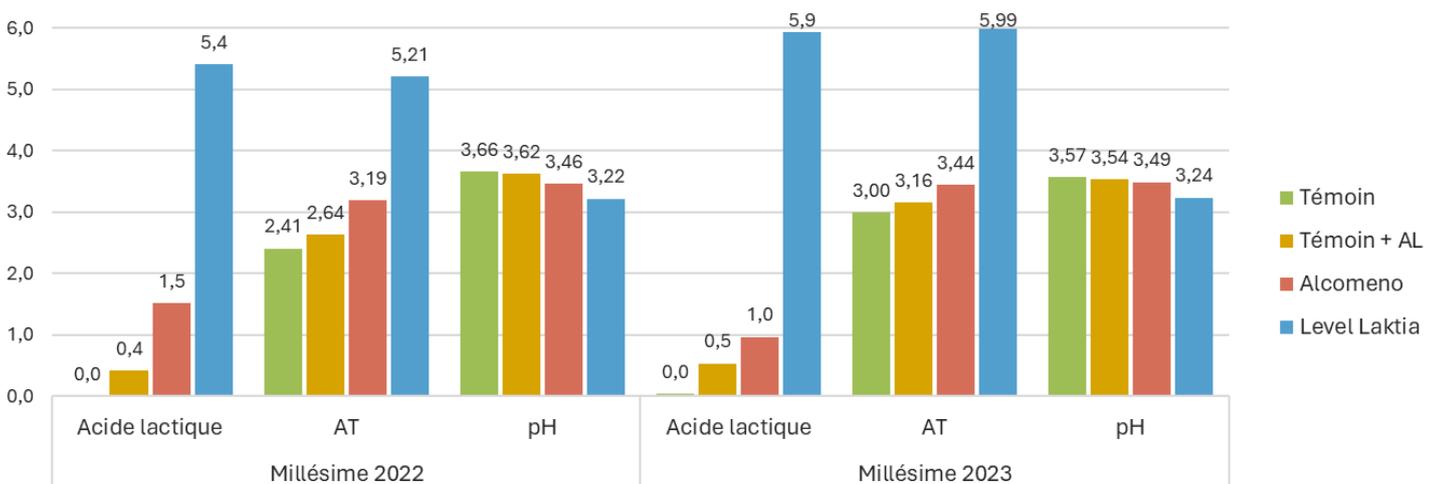
Cette acidification classique a eu un impact significatif (test t de Student) sur la teneur en AL du vin : après cet apport, 0,3 g/l d'AL est retrouvé dans le vin du millésime 2022 et 0,4 g/l dans le vin du millésime 2023. L'acide lactique apporté est donc bien retrouvé dans les vins de cette modalité, eu égard aux incertitudes de mesure du laboratoire. Une acidification classique permet de gagner en précision par rapport à une bio-acidification provoquée par *Lachancea thermotolerans*.

Cette acidification a également permis d'augmenter immédiatement l'AT de 0,23 g/l en 2022 et 0,15 g/l en 2023. Cette augmentation n'est néanmoins pas statistiquement significative. Le pH n'a, lui, pas été impacté.

Les précipitations tartriques et la filtration avant mise en bouteille ont légèrement influé sur les caractéristiques acides des vins. L'acide lactique n'est que peu impacté par ces opérations, ce qui confirme sa stabilité dans le cadre d'une acidification.

La Figure 23 présente la synthèse des valeurs d'AL, d'AT et de pH dans les vins des différentes modalités après leur mise en bouteille.

Figure 23 : Valeurs d'AL, d'AT et pH des différentes modalités après mise (millésimes 2022 et 2023)



La Figure 23 montre que, par rapport aux autres modalités, le vin témoin acidifié présente une teneur en acide lactique inférieure au vin de la modalité Alcomeno. Cette modalité présente donc les taux d'AL les plus faibles parmi l'ensemble des vins acidifiés.

L'AT de ce vin reste inférieure à celle des vins acidifiés avec *Lachancea thermotolerans*, mais se rapproche de celle du vin ensemencé avec Levulia Alcomeno.

Ce qu'il faut retenir des analyses physico-chimiques et colorimétriques des vins finis :

→ La bio-acidification par les levures *Lachancea thermotolerans* est assurée. La levure Level² Laktia influence de manière significative l'AT et le pH des vins.

→ En moyenne, dans nos conditions d'expérimentation, l'AT des vins ensemencés avec *Lachancea thermotolerans* est augmentée en moyenne :

- De **2,92 g/l H₂SO₄** dans les vins levurés avec Level² Laktia (incertitude de mesure ±0,25 g/l H₂SO₄)
- De **0,94 g/l H₂SO₄** dans les vins levurés avec Levulia Alcomeno

→ En moyenne, dans nos conditions d'expérimentation, le pH des vins ensemencés avec *Lachancea thermotolerans* est augmentée en moyenne :

- De **0,34 unités** dans les vins levurés avec Level² Laktia (incertitude de mesure ± 0,1)
- De **0,14 unités** dans les vins levurés avec Levulia Alcomeno

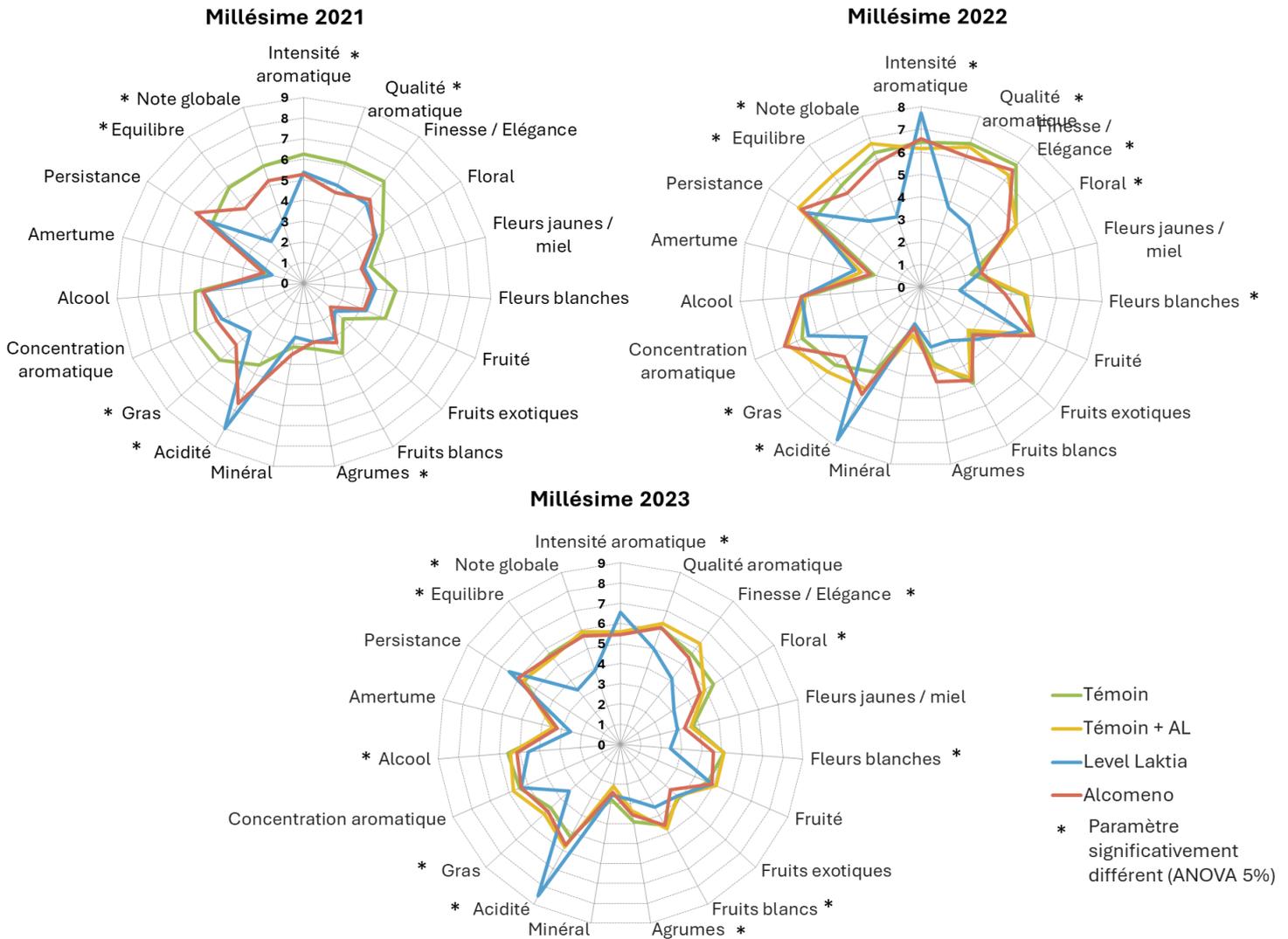
→ L'usage de l'acide lactique dans le cadre d'une acidification, qu'elle soit provoquée par l'ajout d'acide ou l'ensemencement levurien, est stable dans le temps en dépit des variations de température (précipitations tartriques)

→ L'ajout direct d'acide lactique est plus précis que la bio-acidification par *Lachancea thermotolerans*, dont le rendement de l'acidification varie énormément selon la souche utilisée.

→ Il n'y a pas d'influence de l'acidification sur les paramètres colorimétriques des vins finis.

3.4. Dégustations comparatives sur vins finis

Figure 24 : Graphiques radars des dégustations comparatives des trois vins pour chacun des trois millésimes



Les tests statistiques menés sur les résultats de l'analyse sensorielle des vins mettent en évidence une influence significative de l'itinéraire de vinification sur le profil organoleptique des vins finis. La synthèse de ces données est présentée dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Synthèse de l'analyse statistique des résultats de l'analyse sensorielle
Deux modalités ne partageant aucune lettre en commun sont significativement différentes sur le paramètre évalué (risque α de 5 %)

Millésime 2021				Millésime 2022					Millésime 2023				
Paramètre	Témoin	Alcomeno	Level Laktia	Paramètre	Témoin	Témoin + AL	Alcomeno	Level Laktia	Paramètre	Témoin	Témoin + AL	Alcomeno	Level Laktia
Teinte	2,8	2,8	2,8	Teinte	3,3	3,3	3,3	3,3	Teinte	3,2	3,2	3,2	3,2
Intensité colorante	2,9	3,0	2,9	Intensité colorante	3,3	3,3	3,3	3,3	Intensité colorante	4,0	3,4	4,2	4,1
Intensité aromatique *	6,3 ^a	5,3 ^b	5,4 ^b	Intensité aromatique *	6,4 ^{cb}	6,1 ^c	6,6 ^{cb}	7,7 ^a	Intensité aromatique *	5,6 ^b	5,6 ^b	5,4 ^b	6,6 ^a
Qualité aromatique *	6,1 ^a	4,6 ^b	5,0 ^b	Qualité aromatique *	6,7 ^a	6,6 ^a	6,1 ^a	3,7 ^b	Qualité aromatique	6,1	6,3	6,1	5,0
Finesse / Élégance	6,3	5,1	4,9	Finesse / Élégance *	6,9 ^a	6,3 ^a	6,6 ^a	3,4 ^b	Finesse / Élégance *	5,7 ^a	6,3 ^a	5,4 ^a	4,1 ^b
Floral	4,5	4,0	4,1	Floral *	5,0 ^a	5,0 ^a	4,6 ^a	2,9 ^b	Floral *	5,4 ^a	4,9 ^{ab}	4,7 ^b	3,1 ^c
Fleurs jaunes / miel	3,3	2,9	3,0	Fleurs jaunes / miel	2,3	2,6	2,7	2,7	Fleurs jaunes / miel	3,7	3,6	3,2	2,9
Fleurs blanches	4,4	3,3	3,4	Fleurs blanches *	4,6 ^a	4,7 ^a	3,7 ^a	1,7 ^b	Fleurs blanches *	5,1 ^a	5,1 ^a	4,6 ^a	2,4 ^b
Fruité	4,3	3,1	3,3	Fruité	5,4	5,3	5,4	4,9	Fruité	4,7	5,1	4,9	4,9
Fruits exotiques	2,6	1,7	2,0	Fruits exotiques	3,0	2,9	3,1	3,4	Fruits exotiques	3,9	3,8	3,3	3,8
Fruits blancs	3,9	3,3	3,0	Fruits blancs	4,9	4,6	4,7	2,7	Fruits blancs *	4,6 ^a	4,8 ^a	4,6 ^a	3,6 ^b
Agrumes *	3,3 ^a	2,9 ^b	2,9 ^b	Agrumes	3,4	3,6	4,3	2,7	Agrumes *	3,9 ^a	3,3 ^{ab}	3,6 ^a	2,8 ^b
Minéral	3,1	3,5	2,7	Minéral	1,8	2,2	1,8	1,7	Minéral	2,8	2,1	2,4	2,6
Acidité *	4,5 ^c	6,6 ^b	8,0 ^a	Acidité *	4,3 ^c	5,1 ^b	5,4 ^b	7,7 ^a	Acidité *	5,2 ^b	5,8 ^b	5,7 ^b	8,6 ^a
Gras *	5,5 ^a	4,4 ^b	3,5 ^c	Gras *	5,1 ^a	5,6 ^a	4,6 ^a	3,3 ^b	Gras *	4,7	5,1	4,9	3,4
Concentration aromatique	5,7	4,6	4,3	Concentration aromatique	5,7	6,4	6,6	5,4	Concentration aromatique	5,4	5,8	5,3	5,3
Alcool	5,3	4,9	4,9	Alcool	5,1	5,1	5,3	5,3	Alcool *	5,6 ^a	5,4 ^{ab}	5,1 ^{ab}	4,6 ^b
Amertume	1,9	2,0	1,6	Amertume	2,1	2,7	2,3	3,0	Amertume	3,2	3,4	3,2	2,6
Persistance	5,3	6,2	5,5	Persistance	5,6	6,4	6,3	6,0	Persistance	5,7	5,8	6,0	6,6
Equilibre *	5,9 ^a	4,6 ^a	2,6 ^b	Equilibre*	5,7 ^{ab}	6,3 ^a	5,3 ^b	3,7 ^c	Equilibre*	5,7 ^a	5,4 ^a	5,6 ^a	3,4 ^b
Note globale *	6,0 ^a	5,3 ^a	3,1 ^b	Note globale *	6,3 ^a	6,7 ^a	5,9 ^a	3,3 ^b	Note globale *	5,8 ^a	5,9 ^a	5,7 ^a	3,9 ^b

3.4.1. Dégustation des trois vins selon la souche de levure utilisée

- **Paramètres visuels :**

Il n'y a pas de différence entre les vins concernant les paramètres visuels (robe et intensité colorante).

- **Paramètres olfactifs :**

- **Level² Laktia**

D'un point de vue aromatique, le vin de cette modalité présente systématiquement une qualité aromatique/finesse statistiquement inférieure à celle du témoin. Si cette différence est légère en 2021, elle est particulièrement marquée en 2022 et présente en 2023, où le vin de cette modalité présentait un nez particulier avec des notes de bourgeon de cassis, voire « pipi de chat », et d'acétate d'éthyle très marquées.

- **Levulia Alcomeno**

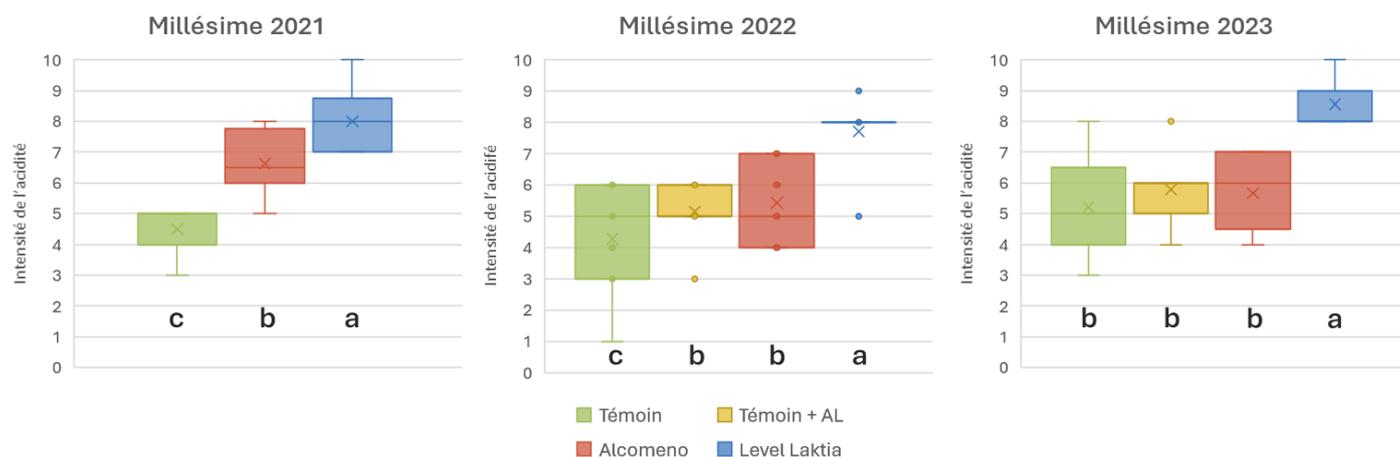
Le vin de la modalité Alcomeno présentait une qualité aromatique inférieure au vin témoin en 2021, mais aucune différence statistique en 2022 et 2023.

Ainsi, la bio-acidification par *Lachancea thermotolerans* peut influencer le profil aromatique des vins. Cet impact est plus ou moins marqué selon la souche de levure utilisée et semble d'autant plus fort que l'activité de levure est importante lors de la FA.

- **Paramètres gustatifs :**

Quel que soit le millésime, il existe une différence statistique entre les modalités concernant la notation de l'acidité.

Tableau 10 : Boxplots de la notation du paramètre "acidité" pour les trois millésimes



→ Level² Laktia

Le vin de la modalité Level Laktia est systématiquement perçu comme le plus acide, en accord avec les données physico-chimiques.

Cette notation impacte également les descripteurs « gras », « équilibre et « note globale ». Le vin de la modalité Level Laktia est systématiquement jugé « déséquilibré » : c'est un bon candidat à l'assemblage, mais qui ne peut être dégusté en l'état. Ce point est à prendre en compte dans le choix de la souche de levure.

→ Levulia Alcomeno

Le vin de la modalité Alcomeno présente une acidité intermédiaire, plus acide que le vin témoin pour les millésimes 2021 et 2022.

En revanche, il n'est jamais statistiquement différent du vin témoin concernant l'équilibre et la note globale. Cela signifie que la bio-acidification par Levulia Alcomeno, dans nos conditions d'expérimentation, permet d'augmenter significativement la perception de l'acidité sans pour autant déséquilibrer le vin ni influencer négativement sa note globale.

Ainsi, les différences physico-chimiques induites par *Lachancea thermotolerans* se retrouvent lors de l'analyse sensorielle.

Figure 25 : Dégustation des vins du millésime 2023 (à gauche) et 2022 (à droite)

A gauche : Caroline DE PERETTI (responsable Qualité du Laboratoire COFRAC) et Damien ZANARDO (gestionnaire de l'exploitation viticole du CRVI)



3.4.2. Dégustation de deux vins acidifiés avec de l'acide lactique en fonction de la méthode d'acidification

Le vin témoin acidifié présente un profil organoleptique plutôt similaire au vin témoin non acidifié. La seule différence statistique concerne le millésime 2022, où il a été perçu comme significativement plus acide que le vin témoin, conformément au bulletin d'analyses physico-chimiques.

Ce vin témoin acidifié présente également un profil organoleptique plutôt similaire au vin de la modalité Alcomeno. Ainsi, ces deux modalités ne diffèrent qu'en 2022, où l'équilibre du vin « témoin + AL » est préféré, en dépit d'une notation similaire sur le descripteur « acidité ». Chaque année, la note globale de ces deux modalités est très similaire.

3.4.3. Observations et perspectives quant à la perception de l'acidité par les dégustateurs

Il est à noter qu'en dépit d'une AT très faible et d'un pH élevé pour les trois millésimes, selon plusieurs dégustateurs le vin témoin n'est pas jugé plat, mou ou manquant d'acidité. Le vin témoin acidifié n'est lui-même jamais significativement différencié du vin témoin lors de l'analyse sensorielle concernant la notation de l'équilibre et de l'appréciation générale du vin.

Ces observations soulèvent plusieurs points :

- L'excès d'acidité semble être jugé plus sévèrement que le manque d'acidité. En effet, si un « excès » d'acidité observé sur un bulletin d'analyses physico-chimiques est rapidement relevé lors de l'analyse sensorielle, un manque d'acidité n'est pas, dans nos conditions d'expérimentation, systématiquement perçu à la dégustation.
- La correction de l'acidité serait donc davantage effectuée pour assurer une sécurité et une stabilité microbiologique plutôt que pour corriger un réel déséquilibre gustatif. Ce point est intéressant à souligner car, dans nos conditions d'expérimentation, nous n'observons pas de différence significative, ni même de tendance, entre l'acidité (AT, pH, AL) et les paramètres physico-chimiques classiques indicateurs de la stabilité du vin (SO₂ libre, SO₂ total, acétaldéhyde).

Des analyses microbiologiques et une étude à plus long terme (conservation du vin) seraient nécessaires pour pouvoir conclure sur ce point.

Ce qu'il faut retenir de l'analyse sensorielle :

La bioacidification par *Lachancea thermotolerans* impacte le profil organoleptique des vins fins :

- Les différences physico-chimiques concernant les paramètres acides se retrouvent à la dégustation sur la notation des paramètres « acidité » et « gras ».
- Le vin de la modalité Alcomeno est jugé plus acide que le vin témoin, sans que cela n'influe négativement sur son équilibre et sa note globale.
- Le vin de la modalité Alcomeno présente un profil organoleptique très similaire au vin témoin acidifié : il n'y a pas de modification organoleptique majeure lorsque le vin est levuré avec *Levulia Alcomeno*. Ainsi, la bio-acidification avec *Levulia Alcomeno* permet, dans nos conditions d'expérimentation, d'obtenir des vins similaires à ce que pourrait chercher un vinificateur souhaitant acidifier sa cuve par ajout d'acide lactique.

CONCLUSION

Les souches de levure sélectionnées dans le cadre de cet essai ont assuré leur rôle d'acidification des vins par production d'acide lactique au cours de la fermentation alcoolique.

- L'emploi des levures *Lachancea thermotolerans* n'a pas eu d'incidence sur la rapidité et l'efficacité de la fermentation alcoolique.
- Il existe un temps de latence entre le début de la fermentation alcoolique (diminution de la densité) et le début de la production d'acide lactique par les levures. De la même manière, il existe un temps de latence entre le second ensemencement par *Saccharomyces cerevisiae* et l'arrêt de la production d'acide lactique par *Lachancea thermotolerans*.
- La production d'acide lactique par les levures *Lachancea thermotolerans* influe sur le bulletin d'analyses physico-chimiques des vins et entraîne :
 - Une augmentation de l'acidité volatile au cours de la fermentation alcoolique, proportionnellement à la production d'acide lactique. Les taux restent néanmoins faibles, sans danger pour la qualité sanitaire des vins.
 - Une augmentation de l'acidité totale et une diminution du pH des vins, paramètres témoins de l'acidification du milieu
 - Une tendance à une légère diminution du TAV, due à la consommation des sucres par les levures pour la production d'acide lactique
- Les deux souches de levure présentent des comportements distincts :
 - Level² Laktia est une souche très productrice d'acide lactique, son utilisation lors de la vinification permet d'obtenir rapidement des vins acides, déséquilibrés en l'état, mais bons candidats à l'assemblage. Cette souche est plus adaptée à la réalisation d'une cuve « thérapeutique », destinée à l'acidification d'une ou plusieurs cuvées, ou à l'emploi dans des conditions plus « contraignantes » pour les *Lachancea thermotolerans*. Elle n'est pas neutre vis-à-vis du profil aromatique des vins : des notes marquées de bourgeon de cassis et d'acétate d'éthyle peuvent pénaliser en partie leur qualité aromatique.
 - Levulia Alcomeno est une souche dont la production d'acide lactique est plus mesurée. Ainsi, les vins vinifiés avec cette levure sont jugés plus acides que les vins témoins, sans que cela n'influe négativement la notation de leur équilibre ou leur appréciation globale. L'utilisation de cette souche n'entraîne pas de modification organoleptique majeure, les vins obtenus présentent un profil organoleptique similaire aux vins témoins acidifiés par ajout d'acide lactique.

Ainsi, selon les objectifs du vinificateur, le choix de la souche de *Lachancea thermotolerans* est déterminant. A cet effet, un essai nommé « Bio-gestion de l'acidité : utilisation de micro-organismes pour atténuer les carences des vins engendrées par le changement climatique » a été mis en place au CRVI de Corse, dans lequel sont testées cinq souches différentes de *Lachancea thermotolerans* parmi les dix actuellement proposées sur le marché.

Cet essai (2024 - 2027) vise à évaluer la variabilité comportementale des souches de levures « acidifiantes » disponibles. Il permettra, à terme, de donner des « clés » aux producteurs afin de choisir les micro-organismes les plus adaptés aux profils de vins qu'ils souhaitent élaborer dans les conditions du vignoble corse.

BIBLIOGRAPHIE

- Amerine, M. A., Roessler, E. B., Ough, C. S. 1965. Acids and the acid taste. I. The effect of pH titrable acidity. *American Journal of Enology and viticulture*. Vol. 16, no.1, pp.29-37.
- Balikci, E. K., Tanguler, H., Jolly, N. P., Erten, H. 2016. Influence of *Lachancea thermotolerans* on cv. Emir wine fermentation. *Yeast*. Vol. 33, no. 7, pp. 313-321.
- Banilas, G., Sgouros, G., Nisiotou, A. 2016. Development of microsatellite markers for *Lachancea thermotolerans* typing and population structure of wine-associated isolates. *Microbiological Research*. Vol. 193, pp. 1-10.
- Benito, Á., Calderón, F., Palomero, F., Benito, S. 2015. Combine use of sselected *Schizosaccharomyces pombe* and *Lachancea thermotolerans* yeast strains as an alternative to the traditional malolactic fermentation in red wine production. *Molecules*. Vol. 20, no. 6, pp. 9510-9523.
- Benito, Á., Calderón, F., Benito, S. 2016. Combined use of *S. pombe* and *L. thermotolerans* in winemaking. Beneficial effects determined through the study of wines' analytical characteristics. *Molecules*. Vol. 21, no. 12, pp. 1744.
- Benito, Á., Calderón, F., Benito, S. 2017. The combined use of *Schizosaccharomyces pombe* and *Lachancea thermotolerans* - Effect on the anthocyanin wine composition. Vol. 22, no. 5, pp. 739.
- Blanco, P., Rabuñal, E., Neira, N., Castrillo, D. 2020. Dynamic of *Lachancea thermotolerans* population in monoculture and mixed fermentations: impact on wine characteristics. *Beverages*. Vol. 6, no. 2, pp. 36.
- Brouillard, R., Delaporte, B., Dubois J. E. 1978. Chemistry of anthocyanin pigments. 3. Relaxation amplitudes in pH-jump experiments. *Journal of the American Chemical Society*. Vol. 100, pp. 6202-6205.
- Comuzzo, P., & Battistutta, F. 2019. Acidification and pH control in red wines. In *Red wine technology* (pp. 17-34). Academic Press.
- Dutraive, O., Benito, S., Fritsch, S., Beisert, B., Patz, C.-D., Rauhut, D. 2019. Effect of Sequential Inoculation with Non-*Saccharomyces* and *Saccharomyces* Yeasts on Riesling Wine Chemical Composition. *Fermentation*. Vol. 5, no. 3, pp. 79.
- Hartwig, P., MacDaniel, M. R. 1995. Flavor characteristics of lactic, malic, citric and acetic acids at various pH levels. *Journal of Food Science*. Vol. 60, no. 2, pp. 388.
- Hranilovic, A., Gambetta, J.M., Schmidtke, L., Boss, P.K., Grbin, P.R., Masneuf-Pomarede, I., Bely, M., Albertin, W., Jiranek, V. 2018. Oenological traits of *Lachancea thermotolerans* show signs of domestication and allopatric differentiation. *Scientific Reports*. Vol. 8, no. 1, pp. 14812.
- Hranilovic, A., Albertin, W., Capone, D. L., Gallo, A., Grbin, P. R., Danner, L., Jiranek, V. 2021. Impact of *Lachancea thermotolerans* on chemical composition and sensory profiles of Merlot wines. *Food chemistry*. Vol. 349, 129015.
- Hranilovic, A., Albertin, W., Capone, D. L., Gallo, A., Grbin, P. R., Danner, L., Bastian, S. E. P., Masneuf-Pomarede, I., Coulon, J., Bely, M., Jiranek, V. 2022. Impact of *Lachancea thermotolerans* on Chemical Composition and Sensory Profiles of Viognier Wines. *Journal of Fungi*. Vol. 8, no. 5, pp. 474.

- Kapsopoulou, K., Kapaklis, A., Spyropoulos, H. 2005. Growth and Fermentation Characteristics of a Strain of the Wine Yeast *Kluyveromyces thermotolerans* Isolated in Greece. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. Vol. 21, no. 8-9, pp. 1599-1602.
- Kapsopoulou, K., Mourtzini, A., Anthoulas, M. Nerantzis, E., 2007. Biological acidification during grape must fermentation using mixed cultures of *Kluyveromyces thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. Vol. 23, no. 5, pp. 735-739.
- Pangborn, R. M. 1936. Relative taste intensities of selected sugars and organic acids. *Journal of Food Science*. Vol. 28, no. 20, pp. 726-733.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A., Dubourdieu, D. 2020. *Traité d'œnologie - Tome 2 - Chimie du vin. Stabilisation et traitements* (7e éd.). Dunod.
- Romani, C., Lencioni, L., Biondi Bartolini, A., Ciani, M., Mannazzu, I., Domizio, P. 2020. Pilot scale fermentations of Sangiovese: an overview on the impact of *Saccharomyces* and Non-*Saccharomyces* wine yeasts. *Fermentation*. Vol. 6, no. 3, 63.
- Sgouros, G., Mallouchos, A., Filippousi, M.E., Banilas, G., Nisiotou, A. 2020. Molecular characterization and enological potential of a high lactic acid-producing *Lachancea thermotolerans* vineyard strain. *Foods*. Vol. 9, no. 5, pp. 595.
- Vaquero, C., Loira, I., Bañuelos, M. A., Heras, J. M., Cuerda, R., Morata, A. 2020. Industrial performance of several *Lachancea thermotolerans* strains for pH control in white wines from warm areas. *Microorganisms*. Vol. 8, no. 6, pp. 830.
- Vaquero, C., Izquierdo-Cañas, P. M., Mena-Morales, A., Marchante-Cuevas, L., Heras, J. M., Morata, A. 202). Use of *Lachancea thermotolerans* for biological vs. chemical acidification at pilot-scale in white wines from warm areas. *Fermentation*. Vol. 7, no. 3, pp. 193.
- Vicente, J., Navascués, E., Calderón, F., Santos, A., Marquina, D., Benito, S. 2021. An integrative view of the role of *Lachancea thermotolerans* in wine technology. *Foods*. Vol. 10, pp. 2878.
- Vicente, J., Kelanne, N., Rodrigo-Burgos, L., Navascués, E., Calderón, F., Santos, A., Marquina, D., Yang, B., Benito, S. 2023. Influence of different *Lachancea thermotolerans* strains in the wine profile in the era of climate challenge. *FEMS Yeast Research*. Vol. 23.

Travaux subventionnés par FranceAgriMer

Directrice Générale : Nathalie USCIDDA

Directeur du Pôle Végétal : Gilles SALVA

oooo

Fanny ANDRE, ingénieure agronome et œnologue en charge des programmes œnologiques, responsable des mini-vinifications

Gabrielle CICCOLINI, ingénieure en charge de la gestion du matériel végétal, membre du CTPS (section vigne)

Caroline BRIGATO DE PERETTI, Responsable Qualité du Laboratoire COFRAC

Amélie LAMBERT, chargée de mission des programmes en lien avec le changement climatique, animatrice du programme Vitilience, gestionnaire du démonstrateur Viticors'alti

Ange Pierre MICHELANGELI, Responsable technique du laboratoire COFRAC

Florence RAFFINI, Agent de support technique

Damien ZANARDO, gestionnaire de l'exploitation viticole du CRVI/ Technicien, en charge du domaine expérimental et travail du chai

oooooooooooooooo

Présidente : Josée VANUCCI-COULOUMERE

Directrice de la publication : Nathalie USCIDDA

Toute reproduction, même partielle, est soumise à l'autorisation écrite du CRVI DE CORSE