



Centre de Recherche
Viticole de Corse

—
CENTRU DI RICERCA
VITICULA DI CORSICA



FranceAgriMer

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

Vinification de raisins de Vermentinu impactés par le changement climatique :

Influence de levures à fort potentiel fermentaire sur la fermentation alcoolique 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 A FORT POTENTIEL FERMENTAIRE ».....	6
1. Présentation de l’essai.....	7
2. Matériels et méthodes	7
2.1. Choix des souches à tester	7
2.2. Itinéraire de vinification.....	8
2.3. Analyses physico-chimiques.....	10
2.4. Analyse sensorielle.....	11
2.5. Analyses statistiques	13
3. Résultats.....	13
3.1. Analyses physico-chimiques classiques des raisins et des moûts	13
3.2. Déroulements des fermentations alcooliques	16
3.2.1. Durée de la fermentation alcoolique	16
3.2.2. Efficacité des souches dans la consommation des sucres	20
3.2.3. Caractéristiques physico-chimiques en fin de fermentation alcoo-lique.....	21
3.3. Analyses physico-chimiques et colorimétriques des vins finis	24
3.4. Dégustations comparatives sur vins finis	27
CONCLUSION.....	30

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales caractéristiques techniques des levures sélectionnées pour l'essai	7
Tableau 2 : Contrôles de maturité des raisins à destination de l'essai	13
Tableau 3 : Analyses physico-chimiques des moûts	15
Tableau 4 : Durées des fermentations alcooliques pour les quatre modalités	18
Tableau 5 : Classement des levures en fonction de la durée de fermentation alcoolique	18
Tableau 6 : Analyses physico-chimiques des vins en fin de fermentation alcoolique	21
Tableau 7 : Analyses physico-chimiques des vins finis	24
Tableau 8 : Analyses colorimétriques des vins finis	26

Liste des figures

Figure 1 : Schéma de vinification de l'essai "Levures à fort potentiel fermentaire "	9
Figure 2 : Elevage des vins en fûts inox de 25 L	10
Figure 3 : Dégustation des quatre modalités en comparaison	11
Figure 4 : Anonymisation des échantillons lors de la dégustation	12
Figure 5 : Nuancier utilisé lors des dégustations pour l'évaluation du paramètre "teinte"	12
Figure 6 : Vendanges des raisins à destination de l'essai	14
Figure 7 : Pressurage des raisins à destination de l'essai	14
Figure 8 : Débourage des modalités dans des bonbonnes en verres de 34 L (à gauche) puis levurage de chaque modalité avec la souche de levure correspondante (à droite)	16
Figure 9 : Mesure de la densité au cours de la fermentation alcoolique	16
Figure 10 : Evolution de la masse volumique des différentes modalités pendant la FA	17
Figure 11 : Dosage des sucres fermentescibles (glucose et fructose) en fin de fermentation alcoolique	19
Figure 12 : Teneurs en sucres des vins finis	20
Figure 13 : Teneurs en acide malique des vins en fin de fermentation alcoolique	22
Figure 14 : Teneurs en glucose/fructose et en acidité volatile des vins en fin FA	22
Figure 15 : Corrélation entre la teneur en G/F et les teneurs en AV	23
Figure 16 : Les essais du millésime 2023 après fermentation alcoolique	23
Figure 17 : AT des différentes modalités sur moût et après mise en bouteille	24
Figure 18 : TAV à la mise en bouteille des vins des différentes modalités	25
Figure 19 : Les échantillons après mise en bouteille sont conservés à 15°C	25
Figure 20 : Graphiques radars des dégustations comparatives des quatre vins	27
Figure 21 : Boxplots des paramètres organoleptiques pour lesquels il existe une différence statistiquement significative (ANOVA 5%)	28
Figure 22 : Dégustation des vins du millésime 2023	29

Glossaire

ACE : Acétaldéhyde

AM : Acide Malique

AT : Acidité Totale

AV : Acidité volatile

CRVI : Centre de Recherche Viticole

FA : Fermentation Alcoolique

G/F : Glucose/Fructose

IC : Intensité Colorante

NA : Non Analysé

N_{ass} : Azote assimilable

TAP : Titre Alcoométrique Potentiel

INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ACTION « LEVURES A FORT POTENTIEL FERMENTAIRE »

Le changement climatique induit 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 augmentation de la teneur en sucres – et donc de l'alcool potentiel.

En conséquence, le milieu devient de plus en plus contraignant pour les levures, de fortes teneurs en alcool pouvant entraîner un ralentissement voire un arrêt de la fermentation alcoolique. Les risques de déviations analytiques et organoleptiques sont alors prégnants car les sucres résiduels peuvent servir de nutriments à d'autres micro-organismes nuisibles.

Compte tenu de ces éléments, l'utilisation de souches de levure à fort potentiel fermentaire (tolérance à de fortes teneurs en alcool) 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 quatre souches de levures *Saccharomyces cerevisiae* parmi les plus « robustes » du marché. L'essai a été conduit sur des moûts issus de raisins de Vermentinu (cépage blanc principal des appellations de Corse) présentant une forte teneur en sucres, conditions limitantes au bon déroulement de la fermentation alcoolique

1. Présentation de l'essai

Quatre souches de levures, préalablement sélectionnées pour leur tolérance à l'alcool, sont testées.

L'objectif majeur est de faciliter le choix du vinificateur parmi les souches de levures disponibles sur le marché afin d'obtenir plus rapidement des vins blancs de Vermentinu stables et francs dans le respect de leur typicité.

Pour se faire, la fermentation alcoolique (FA) de vins blancs issus de vendanges de Vermentinu impactées par le changement climatique (caractéristiques limitantes en termes de sucres – et donc d'alcool) est étudiée. Une fermentation franche permet de limiter les coûts énergétiques liés à la conduite de fermentations difficiles et d'augmenter la marge de manœuvre du vigneron pour respecter ses délais de mise en marché.

De la même manière, l'impact des levures sélectionnées sur l'expression aromatique des vins blancs de Vermentinu sera évalué, l'idée étant de préserver la qualité sanitaire et organoleptique du vin en évitant les risques de déviations dus aux fermentations languissantes ou aux sucres résiduels.

2. Matériels et méthodes

Le dispositif expérimental est détaillé à la Figure 1 en page 9.

Le banc d'essai « levures à fort potentiel fermentaire » a été mis en place au Centre de Recherche Viticole de Corse (2021 - 2023). Le vin de base est issu de la variété Vermentinu, cépage emblématique de Corse et cépage blanc principal des différentes appellations de l'île.

2.1. Choix des souches à tester

Dans ce banc d'essai, quatre levures de souche *Saccharomyces cerevisiae* sont testées pour réaliser la fermentation alcoolique sur moûts de Vermentinu (Tableau 1).

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

Levure	Tolérance à l'éthanol	T°C	Production d'acidité volatile	Phase de latence	Autre particularité de la souche
Levuline CHP	15,5 % vol.	10 - 30°C	Faible	Moyenne	
IOC Be Thiols	15 % vol.	13 - 25°C	Faible	Courte	Orientation sur la production d'arômes thiolés
LallFerm Bio	16 % vol.	14 - 28°C	Faible	Courte à moyenne	Utilisable en Agriculture Biologique
Lalvin QA23	16 % vol.	14 - 28°C	Faible	Moyenne	Souche fructophile

Ces levures ont été sélectionnées pour leur haute tolérance à l'alcool. Les souches LallFerm Bio et Lalvin QA23 seraient les plus robustes, avec une tolérance jusqu'à 16% vol. d'éthanol.

La souche Levuline CHP présente la gamme de température la plus large. Ces levures présentent également une phase de latence courte à moyenne et une faible production d'acidité volatile (AV), critère primordial pour la sécurité sanitaire des vins.

Enfin, d'autres caractéristiques techniques particulières sont à noter :

- La levure Be Thiols, issue d'un processus innovant de sélection de levures, aide à la révélation d'arôme thiolés, particularité intéressante compte tenu de la richesse du Vermentinu en thiols variétaux.
- La souche LallFerm Bio est utilisable en Agriculture Biologique.
- La levure Lalvin QA23 est une souche fructophile. Dans le cadre d'une fermentation alcoolique classique, le glucose est consommé plus rapidement que le fructose, un faible ratio glucose/fructose favorisant les fermentations languissantes. Ainsi, un fort indice de fructophilie de la levure peut aider à fiabiliser la FA.

2.2. Itinéraire de vinification

Le schéma de vinification de l'essai est disponible en Figure 1.

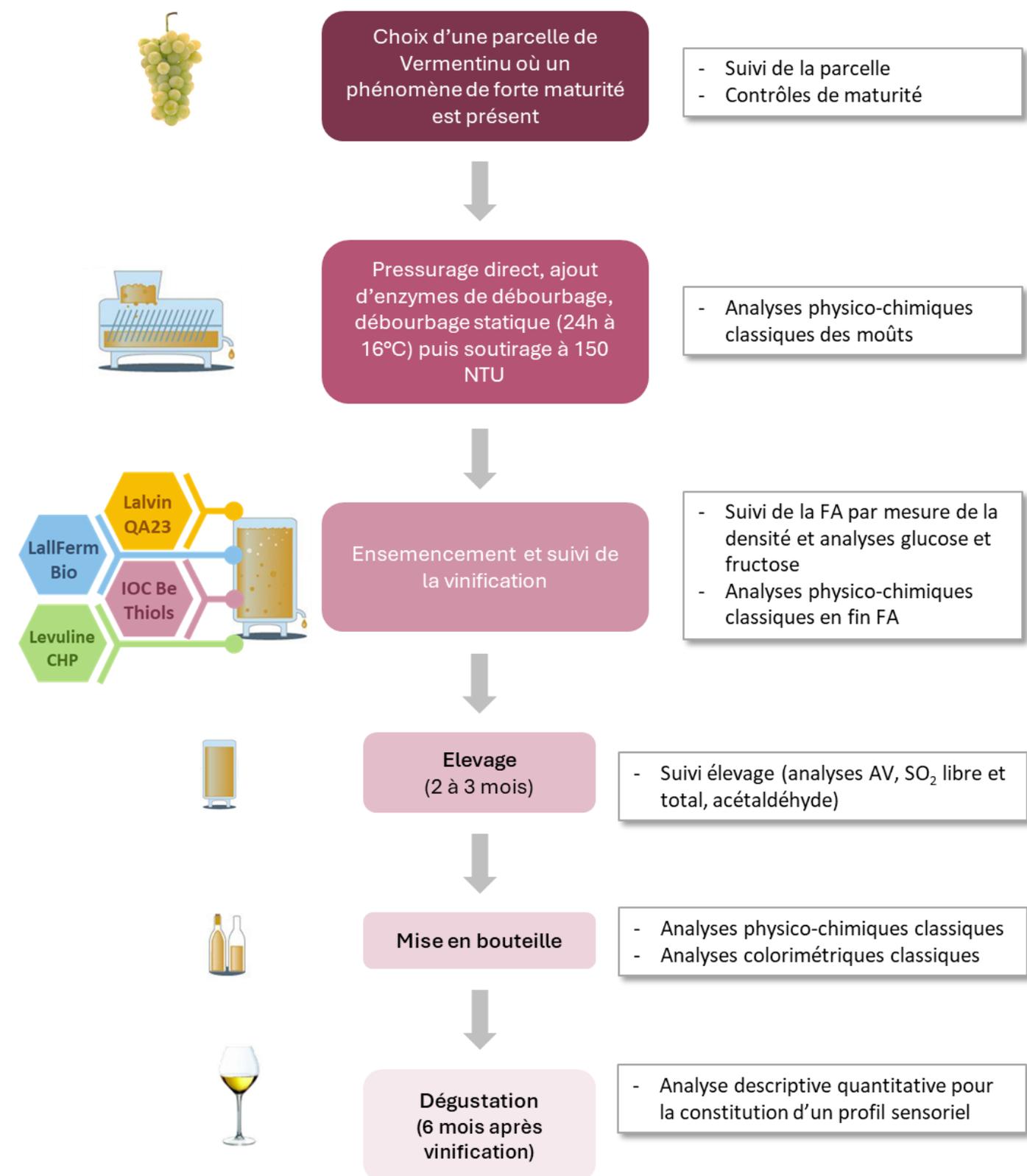
Les raisins sont issus d'une parcelle de vigne expérimentale sur laquelle un phénomène de surmaturité des raisins est avéré. Lorsqu'une maturité suffisante au regard des objectifs de l'expérimentation est atteinte, les vendanges sont déclenchées et réalisées manuellement. Un tri à la parcelle est effectué de manière à ne vendanger que de raisins présentant une très bonne qualité sanitaire.

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 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 (4 g/hl maximum) pour ne pas nuire à la réalisation des FA qui vont suivre. Après un débourbage statique (24h à 16°C), le jus est soutiré dans quatre bonbonnes en verre de 34 L, de manière à obtenir un moût dont la turbidité est de 150 NTU environ pour chaque modalité.

Les moûts sontensemencés à hauteur de 25 g/hl avec la souche de levure correspondant à chaque modalité. Une complémentation en azote (azote organique et éventuellement azote minéral) est effectuée en fonction de la carence initiale du moût selon le millésime. De la bentonite est également ajoutée au moût à hauteur de 30 g/hl. Ces apports sont identiques pour les quatre cuves.

Un suivi régulier de la fermentation alcoolique 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.

Figure 1 : Schéma de vinification de l'essai "Levures à fort potentiel fermentaire "



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

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

Lorsque la masse volumique d'une cuve avoisine 1000 g/l, 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. Dans le cas particulier où la concentration en sucres ne diminue plus au cours du temps, la fermentation alcoolique est considérée comme achevée, même si le seuil des 1 g/l de sucres n'est pas atteint.

A ce moment, le vin est sulfité et soutiré dans un fût inox hermétique de 25 L où il bénéficie d'un élevage de deux à trois mois avant d'être filtré (0,5 µm) puis mis en bouteille.

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

Figure 2 : Elevage des vins en fûts inox de 25 L



2.3. 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, azote assimilable, masse volumique, turbidité) sont réalisés lors de

l'encuvage. Par la suite, la FA est suivie par mesure régulière de la masse volumique (trois à cinq fois par semaine). 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, G/F) sont effectués.

- 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) et colorimétriques (teinte, intensité colorante, composantes jaune, rouge et bleue) sont analysés par le laboratoire COFRAC du CRVI.

2.4. Analyse sensorielle

Pour chaque millésime, les vins des quatre modalités sont dégustés en comparaison (Figure 3). Les dégustations ont lieu environ trois mois après leur mise en bouteille. Le jury de dégustation est composé de 6 à 8 sujets experts.

Figure 3 : 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 4). Le codage des vins est automatiquement réalisé par le logiciel TASTEL, attribuant à chaque bouteille un numéro aléatoire entre 1 et 999.

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.

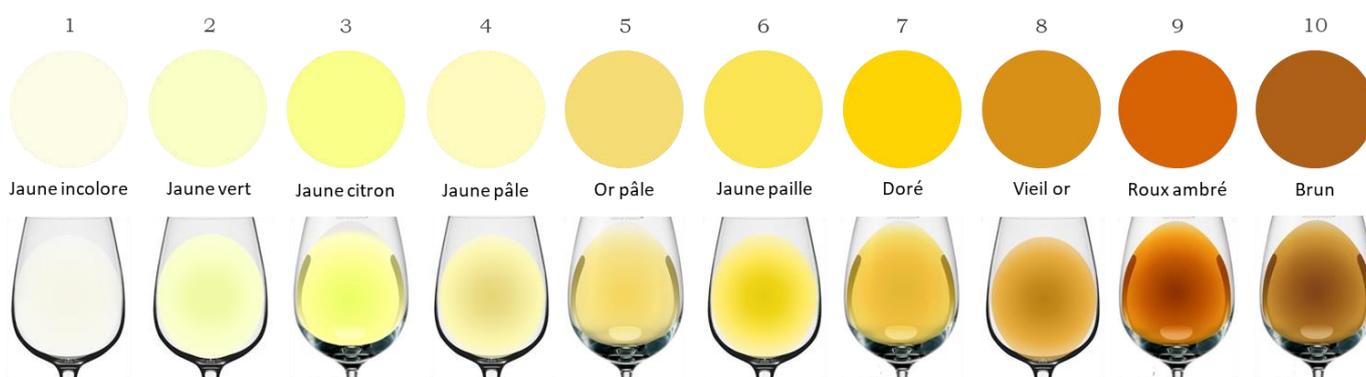
Figure 4 : Anonymisation des échantillons lors de la dégustation



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).

Pour la teinte, le chiffre indiqué par le jury de dégustation correspond à une référence sur un nuancier fourni durant la dégustation (Figure 5).

Figure 5 : Nuancier utilisé lors des dégustations pour l'évaluation du paramètre "teinte"



2.5. 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 (intervalle de confiance à 95 %) est effectuée.

Sur les données évaluées à un seul stade (mesure unique : durée de FA, paramètres colorimétriques), une ANOVA (intervalle de confiance à 95 %) 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 quatre vins, pour chaque millésime une ANOVA à 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 limitantes en termes de TAP (Tableau 2). Les raisins sont alors vendangés (Figure 6) puis directement pressés (Figure 7).

Tableau 2 : Contrôles de maturité des raisins à destination de l'essai

Millésime	Date de récolte	Etat sanitaire	TAP % vol.	AT g/L H ₂ HO ₄	pH	AM g/L
2021	27/09/2021	Sain	14,8	2,93	3,62	NA
2022	19/09/2022	Sain	14,8	3,45	3,48	0,7
2023	12/09/2023	Sain	14,7	3,50	3,62	1,6

NA : Non Analysé

Figure 6 : Vendanges des raisins à destination de l'essai



Les moûts sont par la suite débourbés et analysés (Tableau 3) puis chaque cuve est ensemencée avec la souche de levure correspondante (Figure 8).

Figure 7 : Pressurage des raisins à destination de l'essai



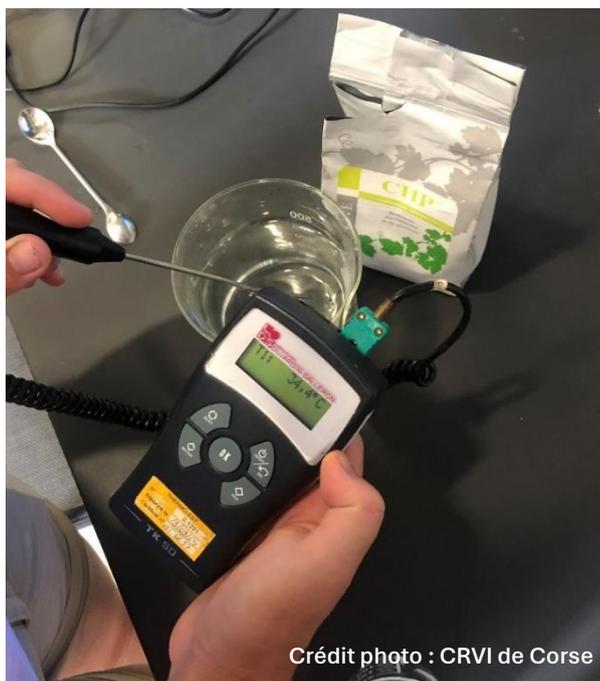
Tableau 3 : Analyses physico-chimiques des moûts

Millésime	Nom produit	Date	TAP % vol	AT g/L H ₂ SO ₄	pH	AV g/LH ₂ SO ₄	AM g/L	N _{ass} mg/L
2021	Levuline CHP	07/10/2021	14,7	2,72	3,66	0,09	1,1	165
	IOC Be Thiols	07/10/2021	14,6	2,53	3,67	0,08	1,1	163
	LallFerm Bio	07/10/2021	14,6	2,69	3,66	0,08	1,0	165
	Lalvin QA23	07/10/2021	14,6	2,52	3,67	0,08	1,1	164
2022	Levuline CHP	21/09/2022	14,6	2,88	3,51	0,09	0,4	149
	IOC Be Thiols	21/09/2022	14,6	2,88	3,51	0,09	0,4	150
	LallFerm Bio	21/09/2022	14,6	2,88	3,51	0,09	0,4	151
	Lalvin QA23	21/09/2022	14,6	2,87	3,52	0,09	0,4	154
2023	Levuline CHP	15/09/2023	14,4	2,93	3,63	0,01	1,3	215
	IOC Be Thiols	15/09/2023	14,4	2,91	3,64	0,01	1,3	214
	LallFerm Bio	15/09/2023	14,4	2,89	3,64	0,02	1,3	215
	Lalvin QA23	15/09/2023	14,4	2,89	3,62	0,02	1,3	216

A ce stade, les moûts sont homogènes entre d'une modalité à l'autre, eu égard aux incertitudes de mesure des analyses, et présentent bien un TAP élevé (entre 14,4 et 14,7 % vol.) associé à de faibles caractéristiques acides, qui témoignent de la maturité avancée des raisins.

Notons, en 2022, un taux d'acide malique faible au regard de l'intervalle de confiance du dosage ($\pm 0,3$ g/l).

Figure 8 : Débourage des modalités dans des bonbonnes en verres de 34 L (à gauche) puis levurage de chaque modalité avec la souche de levure correspondante (à droite)



3.2. Déroulements des fermentations alcooliques

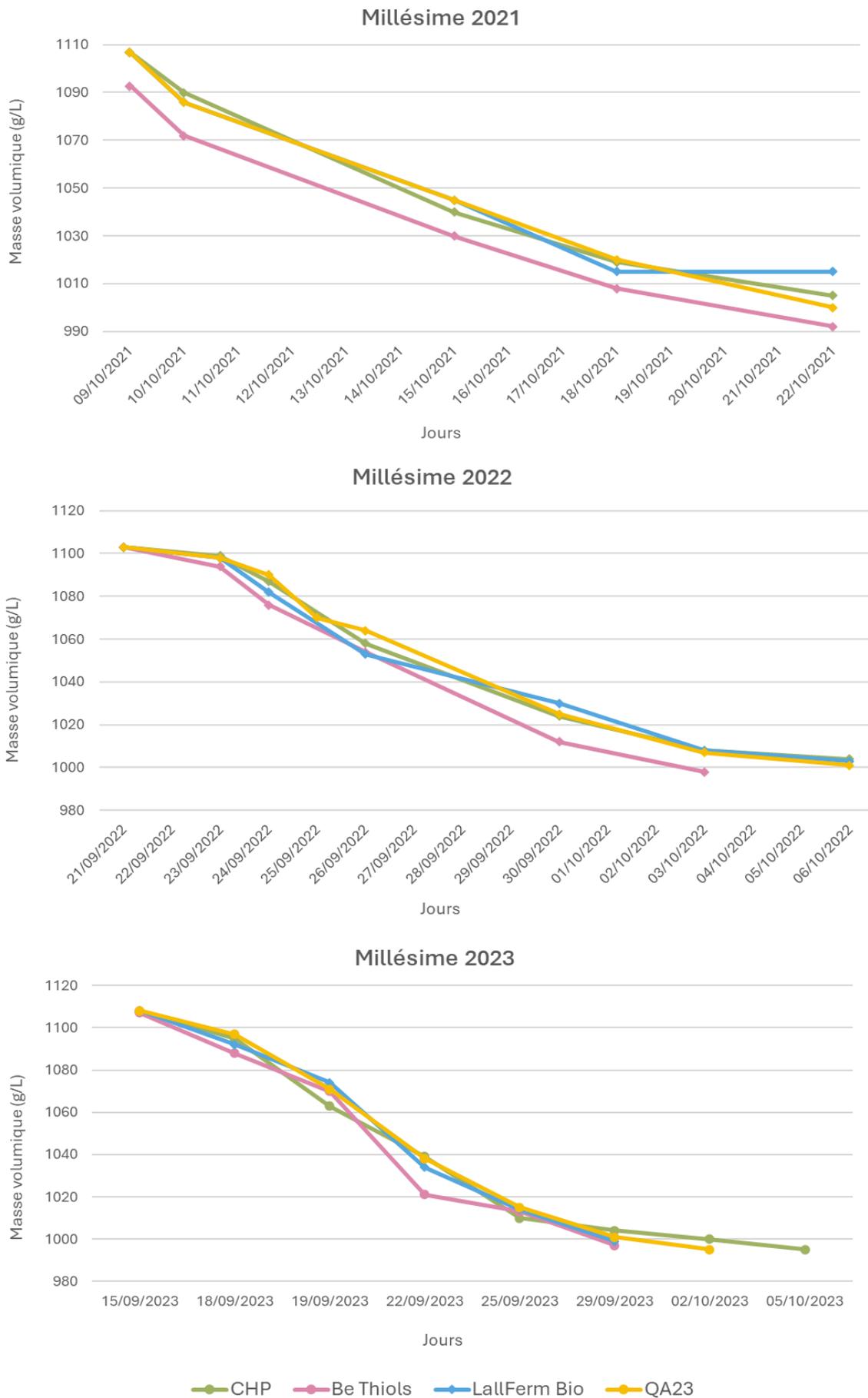
3.2.1. Durée de la fermentation alcoolique

Le suivi de la FA est effectué par la mesure régulière de la masse volumique (Figure 9). Les courbes comparatives du suivi de la FA entre les cuves sont représentées en Figure 10.

Figure 9 : Mesure de la densité au cours de la fermentation alcoolique



Figure 10 : Evolution de la masse volumique des différentes modalités pendant la FA



Le suivi des masses volumiques montre que les modalités suivent une cinétique fermentaire globalement similaire. La modalité Be Thiols se démarque néanmoins par sa courbe légèrement plus rapide sur les trois millésimes étudiés.

Le dosage des sucres fermentescibles (Figure 11) lorsque la masse volumique est basse (aux alentours de 1000 g/l) permet d'estimer la durée de FA pour chaque modalité (Tableau 4), ce qui permet de les classer en fonction de leur rapidité fermentaire pour chaque millésime étudié (Tableau 5).

La fermentation alcoolique est généralement considérée comme achevée lorsque la teneur en sucres du vin est inférieure ou égale à 1 g/l, afin de prévenir le vin d'éventuelles contaminations futures par des micro-organismes à l'origine de déviations organoleptiques. Dans le cas particulier où la concentration en sucres ne diminue plus au cours du temps, la fermentation alcoolique est considérée comme achevée, même si le seuil des 1 g/l de sucres n'est pas atteint.

Tableau 4 : Durées des fermentations alcooliques pour les quatre modalités

Modalité	2021	2022	2023
Levuline CHP	32	33	45
IOC Be Thiols	18	33	17
LallFerm Bio	32	33	26
Lalvin QA23	32	22	31

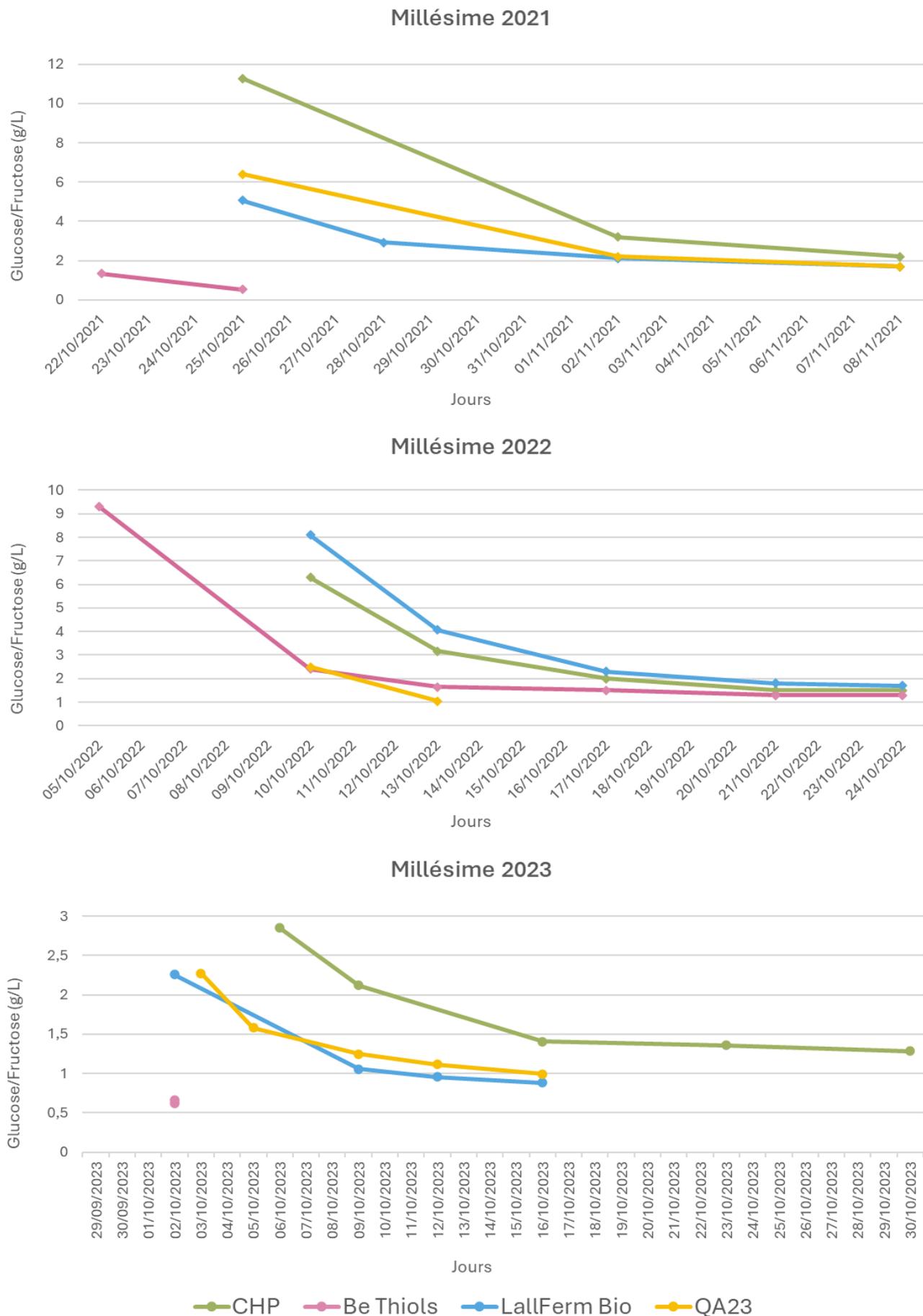
Tableau 5 : Classement des levures en fonction de la durée de fermentation alcoolique

Modalité	2021	2022	2023	Somme des rangs
Levuline CHP	4	3	4	11
IOC Be Thiols	1	2	1	4
LallFerm Bio	2	4	2	8
Lalvin QA23	2	1	3	6

Ainsi, pour les trois millésimes étudiés, la modalité Be Thiols est systématiquement dans les premières à finir la FA (première en 2021 et 2023, deuxième en 2022). Cette levure est une des plus rapides dans nos conditions d'expérimentation. Elle est suivie par la levure Lalvin QA23 puis LallFerm Bio.

En revanche, la modalité Levuline CHP est systématiquement dans les dernières à finir la FA (dernière en 2021 et 2023, avant-dernière en 2022). Dans nos conditions d'expérimentation cette levure est une des plus lentes.

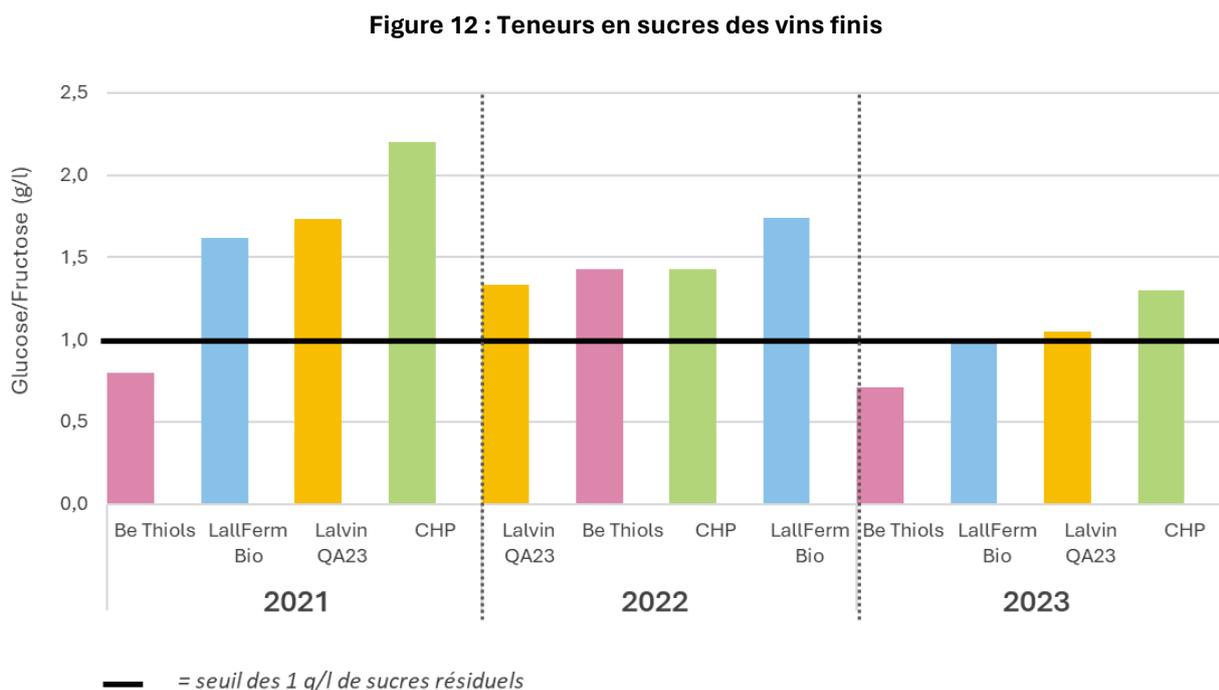
Figure 11 : Dosage des sucres fermentescibles (glucose et fructose) en fin de fermentation alcoolique



3.2.2. Efficacité des souches dans la consommation des sucres

L'efficacité de la FA est évaluée par la capacité d'une levure à dégrader l'intégralité des sucres fermentescibles. Une teneur en sucres résiduels inférieure ou égale à 1 g/l est généralement recherchée.

Les teneurs en glucose et fructose des vins finis sont présentées en Figure 12. Les données sont organisées par millésime et par valeur croissante de G/F, pour plus de lisibilité.



La modalité Be Thiols présente généralement le moins de sucres résiduels et est, pour deux millésimes sur trois, la seule à présenter une teneur en G/F inférieure à 1 g/l. La levure Be Thiols semble donc être la plus performante d'un point de vue œnologique, à l'inverse de la levure CHP : le vin de cette modalité présente globalement le plus de sucres résiduels.

Il est à noter que, bien que certaines souches « n'assèchent » pas complètement le vin, les teneurs restent tolérables vis-à-vis des principes d'œnologie : les levures sélectionnées demeurent relativement adaptées pour la fermentation d'un moût présentant un fort TAP.

Ce qu'il faut retenir au niveau de l'induction et du déroulement de la FA :

- Les levures sélectionnées sont globalement adaptées à une matrice présentant un fort TAP.
- La levure Be Thiols est la plus rapide et la plus performante.
- La levure CHP est la plus lente et la moins performante.

3.2.3. 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

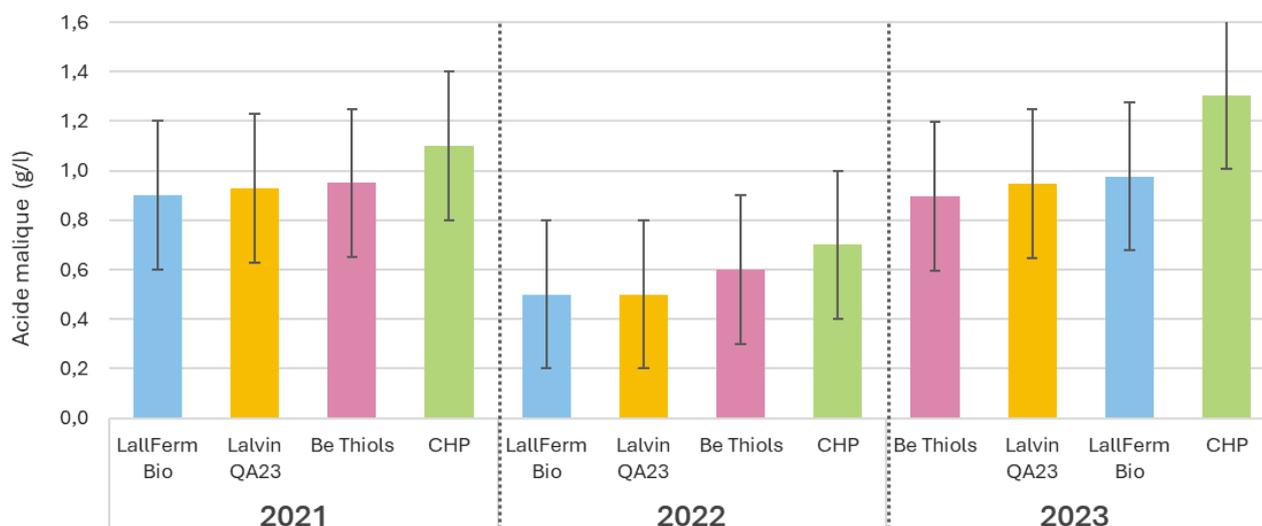
Millésime	Modalité	TAV % vol	AT g/L H ₂ SO ₄	pH	AV g/LH ₂ SO ₄	AM g/L	G/F g/L
2021	Levuline CHP	15,4	3,15	3,68	0,18	1,1	2,2
	IOC Be Thiols	15,4	3,08	3,67	0,33	1,0	0,4
	LallFerm Bio	15,5	3,05	3,71	0,28	0,9	1,7
	Lalvin QA23	15,4	2,99	3,72	0,26	0,9	1,7
2022	Levuline CHP	15,0	3,37	3,43	0,18	0,7	1,5
	IOC Be Thiols	15,1	3,38	3,42	0,24	0,6	1,3
	LallFerm Bio	15,0	3,27	3,45	0,21	0,5	1,7
	Lalvin QA23	15,0	3,30	3,45	0,29	0,5	1,0
2023	Levuline CHP	15,4	3,65	3,49	0,06	1,3	1,3
	IOC Be Thiols	15,4	3,49	3,4	0,26	0,9	0,6
	LallFerm Bio	15,5	3,43	3,45	0,15	1,0	0,9
	Lalvin QA23	15,5	3,33	3,46	0,15	0,9	1,0

Les analyses montrent que la teneur en alcool des vins avait été sous-estimée lors de l'analyse des moûts : en effet, en fin de FA, les vins présentent un TAV compris entre 15,0 % vol. et 15,5 % vol., des caractéristiques très limitantes pour les levures.

Les principales différences entre les modalités concernent les sucres fermentescibles (déjà évoquées dans le point 3.2.2). Quelques différences entre les cuves concernant l'acide malique sont également observées. Les levures peuvent avoir une action démaliquante lors de la FA, plus ou moins prononcée selon la souche. La Figure 13 reporte les teneurs en acide malique des vins en fin de FA. Les données sont organisées par millésime et par valeur croissante d'acide malique, pour plus de lisibilité. Les barres d'erreur représentent l'incertitude de mesure des analyses ($\pm 0,3$ g/l).

Les différences entre les vins restent faibles, eu égard aux incertitudes de mesure des analyses. Les tendances diffèrent selon les millésimes, toutefois la levure CHP serait la souche préservant au mieux l'acide malique des moûts. Cette différence n'est néanmoins pas statistiquement significative.

Figure 13 : Teneurs en acide malique des vins en fin de fermentation alcoolique



Par ailleurs, il semblerait qu'il y ait une corrélation négative entre la quantité de sucres résiduels et l'acidité volatile produite au cours de la FA (Figure 14) : pour chaque millésime plus la levure est performante (faible teneur en sucres résiduels) et plus l'acidité volatile des vins est élevée.

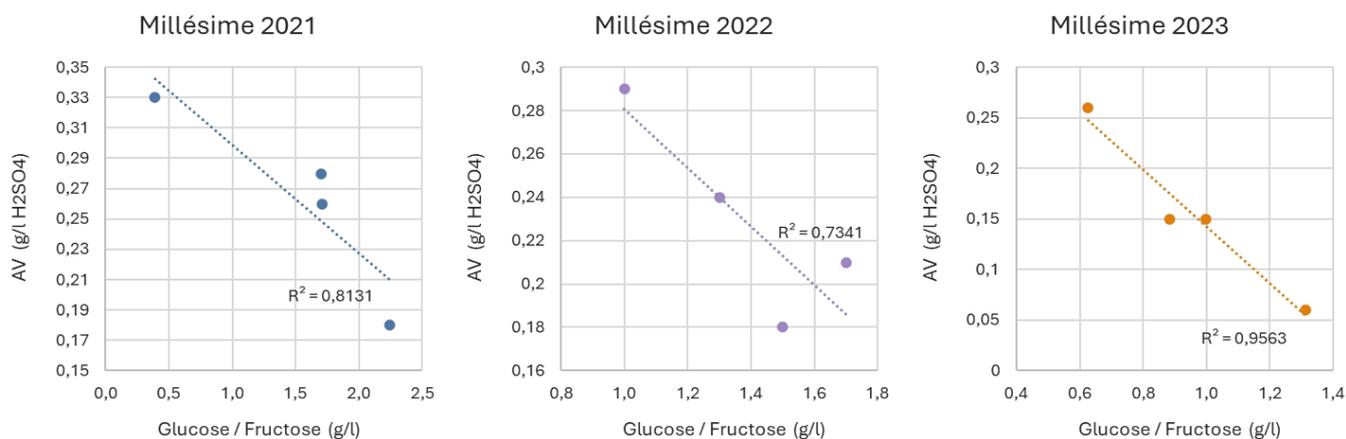
Ce principe est valable jusqu'à un certain point : passé un certain seuil, plus la fermentation est languissante et plus le risque d'AV élevée est important.

Figure 14 : Teneurs en glucose/fructose et en acidité volatile des vins en fin FA



La corrélation entre ces deux paramètres est forte (coefficient de corrélation de 0,81 en 2021, de 0,73 en 2022 et de 0,96 en 2023) pour chaque millésime étudié (Figure 15).

Figure 15 : Corrélation entre la teneur en G/F et les teneurs en AV



Dans nos conditions d'expérimentation, les teneurs en AV restent néanmoins tout à fait correctes (maximum 0,31 g/l H₂SO₄), sans danger pour la qualité sanitaire des vins.

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

- Les vins présentent bien un TAV limitant pour les levures (entre 15,0 et 15,5 % vol.).
- Il n'y a pas de différence statistique significative entre les vins concernant les paramètres physico-chimiques en fin de FA.
- L'acidité volatile en fin de FA est corrélée à la teneur en sucres résiduels : plus elle est faible (levure performante) et plus l'AV est élevée, tout en restant à des teneurs non préjudiciables pour la qualité des vins (maximum 0,31 g/l H₂SO₄).

Figure 16 : Les essais du millésime 2023 après fermentation alcoolique



3.3. Analyses physico-chimiques et colorimétriques des vins finis

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. Les résultats des analyses physico-chimiques classiques après mise sont répertoriés dans le Tableau 7.

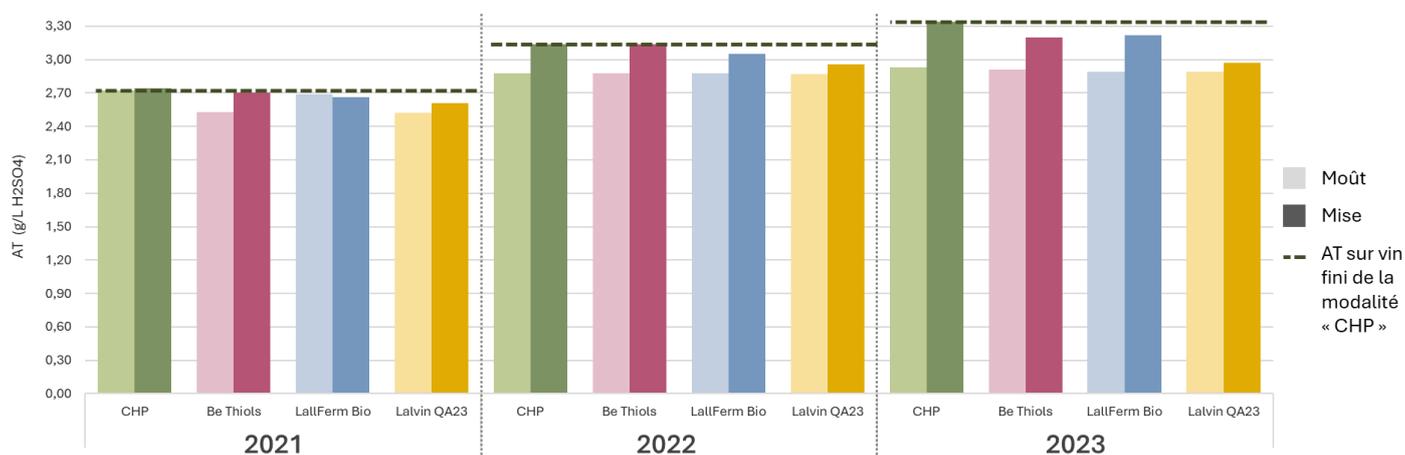
Tableau 7 : Analyses physico-chimiques des vins finis

Millésime	Modalité	TAV	AT	pH	AV	SO ₂ L	SO ₂ T	AM	G/F
		% voL	g/L H ₂ SO ₄		g/L H ₂ SO ₄	mg/L	mg/L	g/L	g/L
2021	Levuline CHP	15,0	2,74	3,65	0,18	34	133	1,1	2,2
	IOC Be Thiols	15,6	2,70	3,69	0,31	47	126	0,9	0,8
	LallFerm Bio	15,4	2,66	3,70	0,29	44	140	0,9	1,6
	Lalvin QA23	15,4	2,61	3,71	0,26	40	140	0,9	1,7
2022	Levuline CHP	14,5	3,14	3,34	0,18	35	94	0,7	1,4
	IOC Be Thiols	14,9	3,14	3,31	0,22	40	83	0,6	1,4
	LallFerm Bio	15,0	3,05	3,33	0,21	39	90	0,6	1,7
	Lalvin QA23	15,0	2,96	3,32	0,27	34	80	0,5	1,3
2023	Levuline CHP	15,5	3,34	3,47	0,09	23	104	1,2	1,3
	IOC Be Thiols	15,6	3,20	3,46	0,27	40	101	0,9	0,7
	LallFerm Bio	15,6	3,22	3,46	0,18	20	105	1,1	1,0
	Lalvin QA23	15,0	2,97	3,50	0,19	20	92	1,0	1,0

L'analyse statistique ne met en évidence aucune différence significative entre les modalités. Néanmoins, quelques tendances peuvent être observées.

Les vins de la modalité Lalvin QA23 tendent à présenter une AT légèrement inférieure aux autres vins, malgré des valeurs sur moûts identiques (Figure 17).

Figure 17 : AT des différentes modalités sur moût et après mise en bouteille



Par ailleurs, les vins de la modalité CHP semblent présenter un TAV légèrement inférieur à celui des autres modalités. Les barres d'erreurs de la Figure 18 représentent les incertitudes de mesure des analyses ($\pm 0,2$ % vol.).

Figure 18 : TAV à la mise en bouteille des vins des différentes modalités

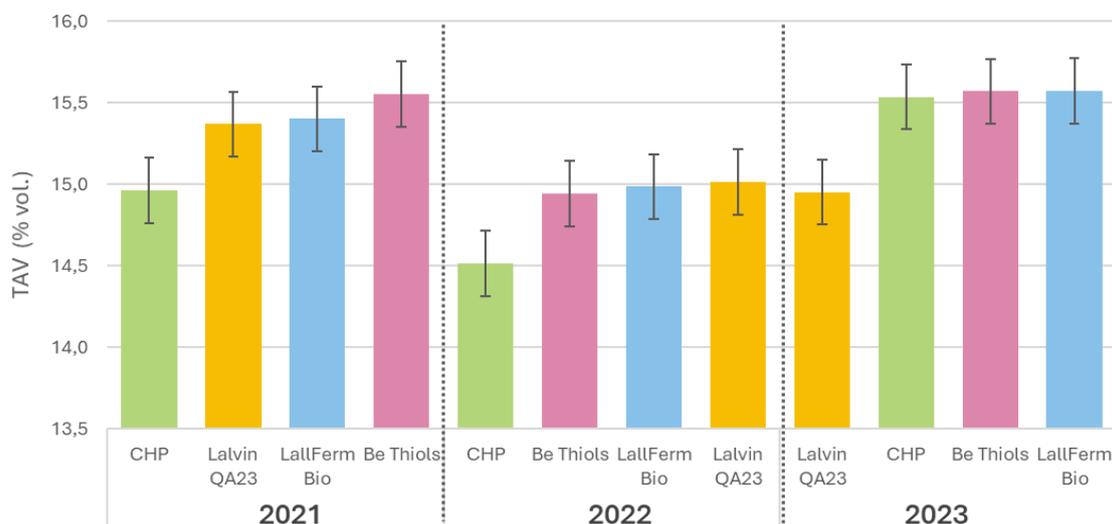


Figure 19 : Les échantillons après mise en bouteille sont conservés à 15°C



Les résultats des analyses colorimétriques sont répertoriés 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 finis

Millésime	Modalité	Date	Teinte	IC	Composante Jaune %	Composante Rouge %	Composante Bleue %
2021	Levuline CHP	10/12/2021	1,86	0,128	65	35	0
	IOC Be Thiols	10/12/2021	6,58	0,101	75	11	13
	LallFerm Bio	10/12/2021	2,48	0,104	72	29	0
	Lalvin QA23	10/12/2021	4,49	0,105	79	18	3
2022	Levuline CHP	09/12/2022	11,48	0,057	93	8	0
	IOC Be Thiols	09/12/2022	NC	0,050	100	0	0
	LallFerm Bio	09/12/2022	NC	0,058	101	0	0
	Lalvin QA23	09/12/2022	NC	0,053	101	0	0
2023	Levuline CHP	05/12/2023	24,00	0,075	96	4	0
	IOC Be Thiols	05/12/2023	18,33	0,058	95	5	0
	LallFerm Bio	05/12/2023	12,40	0,067	93	7	0
	Lalvin QA23	05/12/2023	7,88	0,071	89	11	0

NC : Non Calculable

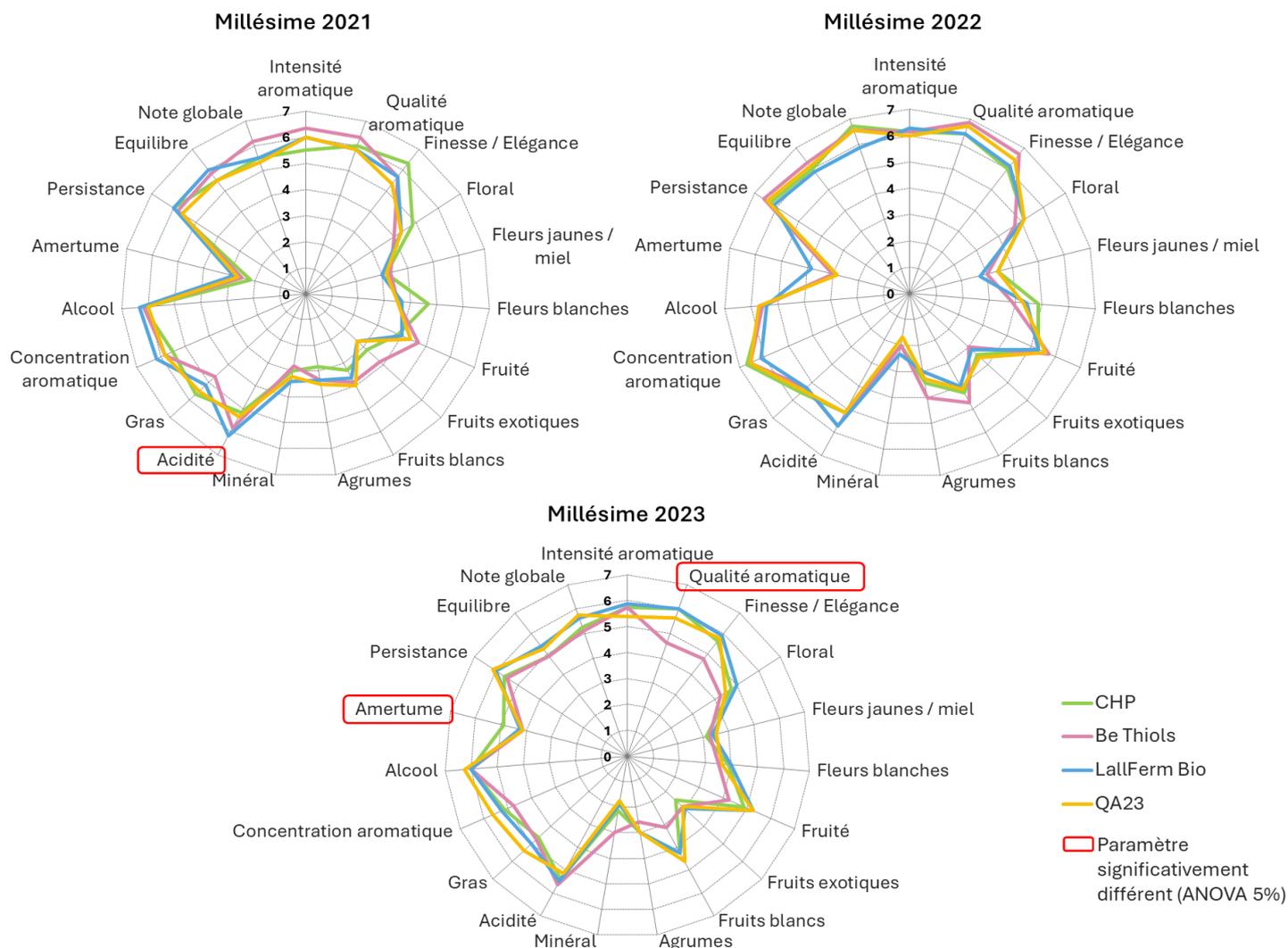
L'analyse statistique ne met en évidence aucune différence significative entre les modalités concernant les paramètres colorimétriques.

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

→ Il n'y a pas de différence statistique avérée entre les modalités concernant les analyses physico-chimiques et colorimétriques.

3.4. Dégustations comparatives sur vins finis

Figure 20 : Graphiques radars des dégustations comparatives des quatre vins



Peu de différences significatives sont mises en évidence par l'analyse statistique des données de dégustation (Figure 20), et elles concernent des paramètres distincts pour chaque millésime.

Les boxplots des descripteurs pour lesquels il existe une différence significative sont représentés en Figure 21. Dans cette figure, deux modalités ne partageant aucune lettre en commun sont significativement différentes avec un niveau de confiance de 95%.

Lors du millésime 2021, le vin de la modalité LallFerm Bio est noté plus acide que le vin de la modalité CHP. Cet écart n'est pas conforté par les analyses physico-chimiques sur vins finis.

Les vins du millésime 2022 ne présentent aucune différence statistiquement significative.

Pour le millésime 2023, le vin de la modalité CHP est plus amer que le vin de la modalité Be Thiols.

Le vin de la modalité Be Thiols présente également, pour ce millésime, une qualité aromatique inférieure à celle des autres vins. Les commentaires de dégustation généraux mettent en lumière des notes sulfiteuses et de solvant au premier nez, ce qui a pénalisé sa qualité aromatique, pourtant très bien notée lors des millésimes précédents. Cette particularité du millésime 2023 pourrait être liée à la forte teneur en SO₂ libre dans cette modalité : le vin présentait 20 mg/l de SO₂ libre supplémentaire par rapport aux autres modalités (Tableau 7), en dépit d'un sulfitage homogène entre les vins. Une telle différence peut en effet être perceptible à la dégustation.

Figure 21 : Boxplots des paramètres organoleptiques pour lesquels il existe une différence statistiquement significative (ANOVA 5%)

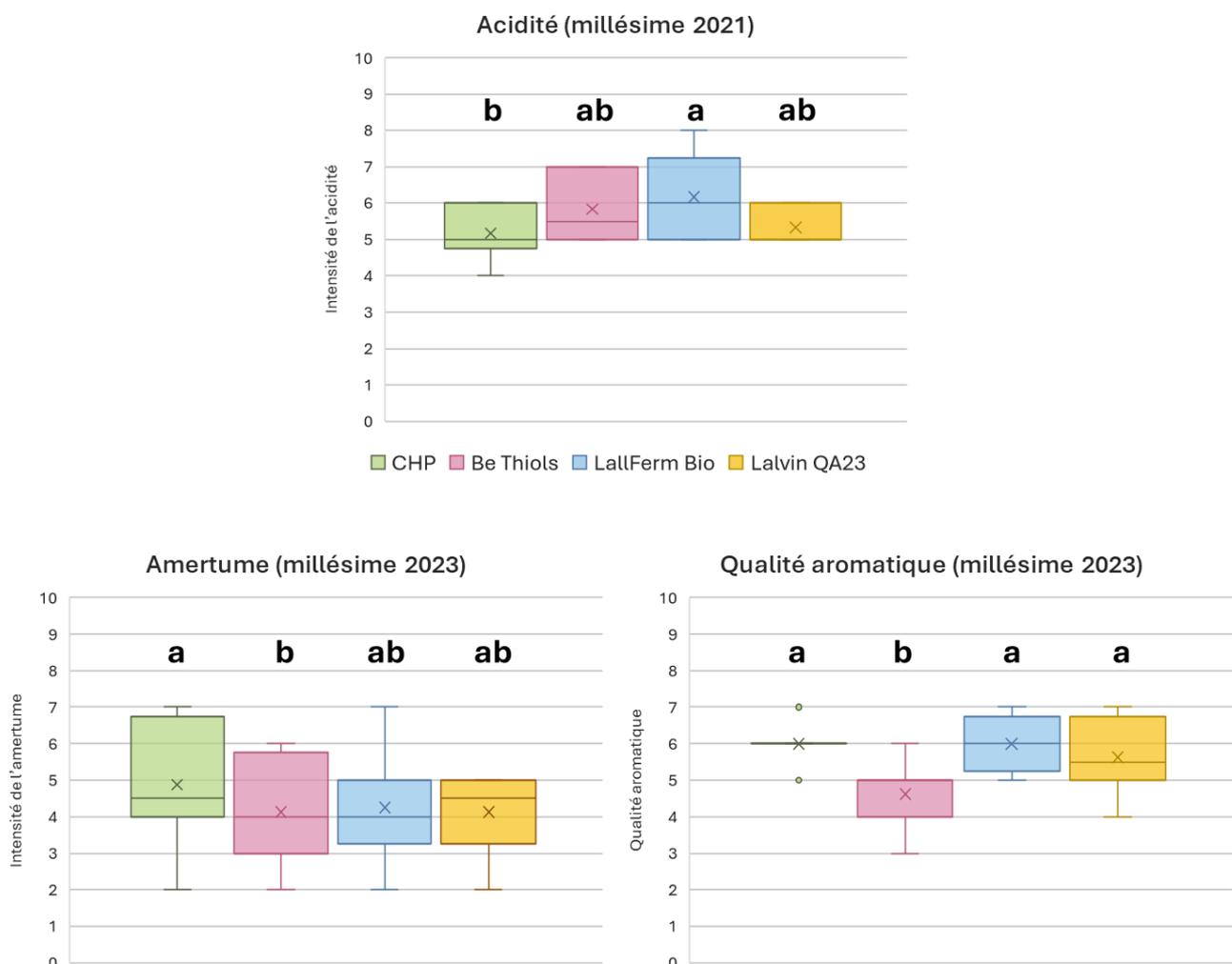


Figure 22 : Dégustation des vins du millésime 2023

A gauche : Gilles SALVA (directeur du pôle végétal), Caroline DE PERETTI (responsable Qualité du Laboratoire COFRAC) et Damien ZANARDO (gestionnaire de l'exploitation viticole du CRVI)



Crédit photo : CRVI de Corse



Crédit photo : CRVI de Corse

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

Les différences significatives observables entre les vins pour un millésime donné ne le sont pas forcément lors du millésime suivant. Ainsi, dans nos conditions d'expérimentation, il n'y a globalement pas de différences organoleptiques significatives entre les vins vinifiés avec les quatre souches de levure.

CONCLUSION

Les souches de levure se sont bien acclimatées en dépit des conditions limitantes de la matrice (fort TAP) et confirment leur tolérance à des teneur en éthanol élevées.

- Concernant la cinétique fermentaire, la levure Be Thiols est la plus rapide et la plus performante (très faible teneur en sucres résiduels). A l'inverse, la levure CHP est la plus lente et la moins performante.
- En fin de fermentation alcoolique, les teneurs en sucres résiduels varient selon les souches de levures et le millésime, même si elles restent globalement faibles. Ces valeurs sont corrélées à l'acidité volatile des vins : plus la levure est performante et plus l'acidité volatile du vin est importante, tout en restant à des teneurs correctes, sans danger pour la qualité sanitaire des vins.
- Aucune différence significative n'a été mise en évidence concernant les paramètres physico-chimiques et colorimétriques des vins finis.
- Enfin, bien que les levures puissent jouer un rôle sur les arômes et l'équilibre des vins blancs, aucune différence significative globale n'a été mise en évidence entre les différentes modalités. Ainsi, dans nos conditions d'expérimentation, l'influence des levures sur la qualité sensorielle du vin ne semble pas différer selon la souche utilisée.

Travaux subventionnés par FranceAgriMer



NATHALIE USCIDDA

Directrice Générale

MATERIEL VEGETAL ET CONDUITE PHYTOSANITAIRE



GILLES SALVA

*Directeur du Pôle
Végétal*



GABRIELLE CICCOLINI

*Ingénieure en charge de la
gestion du matériel végétal,
membre du CTPS (section
vigne)*



AMÉLIE LAMBERT

*Chargée de mission des programmes
en lien avec le changement climatique,
gestionnaire du programme Vitilience
et du démonstrateur Viticors'alti*



FANNY ANDRE

*Ingénieure agronome et œnologue
en charge des programmes
œnologiques, responsable des
mini-vinifications*

ANALYSES ŒNOLOGIQUES, MICROBIOLOGIQUES ET SENSORIELLES



**CAROLINE BRIGATO
DE PERETTI**

*Responsable qualité et
dégustations*



**ANGE-PIERRE
MICHELANGELI**

*Responsable technique du
laboratoire*



DAMIEN ZANARDO

*Gestionnaire de l'exploitation viticole du
CRVI/ technicien, en charge du domaine
expérimental et du travail au chai*

DOMAINE EXPERIMENTAL

Directrice de la publication : Nathalie USCIDDA