

## Bioprotection en phase pré-fermentaire, synthèse de 3 ans d'expérimentations dans différentes régions viticoles

### Bioprotection in the pre-fermentation phase, summary of 3 years of experiments in different wine-growing regions

Marie-Charlotte Colosio<sup>1</sup>, Philippe Cottureau<sup>1</sup>, Eric Meistermann<sup>1</sup>, Emmanuel Vinsonneau<sup>1</sup>, Hervé Alexandre<sup>2</sup>, Raphaëlle Tourdot-Maréchal<sup>2</sup>, Claudine Degueurce<sup>3</sup>, Claudie Roulland<sup>4</sup> et Livia Bejina<sup>4</sup>

<sup>1</sup> IFV, Institut Français de la Vigne et du Vin, France

<sup>2</sup> UMR PAM Institut Agro/Université de Bourgogne/INRAE/ IUVV, Université de Bourgogne, France

<sup>3</sup> Institut Rhodanien, France

<sup>4</sup> Station Viticole du Bureau National Interprofessionnel du Cognac, France

**Résumé.** Face à l'intérêt croissant des consommateurs pour des produits sans additifs chimiques, la limitation de l'utilisation des sulfites est une priorité pour la filière vinicole. La bioprotection est une alternative biologique permettant d'éviter ou de réduire les risques d'altération impactant négativement la qualité organoleptique des vins, et *in fine* l'acceptabilité par les consommateurs. Le projet national CASDAR Bioprotect a permis d'étoffer les données à l'échelle laboratoire et à l'échelle terrain, afin de qualifier l'efficacité et l'applicabilité de cette approche à l'ensemble de la filière grâce à 3 années d'expérimentations menées sur les principaux itinéraires technologiques de vinifications de vins rouges, blancs, rosés et de distillation dans différentes régions viticoles (Alsace, Bordeaux, Languedoc Roussillon, Provence, Vallée de la Loire, Vallée du Rhône, Cognac).

**Abstract.** With growing consumer interest in products without chemical additives, limiting the use of sulfites is a priority for the wine industry. Bioprotection is a biological alternative that avoids or reduces the risks of alterations that have a negative impact on the organoleptic quality of wines and, ultimately, on their acceptability to consumers. The national CASDAR Bioprotect project has expanded the data available at both laboratory and field levels, in order to qualify the effectiveness and applicability of this approach to the entire sector, thanks to 3 years of experiments carried out on the main technological winemaking itineraries for red, white and rosé wines, as well as for distillation, in various wine-growing regions (Alsace, Bordeaux, Languedoc Roussillon, Provence, Loire Valley, Rhône Valley, Cognac).

#### 1. Spectre d'action des cultures de bioprotection et leurs effets sur les micro-organismes indésirables

La bioprotection, en œnologie consiste à inoculer précocement des souches de micro-organismes sélectionnées, principalement des souches de levures non-*Saccharomyces*, sur moût ou vendange, dans le but de limiter lors des phases pré-fermentaires le développement de flores indigènes (dont les levures du genre *Hanseniaspora*) pouvant altérer la qualité physico-

chimique et organoleptique des vins. Cette pratique, alternative biologique à l'ajout de SO<sub>2</sub>, doit répondre à l'objectif de limiter l'altération microbiologique des récoltes sur des matières premières de moins en moins acides du fait du réchauffement climatique, obligeant à revoir à la hausse les quantités de sulfites à ajouter pour une optimisation de son efficacité. Elle doit s'adapter également à une pratique des vendanges se faisant à des périodes de fortes chaleurs, exposant le raisin avant son arrivée en cuverie, à des conditions favorables au développement d'une microflore non contrôlée.

Aujourd'hui, beaucoup de souches non-*Saccharomyces* sont proposées aux vinificateurs pour la bioprotection. Ces souches appartiennent plus particulièrement aux espèces *Torulaspora delbrueckii* et *Metschnikowia pulcherrima* et *fructicola* [1]. *Lachancea thermotolerans* est également préconisée pour sa double action : bioprotection et bioacidification des moûts. A souligner qu'un ensemencement précoce avec des souches *Saccharomyces cerevisiae* peut être également envisagé pour la bioprotection des vendanges, plus particulièrement dans l'itinéraire de vinification des vins destinés à l'élaboration de spiritueux. Les effets anti-microbiens de ces souches bioprotectantes peuvent être liés à des mécanismes d'interactions, incluant notamment la compétition pour les nutriments ou la production de composés inhibiteurs [2]. Cependant, les mécanismes réellement impliqués, leur mode d'action et leur efficacité dans les contraintes imposées par les itinéraires techniques de vinification commencent seulement à être explorés, notamment dans le cas de macération pré-fermentaires à basse température [3]. La première phase du projet CASDAR Bioprotect a consisté à comparer en laboratoire l'efficacité de neuf souches commerciales préconisées pour la bioprotection appartenant à différents genres et espèces. Les expérimentations ont été menées en moût synthétique artificiellement contaminé avec un mélange de souches de l'espèce *Hanseniaspora*. Les expérimentations ont été menées à 12°C pendant 48 heures, afin de mimer les conditions pré-fermentaires qui peuvent s'appliquer en conditions de vinification en rouge (macération pré-fermentaire à froid) ou en blanc (débouillage).

### 1.1. Matériel et méthode

Ont été analysées 3 souches de *T. delbrueckii* (code Td), 2 souches de *M. pulcherrima* (code Mp), 1 souche de *M. fructicola* (code Mf), 3 souches de *L. thermotolerans* (code Lt). Les essais en laboratoire ont également été réalisés avec une souche *S. cerevisiae* (FC9). Un mélange de deux souches du genre *Hanseniaspora* (mix 50/50 de deux souches *H. uvarum* et *H. valbyensis*) a été mis en œuvre pour mimer la « contamination » initiale du moût. Deux niveaux de contamination ont été testés ( $10^4$  et  $10^6$  Unités Formant Colonies (UFC)/mL) pour un apport fixe en souche de bioprotection (inoculation à  $10^6$  UFC/mL), tel qu'il est couramment préconisé auprès des vinificateurs.

Les croissances en mono- et cocultures ont été réalisées à 12°C sur moût synthétique (MS) [4]. Les populations ont été énumérées sur milieux gélosés sélectifs tels que décrit en [3]. En fin de croissance, des analyses physico-chimiques des moûts ont été faites afin d'évaluer les concentrations en azote ammoniacal, en azote aminé, en acide acétique et en acide lactique des moûts.

### 1.2. Résultats

L'analyse comparative entre mono- et cocultures est présentée dans les figures 1 et 2.

Les déterminations des valeurs de vitesses spécifiques de croissance ( $\mu_{max}$ ) et biomasses finales mettent en

évidence pour l'ensemble des souches de bioprotection l'absence d'effet antagoniste pour le niveau le plus élevé de population initiale de *Hanseniaspora*. Ces résultats soulignent l'inefficacité de la bioprotection pour une population en flore indigène du même ordre de grandeur que le taux d'inoculation de la souche bioprotectante, indépendamment de l'espèce mise en œuvre.

Pour les taux d'inoculation les plus faibles en *Hanseniaspora*, l'ensemble des souches testées de l'espèce *T. delbrueckii* donne des résultats similaires. Lors des cocultures, la prédominance de la souche de bioprotection est maintenue mais est sans effet sur la croissance de *Hanseniaspora*. Il est simplement relevé une diminution de la concentration en acide acétique lors de la coculture (diminution de l'ordre de 60% par rapport à la monoculture de *Hanseniaspora*). Les trois souches de l'espèce *L. thermotolerans* se comportent de manière similaire. Comme pour *T. delbrueckii*, la souche de bioprotection s'implante et reste dominante mais n'impacte pas significativement le développement de *Hanseniaspora*. Il est également observé une diminution de la concentration en acide acétique après 48 heures de coculture. Aucune production d'acide lactique n'est observée, due à la faible température de culture appliquée.

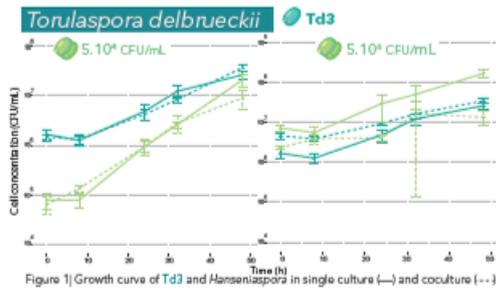


Figure 1) Growth curve of Td3 and Hanseniaspora in single culture (—) and coculture (---)

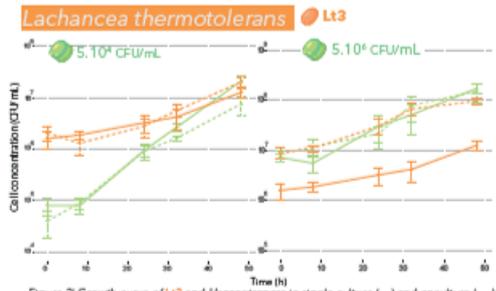


Figure 2) Growth curve of Lt3 and Hanseniaspora in single culture (—) and coculture (---)

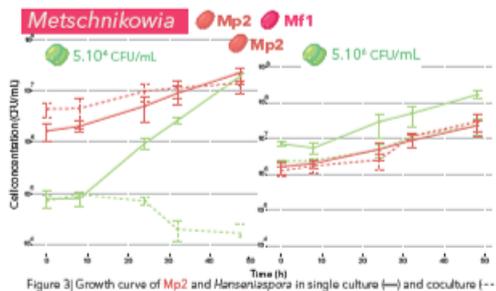


Figure 3) Growth curve of Mp2 and Hanseniaspora in single culture (—) and coculture (---)

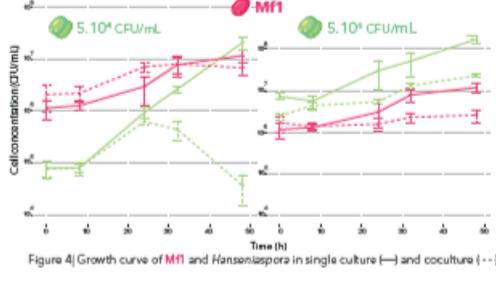


Figure 4) Growth curve of Mf1 and Hanseniaspora in single culture (—) and coculture (---)

**Figure 1.** Analyse comparative des croissances (mono- et cocultures des souches de bioprotection et du mix *Hanseniaspora* – courbes de croissance (figure extraite de [5]).

Parmi les souches du genre *Metschnikowia*, seule la souche Mp2 *M. pulcherrima* et la souche Mf1 *M. fructicola* se sont implantées et montrent un effet antagoniste sur la croissance de *Hanseniaspora*. La cinétique d'inhibition diffère selon les deux bioprotectants.

		$\mu_{max}$ (h <sup>-1</sup> )	pop 48h (cfu/mL)
TdB	Single culture	0,094 a	3,73E+07
	Coculture with 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,077 b	2,69E+07
	Hanseniaspora 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,059 b	3,50E+07
Hanseniaspora	Concentration	Single culture	0,148 a
	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	Coculture	0,131 b
	Concentration	Single culture	0,094 a
	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	Coculture	0,158 b
Single culture	Acetic acid (g/L)	Td3	0,049 aA
	Amino acid (res. %)	Hanseniaspora 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,149 b
	Ammonia (res. %)	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,083 B
		5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,059 c
Co culture	Acetic acid (g/L)	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,073 C
	Amino acid (res. %)		79
	Ammonia (res. %)		100
			79

Table 1) Growth parameters of Td3 and Hanseniaspora in single culture and coculture  
Letters correspond to statistical groups (ANOVA test)

Table 2) Must analyses after 48h of growth at 12°C for Td3 and Hanseniaspora in single and coculture  
Letters correspond to statistical groups for each Hanseniaspora concentration  
res. = Residual

		$\mu_{max}$ (h <sup>-1</sup> )	pop 48h (cfu/mL)
Lt3	Single culture	0,049 aA	1,27E+07 aA
	Coculture with 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,082 b	2,02E+07 b
	Hanseniaspora 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,073 B	9,67E+07 B
Hanseniaspora	Concentration	Single culture	0,148 a
	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	Coculture	0,140 b
	Concentration	Single culture	0,094 a
	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	Coculture	0,160 b
Single culture	Acetic acid (g/L)	Lt3	0,062 aA
	Amino acid (res. %)	Hanseniaspora 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,149 b
	Ammonia (res. %)	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,083 B
	Lactic acid (mg/L)	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,058 c
Co culture	Acetic acid (g/L)	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,099 C
	Amino acid (res. %)		100
	Ammonia (res. %)		93
	Lactic acid (mg/L)		0,03 c

Table 3) Growth parameters for Lt3 and Hanseniaspora in single culture and coculture  
Letters correspond to statistical groups (ANOVA test)

Table 4) Must analyses after 48h of growth at 12°C for Lt3 and Hanseniaspora in single and coculture  
Letters correspond to statistical groups for each Hanseniaspora concentration (ANOVA test)

		$\mu_{max}$ (h <sup>-1</sup> )	pop 48h (cfu/mL)
Mp2	Single culture	0,042 aA	2,37E+07 a
	Coculture with 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,039 b	1,40E+07 b
	Hanseniaspora 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,197 B	3,00E+07 B
Hanseniaspora	Concentration	Single culture	0,148 a
	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	Coculture	0 b
	Concentration	Single culture	0,094 a
	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	Coculture	0,113 b
Single culture	Acetic acid (g/L)	Mp2	0,051 aA
	Amino acid (res. %)	Hanseniaspora 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,149 b
	Ammonia (res. %)	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,083 B
		5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,038 a
Co culture	Acetic acid (g/L)	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,068 C
	Amino acid (res. %)		89
	Ammonia (res. %)		100
			82

Table 5) Growth parameters for Mp2 and Hanseniaspora in single culture and coculture  
Letters correspond to statistical groups (ANOVA test)

Table 6) Must analyses after 48h of growth at 12°C for Mp2 and Hanseniaspora in single and coculture  
Letters correspond to statistical groups for each Hanseniaspora concentration (ANOVA test)

		$\mu_{max}$ (h <sup>-1</sup> )	pop 48h (cfu/mL)
Mf1	Single culture	0,072 a	1,18E+07 aA
	Coculture with 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,074 b	6,90E+06 b
	Hanseniaspora 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,056 B	2,60E+06 B
Hanseniaspora	Concentration	Single culture	0,148 a
	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	Coculture	0,130 b
	Concentration	Single culture	0,094 a
	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	Coculture	0,113 b
Single culture	Acetic acid (g/L)	Mf1	0,040 aA
	Amino acid (res. %)	Hanseniaspora 5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,149 b
	Ammonia (res. %)	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,083 B
		5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,037 a
Co culture	Acetic acid (g/L)	5.10 <sup>4</sup> cfu/mL	0,064 C
	Amino acid (res. %)		87
	Ammonia (res. %)		100
			100

Table 7) Growth parameters for Mf1 and Hanseniaspora in single culture and coculture  
Letters correspond to statistical groups (ANOVA test)

Table 8) Must analyses after 48h of growth at 12°C for Mf1 and Hanseniaspora in single and coculture  
Letters correspond to statistical groups for each Hanseniaspora concentration (ANOVA test)

**Figure 2.** Analyse comparative des croissances (mono- et cocultures des souches de bioprotection et du mix *Hanseniaspora* – paramètres de croissance et teneurs en sources azotées et acide acétique mesurées à 48 heures (figure extraite de [5]).

En effet, il est noté une absence de croissance de *Hanseniaspora* en présence de Mp2 puis un déclin de sa population après 24 heures, alors que l'effet d'inhibition n'est visible qu'après 24 heures de cocultures en présence de la souche Mf1.

Il faut souligner l'absence de consommation totale des acides aminés après 48 heures de culture et le fait qu'en coculture, l'azote n'est jamais en concentration limitante dans le milieu (≈70% d'azote total restant à 48 heures). L'application de la bioprotection, dans nos conditions expérimentales, n'implique donc pas une déplétion en ressources azotées pouvant impacter la cinétique fermentaire.

Les résultats obtenus avec la souche FC9 (*S. cerevisiae*) ont démontré que même pour les taux d'inoculation les plus élevés en *Hanseniaspora*, la présence de FC9 impacte

la valeur du taux de croissance du mix. Il est également observé, pour le taux d'inoculation le plus faible, une chute de la population finale en *Hanseniaspora* de 2 log en comparaison avec la croissance du mix en absence de bioprotection (résultats non montrés).

## 2. Validation et préconisation du concept de bioprotection

Le projet national CASDAR Bioprotect a permis d'étoffer les données à l'échelle terrain, afin de qualifier l'efficacité et l'applicabilité de cette approche à l'ensemble de la filière grâce à 3 années d'expérimentations menées sur les principaux itinéraires technologiques de vinifications de vins rouges, blancs, rosés et de distillation dans différentes régions viticoles (Alsace, Bordeaux, Languedoc Roussillon, Provence, Vallée de la Loire, Vallée du Rhône, Cognac). Ainsi, pour chacune de ces productions, des itinéraires de vinification type pour lesquels la bioprotection s'avère pertinente ont été définis. Globalement, cette étude a permis de comparer plus d'une centaine de vins de différentes modalités au stade cave expérimentale.

En 2022 et 2023, deux levures de bioprotection étudiées au stade laboratoire ont été utilisées *M. pulcherrima* (souche Mp2) et *S. cerevisiae* (souche FC9).

### 2.1. Matériel et méthode

Pour étudier l'efficacité de *M. pulcherrima* et *S. cerevisiae* sur des vinifications en rouge (itinéraire avec une macération pré-fermentaire à froid (12°C, 72h)), des moûts issus de différents cépages ont été contaminés avec *H. uvarum* (environ 10<sup>4</sup> UFC/mL, levain incorporé dans les moûts en phase pré-fermentaire) puis bioprotégés avec *M. pulcherrima* (souche Mp2) et *S. cerevisiae* (souche FC9). Les deux levures de bioprotection ont été utilisées à une dose de 20 g/hL avec réhydratation.

Des modalités témoins ont été mises en place pour comparer le déroulement des fermentations sous bioprotection à des vinifications non bioprotégées : une modalité sulfitée à l'encuvage (5 g/hL) ainsi qu'une modalité non sulfitée. Ces deux témoins permettront d'étudier les intérêts de la bioprotection.

A Cognac, l'effet de bioprotection a été étudié avec l'espèce *S. cerevisiae* uniquement (souche FC9). La vendange mécanique a été systématiquement contaminée par *H. uvarum* à raison de 10<sup>5</sup> UFC/mL environ. Dans les modalités bioprotégées, l'apport de la souche FC9 a été réalisé par saupoudrage des LSA à la dose de 20 g/hL sur la vendange mécanique récupérées à la vigne dans des caisses à vendange (mimant les bennes à vendange).

Ces modalités levurées à la vigne ont été comparées à des modalités ayant fait l'objet d'un levurage classique au chai. Le temps d'attente de la vendange a été volontairement amplifié afin de maximiser les risques d'altération des vins : 5 à 8 heures au total entre la récolte et l'encuvage des moûts. Les vinifications ont été conduites sur des cuves inox de 1 hL.

Pour ces différents essais, les dynamiques de croissance des souches de bioprotection et des souches d'altération ont été suivies par dénombrement sur milieux gélosés sélectifs afin de voir l'effet inhibiteur des levures de bioprotection vis-à-vis des micro-organismes indésirables. Des analyses sensorielles ont été systématiquement mises en place pour déterminer l'impact des différentes flores sur la qualité des vins.

L'impact de la bioprotection sur la transformation des matrices et la qualité des vins finis a également été étudié : impact sur les cinétiques de fermentation, sur la réalisation de la fermentation malolactique et sur les paramètres physico-chimiques des vins finis.

## 2.2. Résultats

Des essais ont été menés dans le vignoble Bordelais sur le cépage Merlot. En 2023, le moût initial contenait une population de *H. uvarum* de 10<sup>4</sup> UFC/mL. Après 72h de macération, la bioprotection permet une diminution de la population de *Hanseniaspora* de près d'1 log. La bioprotection avec *S. cerevisiae* permet une diminution nette de la population de *Hanseniaspora* tout au long de la fermentation alcoolique (figure 3).

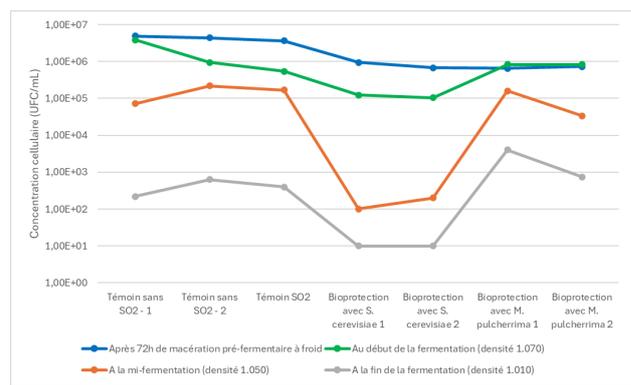
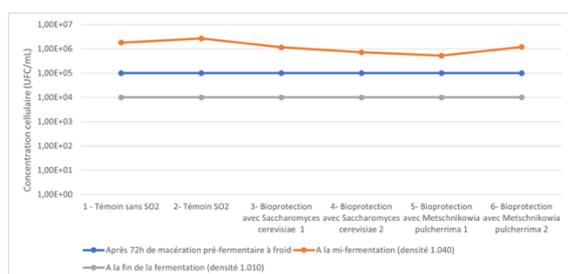


Figure 3. Niveau de population de *H. uvarum* à différentes phases de l'itinéraire (essai 2023 – Merlot).

Malgré les différences observées au niveau microbiologique, les vins issus de cet essai ne présentent pas de différences significatives ni au niveau analytique ni au niveau organoleptique.

Des essais ont été menés en Vallée du Rhône sur le cépage Syrah sur un itinéraire avec une macération pré-fermentaire à froid. Le moût contenait une population importante de micro-organismes d'altération (supérieure à 10<sup>5</sup> UFC/mL), les levures de bioprotection testées n'ont pas permis de diminuer cette population (figure 4). Pourtant, elles se sont implantées et n'ont pas gêné l'implantation de *S. cerevisiae* durant la fermentation alcoolique, ni son bon déroulement. De plus, la dose de 5 g/hL de SO<sub>2</sub> employée sur le témoin sulfité n'a pas permis de réduire la population de levures d'altération. Si les baies sont trop altérées, la bioprotection ne suffira pas à limiter le risque de déviation.

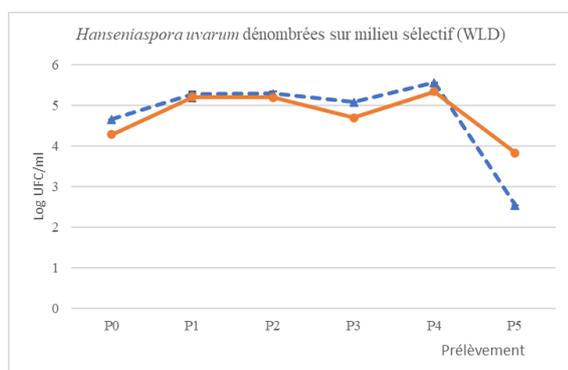


**Figure 4.** Niveau de population de *H. uvarum* à différentes phases de l'itinéraire (essai 2023 – Syrah).

Les vins issus de cet essai ont été dégustés. Il n'y a pas de grandes différences entre les différentes modalités sur les paramètres olfactifs.

Les essais menés à Cognac (5 essais réalisés au total) confirment l'efficacité du levurage direct (saupoudrage des LSA) et anticipé à la vigne pour assurer l'implantation de la souche de LSA et le bon déroulement des fermentations, même en conditions de vendanges froides (<13°C).

Du point de vue microbiologique, le levurage anticipé à la vigne de *S. cerevisiae* (souche FC9) n'a pas eu d'influence sur l'évolution de la population de *H. uvarum* au cours des phases pré-fermentaires et fermentaires ; celle-ci se maintient à un niveau élevé (10<sup>5</sup> UFC/mL environ) jusqu'à au moins la mi-fermentation : l'effet de bioprotection de la vendange par apport anticipé des *S. cerevisiae* n'a pas pu être mis en évidence, malgré les résultats encourageants obtenus au préalable en laboratoire (figure 5).



**Figure 5.** Suivi de la population de *H. uvarum* de la récolte à la fin de la fermentation alcoolique en condition de levurage anticipé - -- ou de levurage classique au chai (P0 : avant contamination de la vendange par *H. uvarum* et avant levurage) ; P1 : après contamination par *H. uvarum* et levurage, arrivée au chai ; P2 : avant pressurage ; P3 : encuvage ; P4 : mi-fermentation ; P5 : fin de fermentation alcoolique).

Du point de vue qualitatif, les conditions de forts risques de déviation (température de récolte > 15°C, forte contamination en *H. uvarum* actives, temps d'attente long de 5 à 8h avant encuvage), ont généré des altérations qualitatives des vins et distillats correspondants : les teneurs en acétate d'éthyle dans les microdistillats oscillent selon les essais, entre 400 et 1200 mg/L, ce qui génère un défaut d'acescence rédhibitoire. En 2021 et 2022, les teneurs en acétate d'éthyle obtenues en

conditions de levurage anticipé dépassent le seuil d'acceptabilité, mais sont légèrement inférieures à celles mesurées dans les distillats issus du levurage classique. Ce résultat n'a cependant pas été confirmé en 2023.

Dans ces conditions extrêmes, le levurage anticipé n'a pas permis de maîtriser l'altération des vins.

### 3. Conclusion

La bioprotection en jus de raisin (moût) a connu ces dernières années un vrai succès commercial à l'international, comme alternative aux sulfites en phase pré-fermentaire [1] à tel point que des préconisations sur la bioprotection sont proposées par l'OIV [6].

Cependant, les essais terrains ne sont pas toujours concluants, car les limites de cet itinéraire technique sont mal définies.

L'ensemble des résultats issus de ces expérimentations permettent de définir les limites de la bioprotection. Ainsi, la bioprotection permet d'éviter l'utilisation de sulfites en phase fermentaire si le ratio de population Levure de bioprotection / Levures indigènes est au moins de 10-100. Ceci correspond à un bon état sanitaire de la vendange. Par ailleurs il a été montré qu'une bonne maîtrise de la température est un paramètre important à contrôler pour s'assurer de l'efficacité de la bioprotection. Ainsi une bonne gestion de la bioprotection doit prendre en compte le niveau de population initial, la température et le moment d'application qui doit être le plus précoce possible.

### 4. Références

1. H. Alexandre, M. Puyo, R. Tourdot-Maréchal, Bioprotection in Winemaking in New Advances in Saccharomyces (Intechopen, 2023), doi: 10.5772/intechopen.1003168 (2023).
2. M. Puyo et S. Simonin, B. Bach, G. Klein, H. Alexandre, R. Tourdot-Maréchal, Front Microbiol. Aug 17; 14:1252973, doi: 10.3389/fmicb.2023.1252973 (2023).
3. M. Puyo, P. Mas, C. Roullier-Gall, R. Romanet, M. Lebleux, G. Klein, H. Alexandre, R. Tourdot-Maréchal, Foods 26;12(21):3927. doi: 10.3390/foods12213927 (2023).
4. M.S Evers, C. Roullier-Gall, C. Morge, C Sparrow, A. Gobert, S. Vichi, H. Alexandre, Foods, 12, 972. doi.org/10.3390/foods12050972 (2023).
5. M. Puyo, P. Mas, H. Alexandre, R. Tourdot-Maréchal, communication in Oeno MacroWine (2023).
6. OIV. 2024. « Use of Bioprotection strains in winmaking ». [https://www.oiv.int/sites/default/files/2024-04/OIV\\_Expertise\\_Document\\_USE\\_OF\\_BIOPROTECTION\\_STRAINS\\_IN\\_WINEMAKING\\_\(2024\).](https://www.oiv.int/sites/default/files/2024-04/OIV_Expertise_Document_USE_OF_BIOPROTECTION_STRAINS_IN_WINEMAKING_(2024).)