IVES Technical Reviews
vigne & vin

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2025.8497

# Vinifications en tubes à essai : une méthode innovante pour l'œnotypage à haut débit de vins blancs obtenus à partir de raisins récoltés sur un seul pied de vigne

**Patricia Claudel✉[1], Vincent Dumas[1], Cécile Thibon[2], Gregory Lemarquis[3], Nathalie Jaegli[1], Ana Sivsivadzé[1], Raymonde Baltenweck[1], Philippe Hugueney[1], Éric Duchêne[1]**

[1] Université de Strasbourg, INRAE, UMR SVQV, 68000 Colmar, France,
[2] Université de Bordeaux, INRAE, Bordeaux Sciences Agro, Bordeaux INP, UMR Œnologie, ISVV, 33882 Villenave d'Ornon, France,
[3] INRAE, UEAV, 68000 Colmar, France

L'arôme des raisins constitue depuis des siècles un facteur clé dans le choix des variétés de vigne[1] et reste un déterminant essentiel de la qualité du vin. Cependant, la seule connaissance de la composition du raisin ne permet ni d'anticiper précisément celle du vin, ni de prédire avec exactitude sa qualité et ses caractéristiques. Bien que de nombreuses recherches aient étudié les bases génétiques de la biosynthèse des arômes du raisin[2] et que les connaissances sur la composition du vin aient considérablement progressé, les fondements génétiques de la diversité des composés aromatiques du vin restent encore largement méconnus. Afin d'explorer les relations entre variations génétiques et teneurs en composés aromatiques d'un grand nombre de génotypes, nous avons développé une méthode de vinification à petite échelle et à haut débit, pour produire des vins blancs à partir d'un seul pied de vigne.

## Contexte et objectifs de l'étude

Les vins expérimentaux sont généralement élaborés dans des bonbonnes de 10 à 25 litres, une échelle inadaptée aux études génétiques impliquant plusieurs centaines de génotypes. Il est donc essentiel de disposer d'une méthode simple, standardisée et réalisable à une échelle beaucoup plus réduite, afin de permettre l'œnotypage à haut débit des vins blancs. Pour répondre à ce défi, nous avons mis au point une méthode spécifique permettant de produire des vins blancs à partir de moins de 100 ml de moût.

Nous avons évalué la méthode sur des variétés de vigne commerciales ainsi que sur des génotypes issus d'une descendance biparentale, représentant une large diversité aromatique. Les vins produits ont ensuite été analysés selon les paramètres œnologiques standard et la caractérisation des composés volatils a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS).

## Vinification de vin blanc à petite échelle et à haut débit

Entre 1 et 2,5 kg de raisins ont été récoltés à partir d'une sélection de cépages commerciaux (Riesling, Gewurztraminer, Chardonnay, Chasselas, Floreal, Muscat à Petits Grains Blancs) ainsi que de quatre génotypes issus d'un croisement biparental entre Riesling et Gewurztraminer[3], représentant une large palette aromatique.

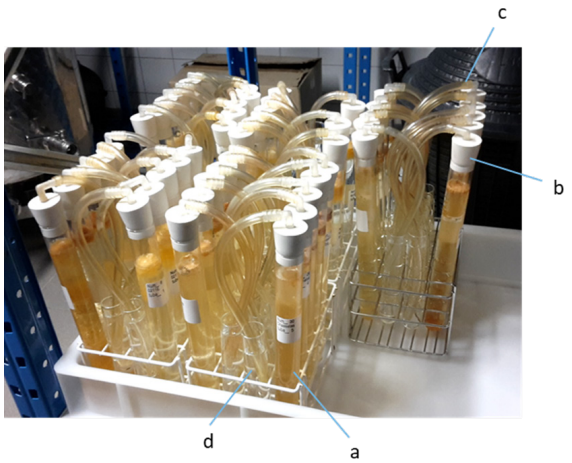



**FIGURE 1.** Dispositif expérimental de vinification en tube à essai. Chaque tube en verre de 100 ml (a) est rempli avec 85 ml de moût, puis fermé à l'aide d'un bouchon en caoutchouc (b) équipé d'un tube de bullage flexible (c), dont l'extrémité est immergée dans un tube rempli d'eau (d), afin de prévenir l'oxydation du vin durant la fermentation.

Les jus ont été obtenus après pressurage des baies à l'aide d'un tamis automatique C80® (ROBOT COUPE SNC, Vincennes, France). Une dose de 6 g de $SO_2$/hl a été ajoutée avant centrifugation (3500 tr/min, 10 min). Après 24 heures de décantation à 10 °C et soutirage, les moûts clarifiés ont été complétés avec i) du moût concentré rectifié pour atteindre une concentration finale en alcool de 12,5 %, ii) du phosphate de diammonium pour garantir un apport de 200 mg/l d'azote assimilable. Les moûts ont été inoculés avec la souche de levure Levulia® GC (AEB-France, Sigolsheim, France). Chaque moût a ensuite été réparti dans cinq tubes de 85 ml pour la phase de fermentation, effectuée dans une chambre climatisée à 22 °C (Figure 1). À la fin de la fermentation, les vins obtenus ont été stabilisés avec 8 g de $SO_2$/hl, puis stockés à 10 °C en chambre froide avant analyse.

Une surface de 0,3 m² a été suffisante pour la production de 50 vins. Les opérations préfermentaires ont été réalisées par deux personnes, tandis qu'une seule personne a assuré le suivi de la vinification.

**TABLEAU 1.** Moyennes ± écarts types (n = 5 sauf pour le Muscat, n = 3) des paramètres œnologiques des vins obtenus par vinification en tube à essai.

| Variété ou génotype | pH | Glucose + Fructose (g/l) | Alcool (% v/v) |
|---|---|---|---|
| Chardonnay | $3,30^{d*} \pm 0,02$ | $1,44^{bcd} \pm 1,52$ | $13,8^{ab} \pm 0,25$ |
| Floreal | $3,53^{b} \pm 0,02$ | $0,44^{cd} \pm 0,31$ | $12,6^{ab} \pm 0,88$ |
| Gewurztraminer | $3,65^{a} \pm 0,04$ | $0,94^{cd} \pm 0,68$ | $15,0^{a} \pm 1,27$ |
| Riesling | $2,82^{g} \pm 0,02$ | $4,42^{a} \pm 2,28$ | $13,0^{ab} \pm 0,85$ |
| Chasselas | $3,39^{c} \pm 0,02$ | $0,30^{d} \pm 0,00$ | $11,0^{b} \pm 1,67$ |
| Muscat à petits grains blancs | $3,03^{e} \pm 0,01$ | $1,43^{bcd} \pm 1,04$ | $14,2^{ab} \pm 0,86$ |
| 0074E | $3,31^{d} \pm 0,02$ | $3,26^{abc} \pm 1,41$ | $15,0^{a} \pm 1,22$ |
| 0211E | $3,05^{e} \pm 0,02$ | $4,02^{ab} \pm 2,4$ | $15,1^{a} \pm 0,72$ |
| 0238E | $2,92^{f} \pm 0,02$ | $1,04^{cd} \pm 1,26$ | $13,2^{ab} \pm 2,87$ |
| 4095G | $2,90^{f} \pm 0,02$ | $0,78^{cd} \pm 0,69$ | $15,1^{a} \pm 0,47$ |

*Les lettres différentes indiquent des différences significatives à $p \leq 0,05$ (Test de Tukey).



Ce travail est disponible sous la licence Creative Commons Attribution 4.0 International.

## Évaluation des paramètres œnologiques

Toutes les fermentations réalisées selon la méthode de vinification en tube à essai ont abouti à un niveau quasi nul de sucres résiduels au bout de 25 jours. Les vins obtenus présentaient des paramètres œnologiques (pH, sucre résiduel et teneur en alcool) conformes aux normes œnologiques habituelles (Tableau 1).

## Discrimination des vins par leurs profils en composés volatils

Pour évaluer la capacité de la méthode à différencier les différentes variétés, une analyse des composés volatils a été réalisée. Ces composés ont été extraits à partir de 3 ml de chaque vin par microextraction en phase solide dans l'espace de tête (HS-SPME), puis analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS).

Au total, 108 composés volatils appartenant à diverses familles chimiques ont été identifiés. Parmi eux, des composés issus de la fermentation, tels que des esters, des acides gras volatils et des alcools supérieurs, ainsi que des composés variétaux tels que des monoterpènes, des norisoprénoïdes en C13 et des sesquiterpènes en C15. Des benzénoïdes, des aldéhydes, des cétones et des lactones ont également été détectés. Enfin, les thiols volatils ont été analysés à l'aide d'une méthode d'extraction spécifique décrite par Thibon *et al*[4]

Les résultats présentés dans la figure 2 montrent que la méthode de vinification en tube à essai permet de discriminer de manière efficace les variétés sur la base de leur profil volatil. Les variétés muscatées à l'arôme intense, telles que le Muscat et le génotype 0074E, se distinguent par des coordonnées positives sur les deux axes principaux, Dim1 et Dim2 (Figure 2A). Ces variétés présentent également des teneurs élevées en monoterpénols, notamment en linalol et en α-terpinéol, qui contribuent à leurs caractéristiques aromatiques florales et fruitées (Figure 2B). Le génotype 4095G se caractérise par une coordonnée positive élevée sur l'axe 1 et une coordonnée négative sur l'axe 2, ainsi que par des teneurs élevées en monoterpénols. Ces composés variétaux contribuent aux caractéristiques florales, fruitées et d'agrumes de ces vins[5]. Les variétés aromatiques non muscatées, telles que le Riesling et le Gewurztraminer, affichent des coordonnées négatives à la fois sur Dim1 et Dim2, les séparant nettement des variétés non aromatiques comme le Chasselas et le Chardonnay, dont les coordonnées sont positives sur Dim1 et négatives sur Dim2. Le Gewurztraminer se distingue par des concentrations élevées en terpénols, en particulier en citronellol, teneur la plus élevée parmi toutes les variétés étudiées. Le Riesling et le génotype 0238E présentent des concentrations élevées de 1,1,6-triméthyl-1,2-dihydronaphtalène (TDN), un composé de la famille des norisoprénoïdes connu pour son arôme caractéristique de pétrole ou de «pierre mouillée», qui contribue fortement à la typicité aromatique des vins de Riesling[6 7]. Des concentrations élevées de 3-sulfanylhexan-1-ol (3SH) ont été observées dans le Gewurztraminer et le 4095G, avec des niveaux particulièrement élevés dans le 0074E. En revanche, la 4-méthyl-4-sulfanylpentan-2-one (4MSP) n'a été détectée que dans le Floreal et le 0074E. Ces thiols volatils sont appréciés pour leurs arômes rappelant le bourgeon de cassis, le fruit de la passion et le pamplemousse.

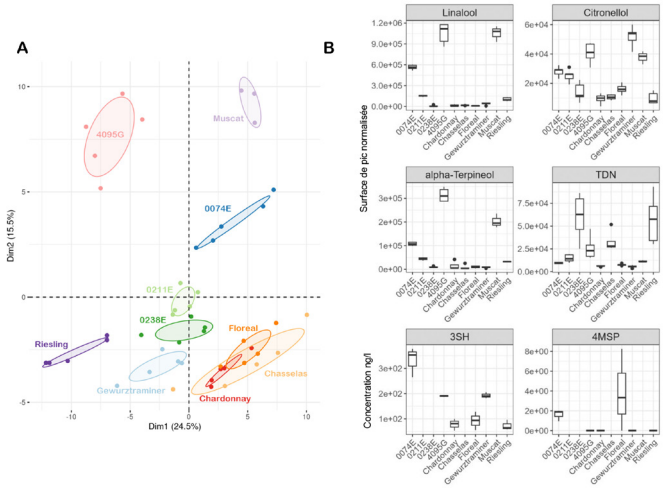



**FIGURE 2.** Profil des composés volatils dans les vins produits par vinification en tube à essai. (A) Analyse en composantes principales (ACP) illustrant la discrimination des vins en fonction de différents cépages et différents génotypes de vigne. (B) Variabilité génétique des concentrations d'une sélection de composés volatils dans les échantillons de vin. TDN : 1,1,6-triméthyl-1,2-dihydronaphtalène, 3SH : 3-sulfanylhexan-1-ol, 4MSP : 4-méthyl-4-sulfanylpentan-2-one.

## Conclusion

Notre étude démontre que la méthode de vinification en tube à essai est très efficace pour la production des vins blancs à très petite échelle, moins de 100 ml, tout en restituant fidèlement le potentiel aromatique des différents cépages. Cette méthode de vinification à haut débit et à petite échelle permet de produire des centaines de vins blancs et d'évaluer le potentiel œnologique de nombreux génotypes de vigne à partir de la récolte d'un seul pied de vigne. Cette approche de phénotypage direct axée sur le vin a été développée dans le but de permettre une approche scientifique du déterminisme génétique des arômes du vin, en particulier pour les composés qui ne sont pas directement présents dans le raisin, et offre de nouvelles perspectives pour améliorer la sélection des variétés de raisin présentant des caractéristiques désirées.

Par ailleurs, cette méthode offre des perspectives importantes pour les acteurs du domaine vitivinicole, comme les viticulteurs ou les services de recherche et développement, car elle constitue un moyen rapide et efficace d'évaluer les techniques de fermentation ou les traitements à petite échelle avant de les déployer à grande échelle. Grâce à cette méthode, il devient possible d'analyser la dynamique de la fermentation, d'explorer le potentiel œnologique des souches de levure, d'évaluer la stabilité du vin ou encore d'analyser l'influence de diverses pratiques viticoles ou de facteurs environnementaux sur la qualité du vin. ■

***Sources :*** *Article prenant sa source de l'article de recherche "A test-tube vinification method for high-throughput characterisation of the oenological and aromatic potential of white wines" (OENO One, 2024).*


**1** Lacombe, T. (2012). Contribution à l'étude de l'histoire évolutive de la vigne cultivée (Vitis vinifera L.) par l'analyse de la diversité génétique neutre et de gènes d'intérêt. [Thesis, Institut National d'Etudes Supérieures Agronomiques de Montpellier]. https://hal.inrae.fr/tel-02811247

**2** Lin, J., Massonnet, M., & Cantu, D. (2019). The genetic basis of grape and wine aroma. *Horticulture Research*, 6(1), 81. https://doi.org/10.1038/s41438-019-0163-1

**3** Duchêne, E., Butterlin, G., Dumas, V., & Merdinoglu, D. (2012). Towards the adaptation of grapevine varieties to climate change: QTLs and candidate genes for developmental stages. *Theoretical and Applied Genetics*, 124(4), 623-635. https://doi.org/10.1007/s00122-011-1734-1

**4** Thibon, C., Pons, A., Mouakka, N., Redon, P., Méreau, R., & Darriet, P. (2015). Comparison of electron and chemical ionization modes for the quantification of thiols and oxidative compounds in white wines by gas chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1415, 123-133. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.08.027

**5** Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2006). Handbook of Enology Volume 1 The Microbiology of Wine and Vinifications (2nd ed.). John Wiley & Sons, Ltd.

**6** Winterhalter, P., & Schreier, P. (1994). C13-Norisoprenoid glycosides in plant tissues: An overview on their occurrence, composition and role as flavour precursors. *Flavour and Fragrance Journal*, 9(6), 281-287. https://doi.org/10.1002/ffj.2730090602

**7** Schüttler, A., Friedel, M., Jung, R., Rauhut, D., & Darriet, P. (2015). Characterizing aromatic typicality of Riesling wines: merging volatile compositional and sensory aspects. *Food Research International*, 69, 26-37. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.010