IVES Technical Reviews vigne & vin

terclimpro

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2025.8495

Cet article est publié en coopération avec la 2e édition de TerclimPro (18-19 février 2025), Bordeaux & Cognac, France.

Caractérisation de la dynamique d'accumulation du sucre dans le raisin et des facteurs influençant ce processus à échelle locale

Laure de Rességuier✉[1], Lauren Inchboard[2], Amber K. Parker[3], Théo Petitjean[1], Cornelis van Leeuwen[1]

[1] EGFV, Univ. Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, ISVV, F-33882 Villenave d'Ornon, France
[2] VITINNOV, Bordeaux Sciences Agro, ISVV, F-33175 Gradignan cedex, France
[3] Department of Wine, Food and Molecular Biosciences, Lincoln University, Lincoln 7647, New Zealand

Déterminer la concentration en sucre dans les baies de raisin est essentiel pour les viticulteurs, car elle permet d'évaluer le degré d'alcool du vin final et d'optimiser la date de récolte. Face au changement climatique et à l'augmentation des températures, comprendre les facteurs qui affectent la dynamique d'accumulation du sucre est crucial pour adapter les pratiques viticoles et maintenir la qualité des vins. Cette étude vise à analyser les facteurs de développement et environnementaux impliqués dans l'accumulation du sucre dans les raisins, en utilisant des données collectées dans la région de Saint-Émilion, Pomerol et leurs appellations satellites (Bordeaux, France)[1].

Caractérisation de la dynamique d'accumulation du sucre

18 placettes situées dans des parcelles de Merlot ont été suivies de 2012 à 2019 (à l'exception 2017, année marquée par un gel de printemps). Chaque placette de suivi de maturation était composée de 20 ceps disposés autour d'un capteur de température préalablement installé pour caractériser la température à l'échelle locale[2]. En complément de la température, le statut hydrique et la nutrition azotée ont été évalués, à une date proche des vendanges, par des mesures de discrimination isotopique du carbone ($\delta^{13}C$)[3] et d'azote assimilable sur moût (Nass) par méthodes de dosage enzymatique ou de formol titration. Les stades phénologiques, et en particulier la mi-véraison (BBCH 85)[4], ont été déterminés par des observations de terrain bihebdomadaires, tandis que le poids des baies et la concentration en sucre (mesurée par la méthode IRTF, FOSS Analytical, France) ont été suivis chaque semaine de la véraison jusqu'à une date proche de la récolte.

La dynamique d'accumulation du sucre à l'échelle d'une population de baies suit une courbe sigmoïde qui se termine par un plateau[5]. Dans cette étude, un modèle a été utilisé pour caractériser la dynamique d'accumulation de sucre dans les baies de raisin par parcelle et par année[6]. Ce modèle a permis d'estimer le jour de l'année où la concentration en sucre atteint 95 % de son maximum (Jour Plateau) et la concentration en sucre (g/L) au moment où 95 % du maximum de concentration est atteint ([sucre] au Plateau) (Figure 1). Le nombre de jours (durée) entre la mi-véraison observée (Jour Ver) et le jour modélisé où 95 % du maximum de sucre est atteint (Jour Plateau), a aussi été calculé (Durée Ver-Plateau) (Figure 1).

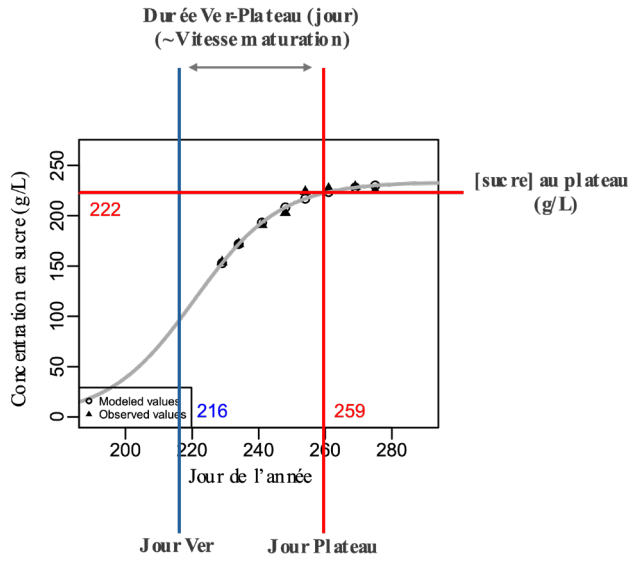


FIGURE 1. Modélisation de la dynamique de l'accumulation en sucre dans le raisin du site 1 en 2012 et indicateurs de maturation retenus. Traits rouges : paramètres estimés ; Trait bleu : paramètre mesuré.

Quels sont les facteurs qui influencent la dynamique d'accumulation du sucre ?

Des modèles linéaires mixtes ont été utilisés pour explorer l'influence de divers facteurs abiotiques (température moyenne (Tmoy) entre la mi-véraison et le plateau, $\delta^{13}C$ et Nass) et de développement (poids d'une baie et précocité de la mi-véraison) sur les paramètres de la dynamique d'accumulation du sucre. La Table 1 présente une synthèse des résultats de ces analyses.

TABLE 1. Synthèse des résultats statistiques des modèles linéaires mixtes utilisés pour expliquer le poids d'une baie, la précocité du plateau, la concentration en sucre au plateau et la durée d'accumulation du sucre.

	Tmoy Ver-Plateau (°C)	$\delta^{13}C$ (‰)	Nass (mg/L)	Poids d'une baie (g)	Jour Ver	Durée Ver-Plateau (jour)
Poids d'une baie (g)	ns	** Poids ↘ quand contrainte ↗	ns	/	/	/
Précocité plateau	*** Précocité ↗ quand Tmoy ↗	* Précocité ↗ quand contrainte ↗	ns	ns	** Précocité plateau ↗ quand précocité Ver ↗	/
[Sucre] au plateau (g/L)	** [Sucre] ↗ quand Tmoy ↗	ns	ns	*** [Sucre] ↘ quand poids ↗	ns	*** [Sucre] ↗ quand durée ↗
Durée Ver-Plateau (jour)	*** Durée ↘ quand Tmoy ↗	ns	ns	ns	/	/

Nass = azote assimilable du moût, Jour Ver = jour où 50 % des baies ont atteint le stade mi-véraison, $\delta^{13}C$: discrimination isotopique du carbone, 'ns' non significatif, '***' significatif à $p < 0.001$, '**' significatif à $p < 0.01$, '*' significatif à $p < 0.05$, '/' : non pris en compte dans le modèle.

La précocité du plateau dépend de la température moyenne et de la date de mi-véraison. Une température moyenne élevée accélère la maturation en avançant l'apparition du plateau. Un faible effet du statut hydrique a également été observé : le plateau est atteint plus précocement en situation de contrainte hydrique.

La concentration en sucre au début du plateau est principalement influencée par la durée de la période d'accumulation. Une maturation rapide est associée à une concentration en sucre au plateau plus faible. Un effet significatif du poids de la baie a également été démontré : les baies plus lourdes présentent une concentration en sucre plus faible.

Enfin, la durée d'accumulation en sucre est également dépendante de la température moyenne : plus il fait chaud, plus la durée entre la mi-véraison et le plateau est courte. Cependant, d'autres facteurs, tels que l'hétérogénéité de maturation entre les baies d'une même grappe[7], n'ont pas été pris en compte. L'azote assimilable n'a jamais été identifié comme une variable significative dans cette étude, et les résultats sont similaires avec l'utilisation d'un autre indicateur de nutrition azotée tel que le N-tester (données non présentées).

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

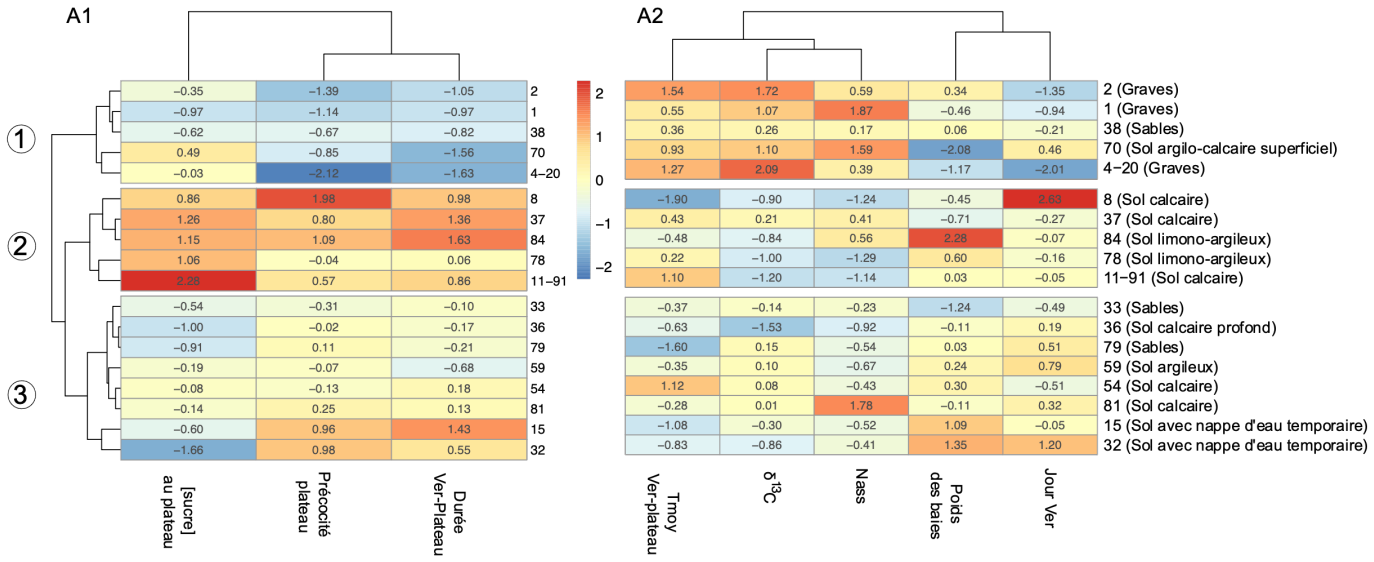


FIGURE 2. A1 - Heatmap avec classification des sites en fonction des variables de maturité. A2 - Heatmap avec regroupement des variables explicatives et classification des sites en utilisant les groupes des lignes de la première heatmap et en ajoutant les types de sols des placettes.

Regroupement des parcelles avec une dynamique de maturation similaire à l'échelle du territoire d'étude

Afin d'identifier des zones homogènes sur le territoire d'étude en termes de dynamique de maturation, des *heatmaps* combinées à une classification ascendante hiérarchique ont été utilisées pour regrouper les parcelles. Les *heatmaps*, ou cartes de chaleur, permettent de représenter visuellement des matrices de données en utilisant un code couleur. Les valeurs élevées sont généralement représentées par des couleurs chaudes (rouge, orange), tandis que les valeurs faibles sont représentées par des couleurs froides (bleu, vert). Cette représentation facilite l'identification des tendances et des variations dans les données. Une classification ascendante hiérarchique, qui regroupe les éléments en fonction de leur similarité, a été appliquée aux *heatmaps* afin de réorganiser les parcelles et les variables de maturité (Figure 2, A1). Les variables explicatives (Tmoy Ver-Plateau, $\delta^{13}C$, Nass, Poids des baies et Jour Ver) ont été ajoutées dans une deuxième *heatmap* (Figure 2, A2) et regroupées sur les colonnes. Les lignes de cette deuxième *heatmap* ont été réorganisées en fonction des groupes de parcelles identifiés sur la première *heatmap* (Figure 2, A1), ce qui permet de visualiser les liens entre les dynamiques de maturation des parcelles et les variables explicatives. Les types de sols ont aussi été ajoutés pour compléter le lien avec le terroir.

Trois groupes distincts de maturité ont été identifiés (Figure 2). Le groupe 1 se caractérise par une durée mi-véraison-plateau rapide, un plateau précoce et une concentration en sucre modérée au plateau. Ce groupe correspond à des parcelles situées à l'ouest de la zone d'étude, sur des sols majoritairement graveleux ou sableux, sujets à des déficits hydriques. La température de ces secteurs durant la période de maturation est chaude, et les parcelles sont caractérisées par des concentrations en azote assimilable supérieures aux parcelles des autres secteurs. Dans ce groupe, la maturation rapide est associée à une concentration en sucre finale plus faible, possiblement en raison d'une restriction de la photosynthèse liée à un déficit hydrique en fin de maturation non pris en compte par l'indicateur d'alimentation hydrique choisi ($\delta^{13}C$). Le groupe 2 se distingue par une maturation lente, un plateau tardif et une concentration en sucre au plateau élevée. Ces placettes sont situées sur des sols argilo-limoneux profonds, moins sujets au déficit hydrique. Enfin, le troisième groupe présente une concentration finale en sucre faible, ainsi qu'un plateau et une durée de maturation moyennes. Il regroupe des placettes plus hétérogènes en termes de terroir, qui sont cependant caractérisées par des températures pendant la maturation et des niveaux d'Nass inférieurs à la moyenne, à l'exception de deux parcelles.

Discussion et applications

Cette étude a confirmé l'impact majeur de la température durant la période de maturation sur la précocité du plateau de concentration en sucre dans le raisin. Elle a également montré l'importance de la durée de maturation et du poids des baies sur la concentration en sucre au début du plateau. La méthode d'analyse développée dans cette étude est reproductible et pourrait être utilisée par des unités de production, comme des caves coopératives ou de grandes propriétés, pour regrouper les parcelles en fonction de leur dynamique de maturation. Les raisins de parcelles avec des dynamiques similaires pourront être vinifiées dans les mêmes cuves ou être intégrés dans les mêmes assemblages. Les facteurs explicatifs de la maturation pourraient être complétés par des variables non mesurées dans cette étude, telles que les rendements, l'âge des parcelles, les porte-greffes, les clones, ou d'autres indicateurs de nutrition minérale et du statut hydrique en pré-véraison, qui sont susceptibles d'influencer la dynamique de maturation. Ces résultats ouvrent aussi des perspectives en termes d'adaptation au changement climatique, en utilisant par exemple des cépages plus tardifs pour retarder le début de la maturité ou en favorisant des pratiques viticoles visant à augmenter le poids des baies pour limiter la concentration des raisins en sucre à maturité. ■

1 de Rességuier, L., Inchboard, L., Parker, A. K., Petitjean, T., & van Leeuwen, C. (2024). Drivers of grape berry sugar accumulation in field conditions at local scale. *OENO One*, 58(4), Article 4. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.4.8195

2 de Rességuier, L., Mary, S., Le Roux, R., Petitjean, T., Quénol, H., & van Leeuwen, C. (2020). Temperature variability at local scale in the bordeaux area. Relations with environmental factors and impact on vine phenology. *Frontiers in Plant Science*, 11, 515. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00515

3 van Leeuwen, C., Bois, B., Brillante, L., Destrac-Irvine, A., Gowdy, M., Martin, D., Plantevin, M., de Rességuier, L., Santesteban, L. G., & Zufferey, V. (2023). Carbon isotope discrimination (so-called δ13C) measured on grape juice is an accessible tool to monitor vine water status in production conditions. *IVES Technical Reviews, Vine and Wine*. https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2023.7742

4 Meier, U. (2001). Stades phénologiques des mono-et dicotylédones cultivées (2e éd). Centre fédéral de recherches biologiques pour l'agriculture et les forêts.

5 Coombe, B. G., & McCarthy, M. G. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 131-135. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00171.x

6 Suter, B., Destrac Irvine, A., Gowdy, M., Dai, Z., & van Leeuwen, C. (2021). Adapting Wine Grape Ripening to Global Change Requires a Multi-Trait Approach. *Frontiers in Plant Science*, 12. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.624867

7 Coombe, B. G. (1980). Development of the grape berry. I. Effects of time of flowering and competition. *Australian Journal of Agricultural Research*, 31(1), 125-131. https://doi.org/10.1071/ar9800125