

**NOTION DE RHEOLOGIE EN ŒNOLOGIE : APPLICATION A L'INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA VISCOSITE, ET DES CONSEQUENCES SUR QUELQUES PRATIQUES ŒNOLOGIQUES ET SUR LA FILTRABILITE DES VINS**

Hervé ROMAT /HERVE ROMAT CONSEIL - 33 710 TEUILLAC  
Sébastien JARNY – CNRS/Université de Poitiers – 86 000 POITIERS

La Rhéologie est la science de l'écoulement des fluides. Un des éléments important intervenant dans la rhéologie est la viscosité. Celle-ci intervient donc dans le comportement des vins au regard de la clarification, de différentes opérations comme l'addition de produits œnologiques, des assemblages, et bien entendu vis-à-vis de la filtration. Outre les viscosités propres de chaque vin, les variations de températures entraînent des modifications de la viscosité d'un même vin, et constituent donc un élément important. Après avoir étudié la filtrabilité des vins au travers de la définition d'un « Coefficient de Colmatage » et son application pratique à l'établissement de « Critères de Filtration CFLA » (Romat, 2007-Romat et al, 2007), il semblait important de pouvoir aborder l'influence de la température comme un des principaux facteurs influençant la filtrabilité et donc la filtration. Ainsi des mesures de viscosités sont réalisées sur différents grands types de vin, Vin Blanc sec, Vin Blanc Liqueureux et Vin Rouge, en fonction des changements de température pour en connaître les implications et les conséquences.

**INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA VISCOSITE**

**Mesure de la viscosité / Matériel et méthode :**

Les essais ont été effectués avec un rhéomètre à contrainte imposée de type Gemini de marque Bohlin-Malvern, équipé en géométrie de Couette de type Starch et de diamètre extérieur 37 mm. La température est régulée par chauffage du cylindre extérieur ou du plan de mesure via un effet Peltier.

• **Essais en température**

Les essais en température ont été réalisés pour quatre températures : 4, 10, 15 et 20 °C. À chaque palier en température, l'essai ne débute que si la température de consigne est vérifiée à 0,1°C près ou après 1h d'attente d'équilibre thermique (ce temps n'a jamais été atteint au cours des essais). Tous les essais ont été doublés pour chaque température afin de vérifier la dispersion des mesures.

• **Essais d'écoulement**

Les essais d'écoulement sont réalisés en imposant une vitesse de rotation donc un gradient de vitesse et en mesurant le couple exercé sur la géométrie, à partir duquel on calcule la contrainte.

L'essai proprement dit est réalisé en imposant successivement 20 vitesses de cisaillement comprises entre 1 s<sup>-1</sup> et 100 s<sup>-1</sup>, par pas de 5 s<sup>-1</sup>. En chaque point, un temps d'attente de 5 s et un temps d'intégration de 30 s sont imposés de sorte que l'écoulement soit établi et la valeur d'acquisition significative. La plage de vitesses de cisaillement [1 s<sup>-1</sup>; 100 s<sup>-1</sup>] a été choisie de sorte que pour les fluides les moins

visqueux et les températures les plus élevées les mesures de couple restent significatives et les vitesses de rotation inférieures au régime d'apparition des instabilités de Taylor.

De plus, pour chaque température les essais ont été doublés afin d'obtenir l'erreur relative à l'appareil de mesure.

On appelle rhéogramme la courbe obtenue en traçant l'évolution de la contrainte de cisaillement en fonction de la vitesse de cisaillement (fig. 1). Si le fluide est newtonien, on obtient une droite passant par l'origine dont la pente est la viscosité dynamique exprimée en Pa.s.

## Résultats / Détermination de la viscosité

Pour chaque rhéogramme obtenu, nous avons déterminé la viscosité comme la pente de la droite passant par l'origine. En effet, tous les rhéogrammes présentent un comportement de type newtonien. Les résultats obtenus en appliquant le protocole défini précédemment sont consignés dans le tableau 1 ci-dessous :

Échantillon	Viscosité dynamique ( mPa.s )			
	20°C	15°C	10°C	4°C
Bordeaux sec	2.53	2.58	3.02	3.67
Bordeaux rouge	2.22	2.64	3.12	3.86
Bordeaux blanc liquoreux	3.84	4.52	5.41	6.88

Tableau 1 : Viscosités dynamiques moyennes sur 3 vins en fonction de la température

Les résultats montrent une similitude d'évolution de la viscosité en fonction de la température, quelle que soit le type de vin, Rouge, Blanc sec ou Liquoreux bien que les valeurs de chacun d'eux soient différentes à l'origine. L'augmentation de viscosité est très importante, et de l'ordre de 80 % en passant de 20°C à 4 °C.

## APPLICATION DES OBSERVATIONS A QUELQUES PRATIQUES CENOLOGIQUES :

- *Sur la sédimentation naturelle et l'évolution de la turbidité:* en premier lieu selon la loi de stock, la « vitesse limite de chute d'une particule » est dépendante de la viscosité qui freine la sédimentation naturelle des particules. Suivant la formule établie, cette vitesse peut donc être divisée quasiment par 2. En conséquence, pendant les températures les plus basses, bien que le froid soit favorable aux floculations, il existera un fort gradient de turbidité dans les cuves (vérifié dans la pratique). Cela peut avoir différentes incidences : le maintien de certaines particules en suspension, une différence de turbidité et de constitution des vins suivant la hauteur dans la cuve/barrique. Cela implique aussi une vigilance sur l'interprétation de la mesure de la turbidité à partir d'un échantillon prélevé à une certaine hauteur et pas toujours représentatif de l'ensemble de la cuve.

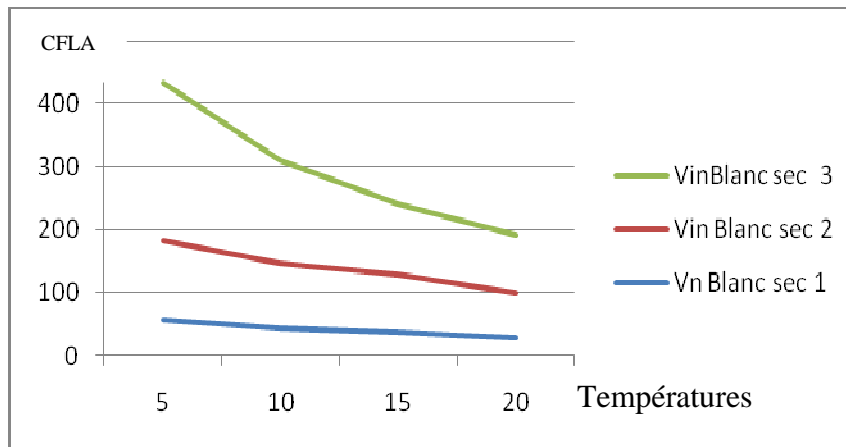
De plus, si les particules en suspension sont susceptibles de générer des goûts (parties végétales), des composés colloïdaux ou des polysaccharides (micro organismes), on a un gradient de constitution et de viscosité qui amplifie le phénomène. Cette observation conforte les pratiques du batonnage en Vin Blancs, et des soutirages en général, permettant d'homogénéiser les vins, et de la préconisation d'homogénéisation avant assemblage.

- ***Sur les pratiques additives***: beaucoup de praticiens se plaignent régulièrement d'une certaine hétérogénéité de certains additifs œnologiques. Cela provient certainement aussi des conséquences de l'augmentation de la viscosité. Plus la viscosité sera importante, plus le mélange de certains produits œnologiques (à commencer par le SO<sub>2</sub>, mais aussi les autres additifs) sera difficile, d'autant plus s'ils sont introduit en homogénéisation sur place avec des cuves pas toujours adaptées, et pourront donc entraîner des hétérogénéités de constitution et/ou de stabilité.
- ***Sur les pratiques d'assemblages*** : il est fréquent de rencontrer des différences entre différentes cuves d'un même assemblage, bien que réalisé à proportions égales. Pour les cuves devant servir de base à un assemblage, si leur homogénéité n'est pas bonne (mise en évidence par un gradient de turbidité), il est logique que les fractions utilisées ne soient pas égales entre elles, et que les assemblages ne soient donc pas homogènes, non seulement en dégustation mais aussi certainement en constitution particulière et colloïdale, et donc aussi en stabilité. Il serait impérativement nécessaire d'homogénéiser les cuves avant de pratiquer les assemblages si l'on veut écarter tout risque d'hétérogénéité.
- ***Sur la stabilité des vins et les phénomènes colloïdaux*** : la diminution de la température diminue les mouvements browniens, et favorise pour une part l'attraction des particules entre elles (force de Van der Waals), comme vérifié pour l'opération de collage. Mais d'un autre côté, si la température est très basse <5°C, l'augmentation de la viscosité constitue un frein au phénomène, ce qui nécessiterait une homogénéisation, pour mettre les molécules/particules en contact, comme par exemple dans le cas du traitement par le froid. Par ailleurs, le vin étant une solution colloïdale, on confirme le fait que des températures basses entraînent une modification de constitution, par formation d'agrégats pouvant aller jusqu'à la précipitation mise en évidence par la précipitation tartrique, de matière colorante et de certains colloïdes seuls ou associés.

## **INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA FILTRABILITE**

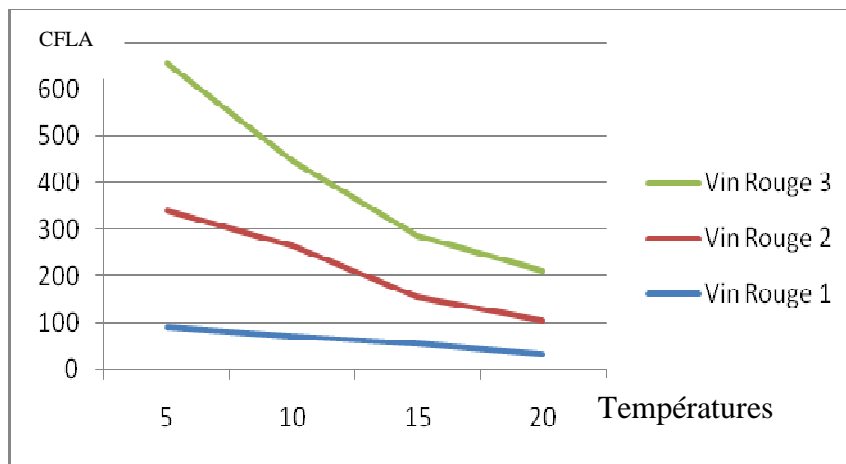
Nous avons choisi dans chaque catégorie de vin, Vin Rouge, Vin Blanc Sec et Vin Blanc liquoreux, différents stades de limpidité, pour approcher l'influence de la température sur la filtrabilité, mesurée par le Coefficient de Colmatage / CFLA.

Les résultats observés sont différenciés non seulement en fonction des types de vins, mais aussi en fonction de la turbidité initiale de chaque vin.



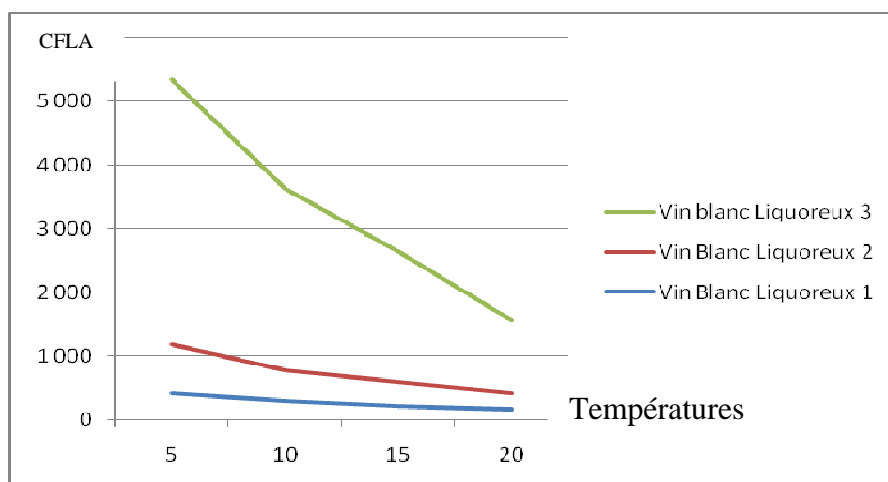
**Figure 1 Vins Blancs secs : évolution de la filtrabilité en fonction de la température et de l'état de clarification**

VB1 : 0.9 NTU et CFLA 20°C = 28 – VB2 : 3.8 NTU et CFLA 20°C = 71 – VB3 : 7.5 NTU CFLA 20°C = 92



**Figure 2 Vins Rouges : évolution de la filtrabilité en fonction de la température et de l'état de clarification**

VR1 : 1.1 NTU et CFLA 20°C = 32 – VR2 : 10.2 NTU et CFLA 20°C = 72 – VR3 : 18.5 NTU CFLA 20°C = 110



**Figure 3 Vin liquoreux : évolution filtrabilité en fonction de la température et de leur état de clarification**

VL1 : 1.3 NTU et CFLA 20°C = 164 – VL2 : 4.9 NTU et CFLA 20°C = 251 – VL3 : 8.4 NTU CFLA 20°C = 1 144

Ainsi, dans une première approche on peut voir que l'ensemble des types de vins semblent réagir globalement de la même manière à l'évolution de la température en fonction du degré de clarification (particules+colloïdes) : l'évolution de la filtrabilité est très affectée en fonction de l'abaissement de la température est d'autant plus fortement que le vin sera peu clarifié. Cependant, l'évolution est largement plus importante que pour la viscosité.

Pour tous les vins considérés, Vins Blancs secs (Fig. 1), Vins Rouges (Fig. 2) et Vins Blancs liquoreux (Fig.3), on peut voir une tendance générale qui peut se décrire en s'inspirant du tableau des CFLA (à 20°C) soit :

- si **CFLA < 50 et Turbidité < 3 NTU**, il y a une augmentation quasi linéaire de 25% à 35% en abaissant la température de 5°C, soit de 50% à 75 % pour une baisse de 10°C, et de 100% à 150% pour un abaissement de 15°C.
- si **50 < CFLA < 200 et 3 NTU < Turbidité < 15 NTU**, l'augmentation n'est pas tout à fait linéaire mais se situe entre 30 et 40 % en abaissant la température de 5°C, soit près de 100% pour une baisse de 10°C, et pouvant atteindre les 200 % pour un abaissement de 15°C
- si **CFLA > 200 et Turbidité > 15 NTU** les variations ne sont pas linéaires et sont encore plus marquées pouvant aller de 50 à 60 % pour un abaissement de 5°C soit plus de 200% pour une baisse de 10°C, atteignant presque les 400 % pour un abaissement de 15°C.

**Discussion :**

- Globalement, on voit que pour une même charge de particules, la viscosité entraîne un changement important du comportement de l'écoulement d'un fluide, et au-delà de son évolution spécifique. C'est ce que l'on peut observer dans la pratique entre un Vin Blanc sec et un Vin Blanc Liquoreux ; ainsi dans l'exemple entre VB1 (fig.1) et VL1(fig.3), où pour des turbidités comparables, on observe des filtrabilités totalement différentes respectivement 28 et 164 ; cela semble être justifié par des viscosités initiales très différentes (de l'ordre de 70 % ; tableau 1). Le comportement des Vins blancs secs et des Vins rouges est relativement comparable pour avoir des viscosités qui sans être semblables sont assez voisines (tableau 1).

- La composition colloïdale, sans la connaître parfaitement, joue un rôle déterminant direct dans l'écoulement des fluides au travers de son influence sur la viscosité d'un vin donné, et certainement indirecte au travers de sa modification aux températures basses. Cela mériterait des travaux complémentaires pour tenter d'avoir une approche plus précise, et peut être de mettre en évidence qu'au-delà d'une certaine limite, la recherche d'une trop bonne filtrabilité pourrait signifier un appauvrissement de la constitution colloïdale, dans le sens de certaines observations de pertes de stabilité et de dégustations différenciées.

- En tenant compte des charges des particules au pH du vin et de l'influence de celles-ci dans la rétention lors de la filtration, on peut concevoir que la température peut aussi agir directement en augmentant la rétention électrochimique, en parallèle de l'évolution de la viscosité.

- On pourrait ainsi trouver dans cette approche les différences de rétention observées suivant des vins qui pourtant semblent comparables (issus d'un même assemblage par exemple, ou issu d'une matière première comparable) et les origines de nombreuses surfiltrations.

- La température a donc un double rôle opposé, d'une part en améliorant la rétention et d'autre part en dégradant la filtrabilité pouvant occasionner une inadéquation entre le vin et le matériau.

- Pour les vins ayant naturellement une viscosité élevée  $> 2.75$  mPa.s et/ou une turbidité élevée  $> 15$  NTU, il sera important de procéder à la filtration avec une température  $> 15^{\circ}\text{C}$  pour éviter une rétention de macromolécules trop importante (dont certainement les mannoprotéines), éventuellement des pertes de stabilité et des changements d'appréciation du vin.

### ***Préconisations***

- On peut considérer que jusqu'à une baisse de la filtrabilité de 25% (augmentation des CFLA de 25%) la filtration n'est pas remise en cause, par contre au-delà, il faudra impérativement changer de matériau (suivant tableau CFLA) et/ou modifier les conditions hydrodynamiques (baisse de débit), ou bien augmenter la température des vins lors de la filtration pour éviter un colmatage prématuré et toute surfiltration.

- Tout traitement ou additif contribuant à une augmentation de viscosité devra être appréhendé sur sa pertinence et sa contribution sur la filtrabilité à la température de filtration du vin, surtout si elle doit être inférieure à  $15^{\circ}\text{C}$ .

- Tout traitement ou additif contribuant à une diminution de viscosité et /ou de la turbidité, devrait être mis en œuvre (collage, addition d'enzyme spécifique,...) pour permettre les meilleures filtrations à des températures basses, surtout si le vin doit être filtré au dessous de  $15^{\circ}\text{C}$ .

### ***Remarque sur la mesure de la filtrabilité par le coefficient de Colmatage/CFLA :***

La viscosité et la turbidité fonctionnent en synergie négative, ce qui démontre la pertinence du Coefficient de colmatage, et des CFLA, comme très bons marqueurs des phénomènes observés, soit l'influence de l'association de la viscosité et la capacité de colmatage des particules et/ou des colloïdes en présence.

Cependant, par l'influence importante de la température sur la viscosité et la filtrabilité, il faut donc être très attentif à la mise en œuvre des tests :

- d'une part à l'homogénéité de l'échantillon (gradient de turbidité et gradient de constitution dans la cuve).

- d'autre part à la température des tests, soit à  $20^{\circ}\text{C}$  pour les comparer entre eux, soit à la température de la filtration prévue pour qu'ils soient interprétables pour le choix des matériaux de filtration.

Cela explique largement les erreurs et mauvaises interprétations qui ont pu exister sur les tests, et les conséquences négatives sur la filtrabilité et la filtration des vins.

## CONCLUSION

Le vin est un liquide complexe ou se mélange plusieurs éléments liés à sa composition colloïdale, polysaccharidique et à sa charge particulaire.

L'approche de la rhéologie en œnologie permet de mettre en évidence la forte influence de la température en particulier sur la viscosité, mais aussi sur une modification de constitution du vin à des températures basses. Cela est visible à différents niveaux : d'une part sur l'homogénéité des vins à un moment donné, pouvant occasionner des difficultés dans les pratiques d'homogénéisation de produits œnologiques et d'assemblage ; d'autre part sur la filtrabilité, entraînant à la fois une nécessité de contrôler celle-ci avant tout additif ou traitement, surtout si les vins ont une turbidité et/ou d'une viscosité initiale importante, et s'ils doivent être filtrés à des températures en dessous de 15°C.

Turbidité et viscosité agissent donc en synergie négative affectant lourdement la filtration, et aggravent les conséquences de celle-ci sur la composition des vins, leur dégustation, et leur stabilité, d'autant plus que les vins seront filtrés à des températures basses.

*Remerciements* : nous remercions Hubert Romat Professeur à l'Université de Poitiers, Marc Soumet (laboratoire 2020), la Sté Lamothe Abiet et le Château Doisy-Védrines et le Château Haut Bertineire pour leurs contributions.