

Transfert des vins : points clés et éléments de maîtrise

Jean-Michel Desseigne¹

¹ Institut Français de la Vigne et du Vin - Pôle Rhône-Méditerranée, 7 avenue Yves Cazaux, 30230 RODILHAN

Email: jean-michel.desseigne@vignevin.com

Introduction

Remontages, soutirages, entonnages, dépotages, relogement (cuves en vidange...), assemblages... : les vins subissent de nombreux transferts au cours de leur élaboration. Si la gravité, la pression de gaz peuvent ponctuellement être utilisées, la majorité des transferts est réalisée à l'aide de pompes.

Dans tous les cas, un des enjeux majeurs est de préserver la qualité : limiter les « brassages », éviter ou maîtriser les dissolutions d'oxygène, limiter les risques de contaminations microbiologiques et chimiques. L'opération de transfert en elle-même n'apportant pas de valeur, on s'efforcera de la réaliser en un minimum de temps, pour optimiser les coûts. La notion de débit de transfert est alors importante, notamment lorsque les volumes mis en œuvre sont importants. Les aspects environnementaux sont évidemment également à considérer, en limitant les consommations énergétiques, l'utilisation d'eau et en minimisant les volumes et le caractère polluant des effluents.

Il est important de considérer l'installation de transfert dans son ensemble : contenant – canalisations d'aspiration - pompe- canalisations de refoulement- contenant en aval. Les impacts négatifs sont souvent imputables à de mauvaises configurations ou pratiques.

Les pompes sont diverses de par leurs technologies, leurs caractéristiques et leurs comportements. Une présentation technique des différents types de pompe et de leurs performances mécaniques respectives sont disponibles dans différents articles (Desseigne, 2 ; Chargères, 1), et ne seront donc pas repris. Nous rappellerons simplement que les pompes fonctionnent selon trois principes très différents. Les pompes centrifuges mettent en rotation le liquide à pomper, en le faisant circuler dans une roue tournant à une vitesse élevée. Les pompes volumétriques déplacent un volume fixe de l'aspiration au refoulement. Les pompes volumétriques alternatives, comme les pompes à piston et les pompes à membrane, utilisent les variations de volume occasionnées par le déplacement alternatif d'un piston dans un cylindre. Enfin pour les pompes volumétriques rotatives, une pièce mobile en rotation autour d'une axe tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement. Pour une cylindrée donnée, la vitesse de rotation détermine le débit de transfert.

Dans cet article, nous insisterons sur les aspects qualitatifs et les bonnes pratiques d'utilisation des pompes.

Turbulences et agitations lors d'un transfert par pompes

Lors d'un transfert, le vin peut être exposé un certain nombre d'actions mécaniques : mouvement des pièces mobiles au contact du produit, forces de frottement sur les parois... Ces actions mécaniques créent de la turbulence, du cisaillement, elles « brassent » le liquide. Il existe peu d'études scientifiques sur ces phénomènes dans le cas des vins, ni sur leurs incidences réelles sur la qualité.

Lors d'un transfert, des cisaillements, des turbulences peuvent être engendrées par :

- Des vitesses de rotation élevées.

Le débit assuré par une pompe rotative est fonction de la cylindrée et des vitesses de rotation, selon la formule ci-dessous:

$$Q = N/60 C \gamma v$$

Q : débit volumique en m³/s

N : nombre de tours par minute

Cy : cylindrée en m³

γv : rendement volumétrique

Toute chose égale par ailleurs, on peut assurer un certain débit soit en jouant sur la cylindrée (choix du modèle), soit sur les vitesses de rotation.

Des vitesses de rotation élevées agitent le liquide, créent des turbulences, des cisaillements. Les vitesses de rotation usuelles de différentes pompes vinicoles sont mentionnées dans le tableau 1.

De par leur principe de fonctionnement, les vitesses de rotations sont élevées pour les pompes centrifuges. Les pompes à lobes et péristaltiques autorisent des débits élevés avec de faibles vitesses. A l'opposé, les pompes à palettes flexibles nécessitent comparativement des vitesses de rotation plus importantes. Il existe cependant des modèles à vitesses lentes.

Tableau 1: vitesses de rotation à l'arbre en tours par minute selon le type de pompe. Valeurs pouvant varier selon les conceptions.

Type de pompe	Vitesse de rotation en trs/min
	Ordre de grandeur
Pompes à piston alternatif	so
Pompe à membrane	so
Pompes péristaltiques	20-200
Pompes à lobes	10-500
Pompes à piston rotatif	50- 800
Pompes à rotor excentré	70-750
Pompes à rotor hélicoïdal	200-1500
Pompes à palettes flexibles	300-1500
Pompes centrifuges	1500-3000

- Une recirculation d'une partie du vin dans le corps de pompe. Cette recirculation a lieu sur certaines pompes lorsqu'elles fonctionnent avec une contre -pression (fuites internes). Ces « fuites internes » sont quasi-nulles avec les pompes à piston alternatif, à rotor hélicoïdal, à membrane et péristaltiques, assez faibles avec les pompes à rotor excentré, à lobes et à pistons rotatifs (figure 1). Elles peuvent être importantes avec les pompes à palettes, centrifuges et à canal latéral, si la pression à vaincre est élevée (hauteur d'élévation et/ou pertes de charges).

- Des vitesses d'écoulement élevées du vin élevées dans les canalisations.

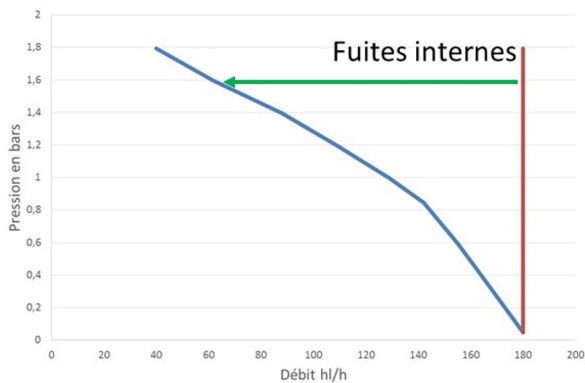


Figure 1: courbe débit/pression d'une pompe

Le vin étant un fluide incompressible, le débit est égal à la vitesse d'écoulement multiplié par la section intérieure de la canalisation. Des vitesses élevées génèrent d'importantes turbulences, en raison notamment des frottements du vin sur la surface intérieure. Dans les conditions pratiques d'utilisation, le régime d'écoulement est toujours turbulent, avec un nombre de Reynolds supérieur à 4.000 (tableau 2). Plus la vitesse d'écoulement est grande et plus les turbulences sont importantes.

Tableau 2 : Nature de l'écoulement dans une canalisation. Vin à 20°C. Viscosité de 2 mPa.s. Valeurs arrondies

Diamètre de la conduite en mm	Débit en hl/h	Vitesse en m/s	Régime d'écoulement
40	5	0.01	Laminaire
	15	0.3	Turbulent
	45	1.0	
	70	1.5	
80	10	0.05	Laminaire
	50	0.3	Turbulent
	180	1.0	
	280	1.5	

En 2002 et 2003, des études comparatives ont été réalisées en boucle fermée, sur un banc d'essais en DN50, sans prises d'air, en faisant varier les débits de circulation et le modèle de pompe (cylindrée). Pour accentuer les effets, les durées de fonctionnement ont été déterminées de telle manière que le même volume de vin circule 50 fois dans la boucle. Ces essais ont mis en évidence, comme attendu, une augmentation de température fonction des débits de circulation et des vitesses de rotations. Par contre, en l'absence d'apport d'oxygène, les dégustations comparatives n'ont pas permis de discriminer les différentes modalités entre elles.

Dissolution d'oxygène

La maîtrise de l'oxygène dissous est un enjeu majeur pour l'œnologie. De nombreuses études ou audits sur site ont démontré que les transferts peuvent être une source d'une dissolution importante d'oxygène. L'apport d'oxygène lors d'un transfert peut avoir plusieurs origines : une prise d'air à l'aspiration due à des raccords mal positionnés ou mal serrés, des canalisations partiellement pleines, des turbulences dans les cuves, l'absence d'inertage...et/ou la pompe elle-même.

En début des années 2000, des essais comparatifs de l'IFV, en circuit fermé, ont démontré qu'avec une étanchéité parfaite à l'aspiration, la dissolution d'oxygène due aux pompes en elles même est quasi nulle. (figure 2). En début de pompage, une faible dissolution d'oxygène a cependant été mesurée sur des pompes équipées d'amortisseurs de pulsations, de type bouteille anti-coup de bélier (cloche à air). Cette dissolution peut être évitée en installant des bouteilles à membrane. Avec prises d'air à l'aspiration, la dissolution d'oxygène est évidemment importante quelle que soit la pompe utilisée.

En régime continu, en conditions maîtrisées, de nombreuses études de l'INRA (Vidal, 9,10,11) ont démontré que les transferts par pompe de volumes importants dissolvent très peu d'oxygène (0.1 mg/l), excepté en début et en fin de pompage. Des mesures sur site réalisées par le CICV (Valade, 8) ont confirmés ces résultats, avec des apports en moyenne de 0.25 mg/l avec transfert par le bas de la cuve de réception, sur des lots de plusieurs centaines d'hl.

D'un point de vue pratique, il est conseillé de positionner la pompe en charge (sous le niveau de la cuve amont), avec des circuits les courts possibles à l'aspiration, en limitant le nombre de raccords. La pompe a en effet un pouvoir d'aspiration, variable selon les conceptions. Elle peut donc engendrer des apports d'oxygène très importants en cas de prise d'air. Ces phénomènes peuvent être accentués sur les pompes à effet pulsatoire. D'un point de vue physique, une «charge minimale» doit être assurée à l'aspiration pour éviter les phénomènes de cavitation ($Pression - NPSH > \text{pression de vapeur saturante}$), avec dégazage et vaporisation du vin. Il convient donc de limiter les hauteurs et les pertes de charges à l'aspiration. Une de prises d'air à l'aspiration peut être également à l'origine de cavitations, notamment avec l'utilisation de pompes centrifuges. C'est la raison pour laquelle les pompes centrifuges sont généralement déconseillées en fonction transfert, devant être dimensionnées à un point de fonctionnement prédéfini.

Avec une prise d'air, la dissolution d'oxygène sera d'autant plus rapide que les turbulences seront importantes, comme le montre la loi de Fick. Les modèles de pompe et leurs conditions d'utilisation interviennent alors sur les apports d'oxygène, de même que les débits d'écoulement. Les pertes de charge augmentant la turbulence, il convient également de limiter le nombre de coudes, vannes et variations de section. La longueur de canalisation de refoulement a également une incidence sur les turbulences générées, mais celle-ci est généralement imposée par les besoins.

Les débuts et fin de transfert constituent des points critiques par rapport aux risques d'apport d'oxygène (Vidal,9) : canalisations partiellement pleines, turbulences dans les conduites générées par la pompe et par les vitesses de circulation, tourbillons dans la cuve en amont, turbulences dans la cuve de réception en début de transfert...Il est donc conseillé de démarrer et de finir le pompage à faible débit. Pour les mêmes raisons, il convient d'éviter de créer des points hauts au niveau de la canalisation (tuyaux l'un sur l'autre, ...).

Un soin tout particulier doit être apporté lorsque les volumes transférés sont faibles, les risques d'apport étant fortement augmentés : importance relative des phases de début et fin de transfert, du volume des canalisations et des surfaces libres dans les cuves par rapport aux volumes transférées. Sans précautions particulières, des apports de 1 à 2 mg/l par transfert par pompe sont alors souvent mesurés (Alinc, 6).

Enfin, les canalisations, les cuves peuvent être inertées. L'efficacité repose alors sur les configurations et les modes opératoires (débits, durée d'inertage, choix du gaz). Réalisé actuellement souvent de manière empirique, l'inertage lors des opérations de transfert devrait prochainement être mieux maîtrisé par la mise à disposition d'abaques (Vialis, 7). Une injection de gaz neutre en cours de transfert peut-être réalisé en sécurité, notamment lorsque la température du vin est basse. L'opération de transfert peut être couplée à une désoxygénation

Vidange des canalisations :

En fin de transfert, les canalisations doivent être vidées pour limiter les pertes de vin. Certaines pompes, de par leur conception et leur possibilité de fonctionner à sec, peuvent générer une forte compression au refoulement et permettent donc de récupérer la majorité du vin présent dans la canalisation. Sans précautions particulières, cette pratique peut cependant engendrer de forts apports d'oxygène en cuve. La vidange peut être réalisée manuellement lorsque le diamètre et la longueur de canalisation le permettent. La pousse au gaz neutre est également fonctionnelle, mais nécessite des configurations adaptées (diamètre, absence de points hauts, débits de

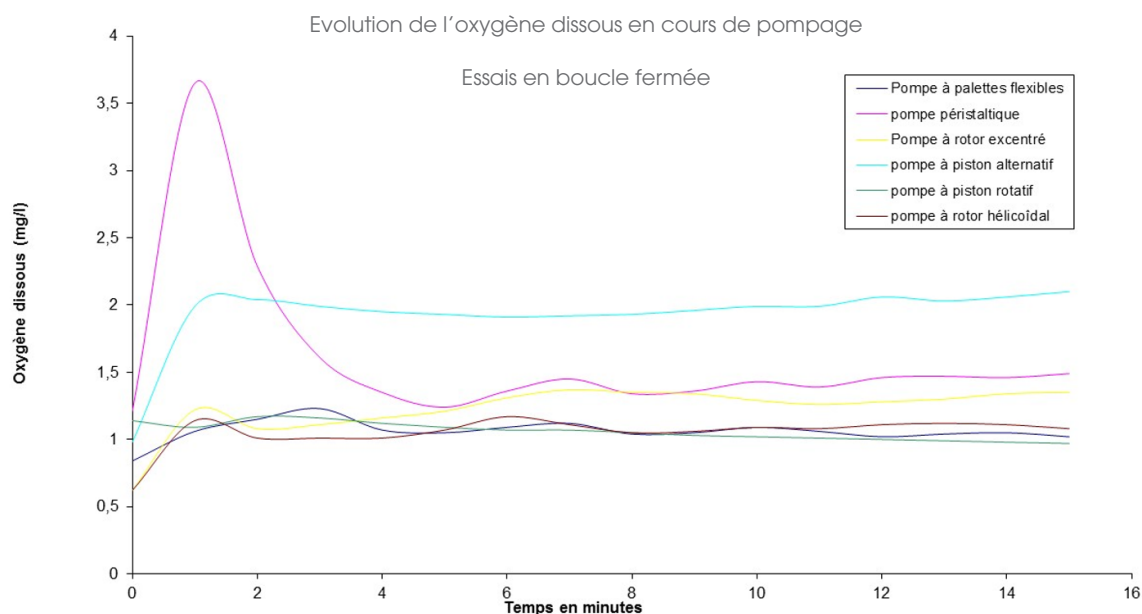


Figure 2 : Essais comparatifs de pompes, en boucle fermée (IFV, 2003)

gaz...) pour limiter les pertes. La pousse à l'eau peut être utilisée lorsque les volumes transférés sont élevés. Dans le graphique 2, l'évolution de la conductivité électrique souligne que la pousse à l'eau maîtrisée permet la récupération de la majorité du volume de vin présent dans la canalisation, sans mélange. Une instrumentation peut permettre d'optimiser cette opération. Enfin, le réglage des canalisations à l'aide d'un obus permet de récupérer 98% du vin, sans apport d'oxygène (Desseigne,3). Il nécessite cependant des configurations particulières.

pompes issues de l'agroalimentaire connaissent un engouement récent, tant de la part des équipementiers que de certains œnologues, notamment en raison leur aptitude reconnue au nettoyage. On peut citer par exemple les pompes à lobes et les pompes péristaltiques.

La nettoyabilité repose sur un certain nombre de critères, certains simples, comme par exemple l'absence de points bas ou de zones mortes, la vidange totale, la qualité des soudures.... d'autres plus complexes comme par exemple la qualité des surfaces. Certaines pompes peuvent être certifiées « hygiéniques », ou plutôt en conformité avec les critères de conception hygiénique définis par exemple par l'EHEGD, sans que cela soit, à notre avis, une obligation dans le cas du vin.

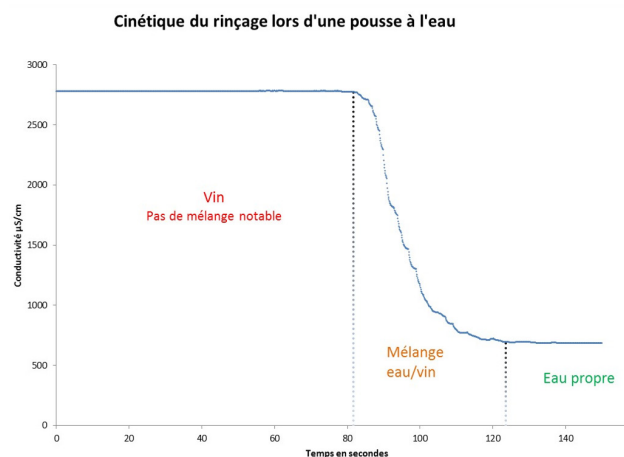


Figure 3 : Evolution de la conductivité électrique lors d'une pousse à l'eau. IFV 2012

Hygiène et nettoyabilité :

Les transferts sont reconnus comme pouvant constituer une source majeure de contaminations microbiologiques, en raison de leur fréquence et des surfaces importantes au contact des vins.

Le nettoyabilité (ou aptitude au nettoyage) des pompes a été dans un passé assez proche souvent négligée par les équipementiers. Certains modèles de pompes à piston des années 1990 peuvent être considérés comme non nettoyables, ou tout du moins très difficilement nettoyables. La nettoyabilité est désormais un critère important de choix et de différenciation des fournisseurs, l'objectif étant de mieux maîtriser certaines pratiques (sulfitage notamment) ou certains contaminants (levures *Brettanomyces* par exemple). Certaines

L'utilisation de tuyaux souples, intéressants pour leur grande modularité, peut conduire à créer des zones de rétention. Une des premières règles à appliquer est le pré lavage à eau perdue après chaque utilisation. Les turbulences générées par les pompes sont ici bénéfiques, et des études en agroalimentaire ont démontrées que des vitesses linéaires de l'ordre de 1.5 m/s sont nécessaires pour une bonne efficacité. Nous avons pu « confirmer » ces valeurs par quelques essais (Desseigne, 4). Le facteur « débit » est plus important que le facteur « volume » d'eau utilisé. En fonction des risques et des niveaux d'hygiène décidés, le pré lavage doit être suivi d'un nettoyage chimique et d'une désinfection

Contaminations chimiques lors des transferts.

Les matériaux au contact des vins doivent être conformes à la réglementation concernant le contact alimentaire, c'est-à-dire ne pas céder des constituants en quantité susceptibles de présenter un danger pour la santé humaine, d'entraîner une modification inacceptable de la composition des denrées et d'entraîner une altération des caractères organoleptiques. Lors de l'acquisition d'une pompe, de tuyauteries, l'aptitude au contact alimentaire avec le vin est à demander au fournisseur.

De précédentes expérimentations ont démontrées que les anciennes pompes possédant des pièces en bronze ou laiton au contact du vin peuvent engendrées des contaminations importantes en cuivre et en plomb des vins. Ces contaminations sont d'autant plus importantes que les volumes transférés sont faibles, les premiers litres « rinçant » en quelque sorte la pompe. Ce type d'équipement n'est plus adapté aux conditions modernes de production.

Une des préoccupations actuelles est la contamination des vins en phtalates et en bisphénol A. Des études expérimentales sont

en cours à l'IFV sur les canalisations souples. De plus en plus, les fournisseurs proposent des tuyaux en caoutchouc et PVC garantis sans phtalates ni bisphénol A.

Conclusions

Le transfert est certainement l'opération la plus fréquente dans les caves, mobilisant des temps conséquents (vigneron, personnel). Dans le passé, les aspects pratiques étaient souvent privilégiés, avec l'utilisation des pompes à piston en bronze, robustes, auto-amorçantes, ayant une forte capacité d'aspiration, autorisant des débits élevés et constants quelque que soit la contre- pression à vaincre, fonctionnant à sec et vidant les canalisations en fin de pompage !

Ce type de pompe n'étant plus adapté aux conditions modernes de production, le choix est désormais très diversifié : pompe à piston inox, à membrane, à rotor hélicoïdal, à rotor excentré, sinusoïdal, à palettes flexibles, à lobes, à piston rotatif, péristaltiques... Chaque type a des caractéristiques propres, ses avantages mais également ses inconvénients.

La qualité générale des matériels s'est très fortement améliorée ces dernières années, notamment concernant la nettoyabilité et l'hygiène. L'intensité des turbulences, des cisaillements, des « brassages », considérés comme défavorables à la qualité, dépend du type de pompe et des conditions d'utilisation. L'incidence directe sur la qualité des vins est cependant difficile à mettre en évidence expérimentalement. Les effets les plus marqués concernent certainement les apports d'oxygène, notamment en début et en fin de transfert, et pourraient justifier des études complémentaires.

Avec de bonnes pratiques, les apports d'oxygène lors des opérations de transfert peuvent être minimisés. Ces bonnes pratiques sont désormais généralement bien connues des caves. Etant donné les différentes situations et configurations rencontrées, des études ou audits internes ou externes peuvent être justifiées.

Pour conclure, les nouvelles technologies sont de plus intégrées aux pompes de transfert : traçabilité, commandes à distance, pilotage automatique des transferts (inertage, début – milieu- fin de pompage, vidange), de l'entonnage... Des capteurs sont également de plus en plus intégrés à l'unité de pompage : débitmètre, capteurs d'impédances,..... Ces évolutions devraient se poursuivre.

Références bibliographiques

- 1 De Chargères B., Vidal R. (2009). Pompes volumétriques pour liquides. Techniques de l'ingénieur. 23 p
- 2 Desseigne J.M. (2005). Choix de pompes à vin : 17 machines au banc d'essais. Journal des fluides. Site internet Matevi, <http://www.matevi-france.com/oenologie/112-transfert-de-la-vendange-et-du-vin.html>
- 3 Desseigne J.M. (2012). Raclage des canalisations : fonctionnalité et intérêt environnemental. Rhône en VO. Site internet IFV. http://www.vignevin.com/fileadmin/users/ifv/IFV_Services/Newsletter/Septembre_2014/Raclage_des_canalisations.pdf
- 4 Desseigne J.M., Poupault P. (2016). Hygiène et nettoyabilité. Site internet Matevi.
- 5 Devatine A, Chiciuc I, Poupot CH, Mietton-Peuchot M. (2007). Micro-oxygenation of wine in presence of dissolved carbon dioxide. Chemical Engineering Science. 62, 4579-4588
6. Karbowski T., Gougeon R., Alinc J.B., Chassagne D. (2009). Apports d'oxygène lors du procédé d'élaboration. Revue des œnologues, 131, 25-29
7. Vialis S., Vuchot P., Morard L. (2016). Quand l'inertage s'invite dans les caves et se perfectionne. Le Vigneron des Cotes du Rhône, 857, 26-27
- 8 Valade M. et al (2006). Les apports d'oxygène en vinification et leurs impacts sur les vins. Le Vigneron Champenois. N° 8, 48-71.
- 9 Vidal J.C., Dufourcq T., Boulet J.C., Moutounet M. (2001). Les apports d'oxygène au cours des traitements des vins. Bilan des observations sur site, 1ère partie. Revue Française d'œnologie. 190:24-31.
- 10 Vidal J.C., Boulet J.C., Moutounet M. (2003). Les apports d'oxygène au cours des traitements des vins. Bilan des observations sur site. 2ème partie. Revue Française d'Oenologie 201, 32-38.
- 11 Vidal J.C., Boulet J.C., Moutounet M. (2004). Les apports d'oxygène au cours des traitements des vins. Bilan des observations sur site. 3ème partie. Revue Française d'Oenologie 205, 25-33.
- 12 Vidal J.C., Boulet J.C., Moutounet M. (2007). La maîtrise des apports d'oxygène au conditionnement. Revue des Œnologues 125 : 24-26