

les cahiers itinéraires d'entav-itv France

N° 14 ♦ AVRIL 2007



Techniques
soustractives
d'enrichissement
des moûts



INSTITUT NATIONAL D'APPRENTISSAGE
DES PRAGTIQUES, DES USAGES, DES VINS ET DE LA CÉLÉBRITÉ

PRÉSENTATION

L'enrichissement par une méthode additive (saccharose, moût concentré, moût concentré rectifié) conduit à une augmentation des volumes des vins produits, et peut constituer une source de distorsion économique entre les vignobles selon la méthode utilisée. La définition du vin "Le vin est exclusivement la boisson résultant de la fermentation du raisin frais ou du moût de raisin" (Règlement CE - 1493/1999, article 10 de l'annexe 1), s'accommoderait plus d'une augmentation de la teneur en sucres par retrait d'eau que pas ajout de sucre, quel que soit son origine, si ce n'est celle de la même récolte. L'idée de retirer de l'eau de la grappe ou du moût est très ancienne. Elle est évoquée par les Romains et exprimée au début du XIX^e siècle par Jean-Antoine Chaptal. Dans les années 1970, deux méthodes sont étudiées : la surmaturation ou passerillage hors souche et l'osmose inverse ; à cette époque, le contexte économique et viticole n'a pas permis un développement de ces méthodes. En 1986, des responsables professionnels d'ITV France ont demandé que soit étudiée toute technique susceptible de retirer l'eau des raisins ou du moût.

Leurs motivations étaient les suivantes :

- ◆ Pallier les aléas climatiques pendant la maturation et la récolte,
- ◆ Rééquilibrer en cas de besoin, la composition du moût, pour l'ensemble des constituants importants pour la qualité du vin,
- ◆ Être mieux en phase avec une certaine idée de la définition du vin,
- ◆ Améliorer l'image du vin.



La collection des itinéraires techniques est éditée par ENTAV-ITV France. Directeur de la publication : Jean-Pierre Van Ruyskensvelde. N° ISSN : 1629-5919. Crédits photos : ENTAV-ITV France : F. Bénesteau, J.L. Berger, V. Lempereur, P. Poupault, E. Vinsonneau, Bücher-Vaslin. Coordination rédactionnelle : V. Lempereur, C. Moulliet, A.M. Denizot. Conception éditoriale et graphique : TEMA, 03 87 69 18 01. Impression : imprimé sur papier blanchi sans chlore élémentaire par Socos'print (88). Dépôt légal : avril 2007.

© ITV France. Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L.122-5, d'une part, que «les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction même partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayant cause, est illicite » (article L.122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.



Différentes techniques conduisent à un enrichissement en sucre du moût :

- **Osmose inverse** : séparation de l'eau du moût à travers une membrane semi-perméable à haute pression sans changement d'état,
- **Évaporation sous vide** : évaporation de l'eau du moût à température ambiante, en réalisant un vide poussé,
- **Évaporation à pression atmosphérique** : évaporation de l'eau du moût par une circulation forcée d'air chaud et sec.

D'autres techniques, non développées dans ce document, conduisent à l'enrichissement en sucre sur raisins :

- **Passerillage hors souche** : déshydratation partielle des raisins par courant d'air chaud et sec, dans une chambre climatique,
- **Pressurage à froid ou cryosélection** : abaissement de la température des raisins en limite de congélation dans une chambre froide pour sélectionner les jus les plus riches par pressurage.

Valérie Lempereur, ENTAV-ITV France

Description des techniques	4
◆ Osmose inverse	
◆ Évaporation sous vide	
◆ Évaporation à pression atmosphérique	
Incidences sur les vins	7
◆ Vins rouges	
◆ Vins blancs secs	
◆ Vins blancs liquoreux	
Réglementations	14
◆ Le Code international des pratiques œnologiques	
◆ La réglementation communautaire	
◆ L'application en France	
Éléments économiques	16
Hygiène et résidus	17
◆ Composition du perméat	
◆ Entretien du matériel et nettoyage	
Intérêt dans le contexte actuel du marché	18
◆ Diminution du volume	
◆ Meilleure perception de la part du consommateur	
Autres applications possibles des techniques membranaires	19

Description des

Les trois techniques soustractives d'enrichissement sur moût sont décrites ci-après : osmose inverse (OI), évaporation sous vide (ESV) et évaporation à pression atmosphérique (EPA).

Osmose inverse

Principe

Le procédé consiste à concentrer le moût par élimination d'une partie de l'eau à travers une membrane spécifique sous l'action d'une pression supérieure à la pression osmotique du moût (cf. figure 1).

Description technique

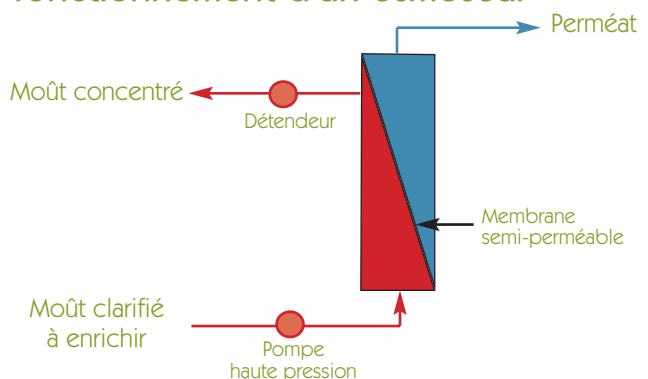
Le système d'osmose inverse est constitué des éléments suivants (cf. figure 2) :

- Une pompe haute pression assure la montée en pression de 60 à 120 bar.
 - Un module ou un ensemble de modules contenant les membranes semi-perméables. Les membranes actuelles retiennent plus de 99,5 % des éléments du moût, sauf l'eau.
 - Une vanne de rejet maintient la pression dans le système.
- Le moût à concentrer (blanc ou rouge) doit être correctement débourbé à froid et éventuellement enzymé, afin de limiter les risques de colmatage des membranes. Ainsi préparé, le moût est transféré dans le système par l'intermédiaire d'une pompe dite de gavage. Un préfiltre retient d'éventuels débris. La pompe haute pression se met en route. La pression est ajustée manuellement grâce à une vanne de régulation.

Le volume d'eau à éliminer est programmé au début de l'opération. L'osmoseur fonctionne alors seul, de façon automatique, et s'arrête lorsque le volume de perméat à éliminer est atteint.



Figure 2. Schéma simplifié de fonctionnement d'un osmoseur

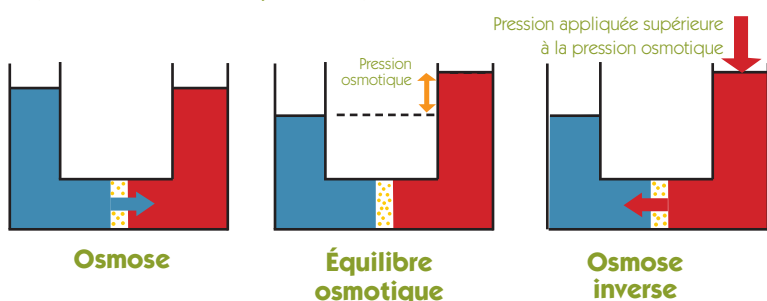


Les principaux facteurs influençant le fonctionnement d'un osmoseur sont les suivants :

- La pression exercée sur le moût : plus la pression est élevée, plus le débit est important. La pression à exercer est liée à la résistance mécanique des matériaux utilisés. Il convient donc de respecter les consignes spécifiques à chaque appareil.
- La température du moût à traiter : plus la température est élevée, plus les débits sont importants. Cependant, il faut trouver un compromis entre éviter une diminution de débit et un risque de départ en fermentation.
- La concentration initiale en sucres : plus elle est élevée, plus le débit est faible.
- Le bon état de fonctionnement des membranes : les membranes doivent être correctement rincées et nettoyées.

Figure 1. Principe de l'osmose inverse

(❖ = membrane semi-perméable)



Si deux solutions de concentration différente sont séparées par une membrane semi-perméable, le phénomène suivant est observé :

- L'eau de la solution la moins concentrée va passer dans la solution la plus concentrée, pour tendre vers l'équilibre de concentration. C'est le principe de l'osmose.
- En exerçant une pression supérieure à la pression osmotique, le sens de diffusion de l'eau s'inverse. C'est le principe de l'osmose inverse.

techniques

Évaporation sous vide

Principe

La température d'ébullition de l'eau est de 100°C à la pression atmosphérique de 1 000 mbar. L'eau bout à une température plus faible lorsque la pression est diminuée. Le moût est introduit dans une enceinte maintenue sous un vide de l'ordre de 25 mbar. La température d'ébullition du moût se rapproche alors de la température ambiante. L'élimination de l'eau passe donc par un changement de phase : de liquide à gazeuse. Par cette méthode, l'évaporation de l'eau du moût se fait à basse température, empêchant tout risque d'élévation de température et de formation de substances indésirables.

Description technique

L'évaporateur est constitué de quatre éléments principaux (cf. figure 3) :

- L'évaporateur proprement dit dans lequel s'effectue la concentration du moût.
- La chaudière à vapeur qui fournit l'énergie nécessaire à l'évaporation du moût.
- Le condensateur où la vapeur provenant du moût est condensée.
- Le système de mise sous vide qui fait le vide dans l'évaporateur et le condensateur.

Le moût entre dans la chambre d'évaporation, lieu des échanges thermiques. Cette chambre contient des faisceaux tubulaires horizontaux.

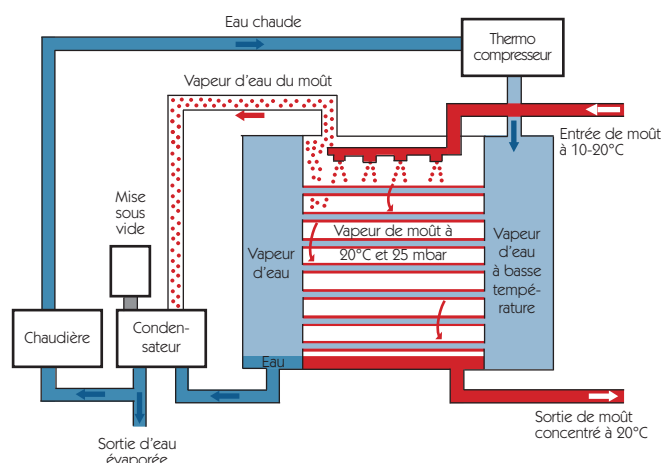
Faisceaux tubulaires

La vapeur issue de la chaudière circule à l'intérieur des tubes, tandis que le moût ruisselle à l'extérieur. Le moût sera ainsi amené à 20°C. Quelle que soit la température d'entrée du moût dans l'évaporateur, l'évaporation se produira toujours à 20°C, tant que la pression sera maintenue autour de 25 mbar. La phase liquide du moût qui sort alors du concentrateur constitue le moût concentré. Une partie de la vapeur provenant du moût est recyclée et renvoyée à l'intérieur des tubes de l'évaporateur, ce qui permet d'économiser de la vapeur provenant de la chaudière.

La chambre d'évaporation est assez vaste pour pouvoir contenir le volume de vapeur produit par l'évaporation partielle du moût. L'appoint en moût se fait automatiquement par chute de niveau dans l'évaporateur, donc de façon intermittente. La quantité d'eau à évaporer est programmée au début de l'opération. L'évaporateur fonctionne alors seul, de façon automatique, et s'arrête lorsque la quantité d'eau à évaporer est atteinte.

La mise en œuvre de cette technique est assez simple. Elle ne nécessite pas de traitement préalable du moût.

Figure 3. Schéma simplifié de fonctionnement d'un évaporateur sous vide



Évaporation à pression atmosphérique

Principe

Cet appareil permet l'évaporation partielle du moût de raisin à la pression atmosphérique. Le jus chauffé à 30-50°C ruisselle sur une surface d'échange importante où il circule à contresens de l'air ambiant qui va ainsi se charger en vapeur d'eau et refroidir le moût.

Description technique

Les principaux éléments sont (cf. figure 4) :

- Un générateur d'air qui aspire de l'air extérieur et l'envoie vers l'échangeur à un débit maximum de 11 000 m³/h.
- Une surface d'échange importante constituée de multiples plaques alvéolées, sur lesquelles ruisselle en continu une fine couche de moût. L'air circule à contre-courant du moût.
- Une cuve tampon à partir de laquelle le moût à traiter circule en circuit fermé jusqu'à la fin de l'enrichissement.
- Une chaudière ou un échangeur thermique, pour chauffer le moût de 30 à 50°C.

Pour un même évaporateur, ses performances sont influencées par :

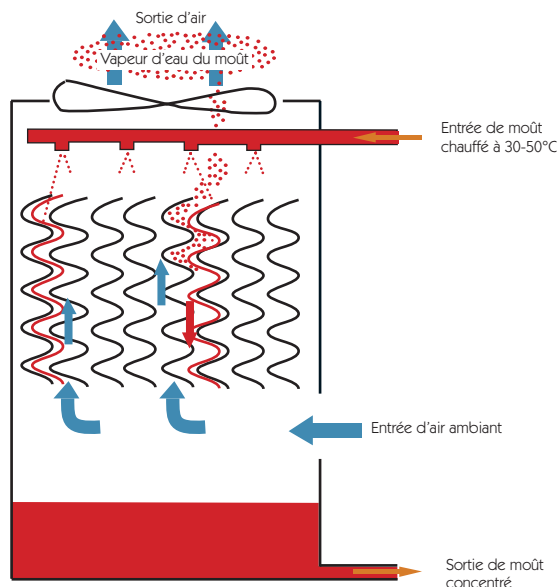
- l'humidité de l'air ambiant,
- la température de l'air ambiant,
- la température du moût.

Conseils pratiques d'utilisation :

il convient de faire très attention à l'hygiène de l'échangeur, surtout au niveau des plaques alvéolées. Il est également conseillé d'utiliser des tuyaux supportant les fortes températures.

Autre application : ce système peut également servir pour refroidir des moûts issus d'une macération préfermentaire à chaud.

Figure 4. Schéma simplifié de fonctionnement de l'évaporateur à pression atmosphérique



À lire : matériels
et installations
viniques,
classeur
ITV France.

Incidences sur les vins

À retenir, quel que soit le vin

En règle générale, pour gagner 1 % vol. d'alcool probable, il faut éliminer environ 10 % du volume de la cuvée (cf. figure 5).

Calcul du volume d'eau à éliminer pour obtenir le degré final souhaité :

$$\text{Volume d'eau à éliminer} = V_i - V_f$$

$$V_f = V_i \times D_i / D_f$$

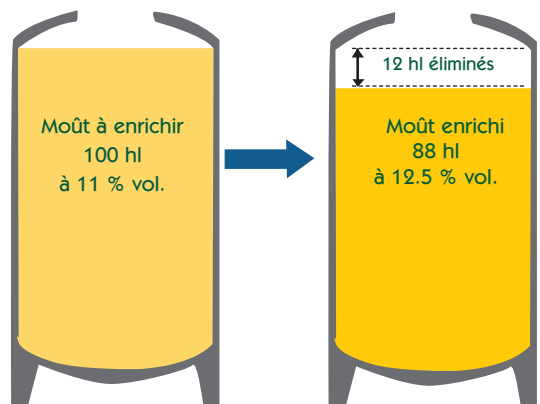
V_i : volume initial de moût estimé dans la cuve

V_f : volume final de moût après enrichissement

D_i : degré probable avant enrichissement

D_f : degré final souhaité

Figure 5. Exemple d'enrichissement de 1,5 % vol. par technique soustractive



L'enrichissement se fait avant le début de la fermentation alcoolique.

Conseils sur la préparation du moût :

- Le sulfitage du moût doit être adapté, afin, d'une part de le protéger vis-à-vis de l'oxygène, et d'autre part, d'éviter tout départ en fermentation alcoolique.
- Avec l'osmose inverse, il est conseillé de débourber correctement la saignée, avec l'emploi d'enzymes de clarification, pour limiter le colmatage des membranes.

Remarques sur la concentration :

- Pour atteindre avec précision l'objectif d'augmentation du degré alcoolique probable, il est préférable de disposer soit d'un compteur d'eau, soit d'une cuve épalée, afin de quantifier précisément le volume d'eau éliminé.
- Quelle que soit la technique soustractive, le débit d'eau éliminé diminue au cours de la concentration du moût, car la teneur en eau du moût décroît, si l'on travaille en boucle.

Les levures et bactéries ont été dénombrées dans les moûts avant et après concentration pour chacune des trois techniques soustractives (cf. figure 6).

Figure 6. Impact sur la population indigène de micro-organismes

Tendances observées sur moûts

Osmose inverse

Pas de modification

Évaporation sous vide

Augmentation de la population levurienne (multiplication par 10 environ)

Évaporation à pression atmosphérique

Diminution du nombre de levures et bactéries indigènes. Les températures supérieures à 45-50 °C sont létales.

La concentration modifie la composition du moût. Les teneurs en sucres et en acide malique ainsi que l'acidité totale sont augmentés de façon proportionnelle à la concentration.

Le pH du moût est stable, car comme une partie de l'acide tartrique précipite avec le potassium, leur concentration est donc peu modifiée.

Vins rouges

Conséquences :

- L'enrichissement par méthode soustractive entraîne une perte de volume et une augmentation de la proportion de phase solide par rapport à la phase liquide. L'effet de la concentration peut se rapprocher de l'effet d'une saignée.
- Pour un meilleur débit, il est préférable de travailler sur le volume maximum de saignée, dans le cas d'un circuit fermé.

Limites :

- Dans le cas d'un encuvage en grappes entières, le volume de saignée peut être faible. L'enrichissement restera alors limité.
- Le degré probable de l'ensemble de la cuvée doit être estimé avec précision. Une sous-estimation du degré probable entraîne l'élimination d'un volume d'eau plus important, et le dépassement du degré souhaité. Par exemple, pour une cuvée de 100 hl, une sous-estimation de 0,5 % vol. entraîne l'élimination de 4 hl d'eau supplémentaires, et une erreur sur le degré final de 0,6 % vol. Ainsi, si le degré probable est estimé à 10,5 % vol. au lieu de 11 % vol., la richesse après concentration sera de 13,1 % vol. au lieu de 12,5 % vol. Il est important d'évaluer au mieux le volume total de jus dans la cuve de macération, car il est utile au calcul du volume d'eau à éliminer.

Figure 7. Schémas de fonctionnement sur moût de rouge

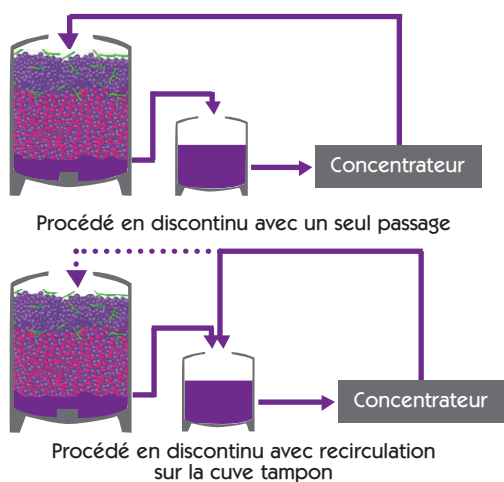


Figure 8. Évolution de la composition du moût de la saignée en cours de concentration

Essais sur cépage Gamay, AOC Beaujolais

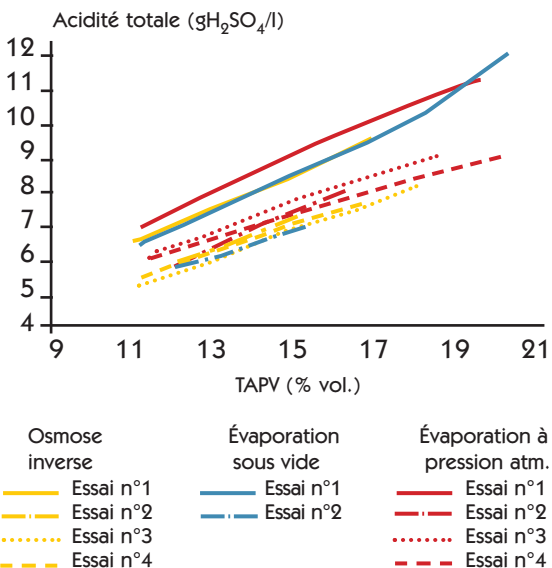


Figure 9. Gain en composés phénoliques lié aux techniques soustractives par rapport à la chaptalisation

Moyenne de 18 essais sur rouge

Gain moyen sur vin (%)

Intensité colorante	13
Anthocyanes	5
Indice des polyphénols totaux	11

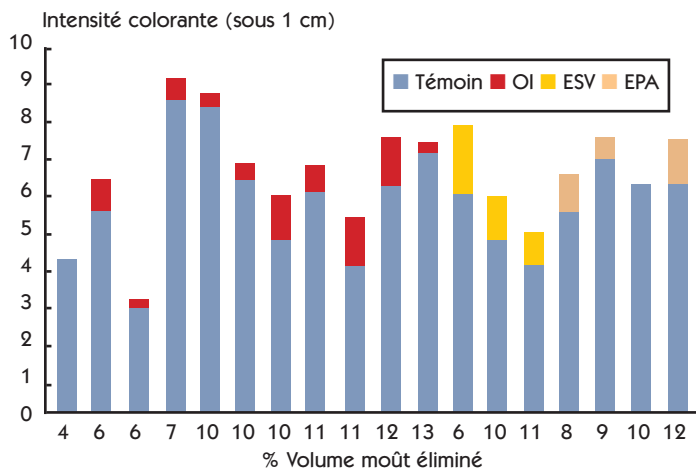
Résultats d'essais :

Des essais d'enrichissement par l'une des trois techniques ont été mis en place en Val de Loire sur Cabernet Franc et en Beaujolais sur Gamay. Les saignées sont préparées avec soin : protection du moût par sulfitage adapté, débourageage avec enzymage pour la concentration par osmose inverse. La proportion de moût éliminée va de 4 à 10 % du volume total de la cuvée. L'augmentation du degré probable visé est, la plupart du temps, obtenue avec précision. Sur le moût, les techniques soustractives d'enrichissement entraînent, par rapport à la chaptalisation, une augmentation de l'acidité totale (cf. figure 8) de la teneur en polyphénols, en anthocyanes, en potassium et en cuivre. Ces hausses sont souvent corrélées aux facteurs de concentration.

Dans le cas de moût de rouge, la concentration est toujours pratiquée sur une saignée.

Figure 10. Gain d'intensité colorante lié à la technique soustractive, selon le pourcentage de volume de moût éliminé

Résultats de 18 essais sur rouge



Les différences analytiques observées sur moût entre les techniques soustractives ou la chaptalisation ont tendance à s'atténuer avec l'élevage, mais sont toujours retrouvées en bouteilles (cf. figure 9).

Les gains de couleur sont observés quelle que soit la technique soustractive utilisée (+ 13 % en moyenne) (cf. figure 10).

Les essais menés sur Gamay en Beaujolais nouveau ont été dégustés en primeur, en comparaison des témoins chaptalisés (cf. figure 11). L'impact organoleptique des techniques soustractives est très faible. L'osmose inverse n'entraîne aucune différence perceptible.

Pour l'évaporation sous vide, un gain de la qualité visuelle est noté. Le profil aromatique des vins issus de l'évaporation à pression atmosphérique est légèrement modifié. Les composés volatils ont été dosés sur certains essais (cf. figure 12). Les alcools supérieurs, dont l'excès est jugé défavorablement (lourdeur aromatique), sont moindres avec l'osmose inverse. Par contre, les techniques d'évaporation entraînent en moyenne une hausse des alcools supérieurs et une diminution des esters. Dans ce cas, le fruité peut être masqué, d'où une diminution du caractère primeur et des vins jugés plutôt de garde, tant sur le plan olfactif que gustatif.

Figure 11. Dégustation

Moyenne des essais sur Gamay, AOC Beaujolais

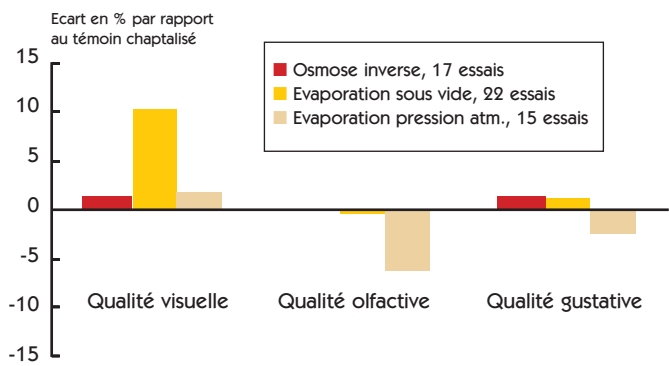
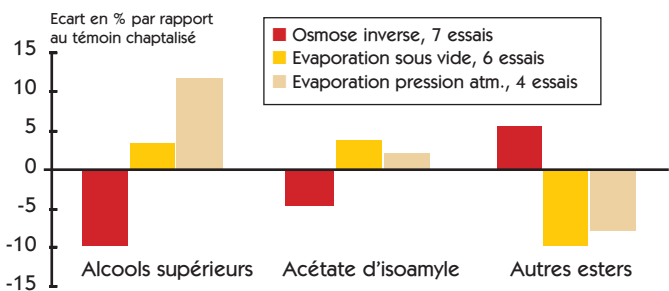


Figure 12. Composés volatils

Moyenne des essais sur Gamay, AOC Beaujolais



Les vins sont souvent jugés plus complexes (richesse accrue en tanins et en anthocyanes) et mieux appréciés au niveau gustatif et global. Cependant, la présence d'une astringence plus marquée peut parfois déséquilibrer un vin dont le potentiel initial ne supporte pas une structure plus tannique. Les années où les raisins ont été récoltés sous la pluie, les vins issus des techniques soustractives sont systématiquement préférés par rapport au témoin chaptalisé.

Exemple de calcul : pour enrichir de 1,5 % vol. une cuvée de 100 hl à 11 % vol. potentiel, il faut éliminer 12 hl d'eau. Si la saignée est de 50 hl, l'élimination des 12 hl d'eau concentrera le volume de saignée à 14,5 % vol.

Bien estimer le degré probable de la cuvée à concentrer et le volume de vin final.

Vins blancs secs

Figure 13. Schémas de fonctionnement sur moût de blanc

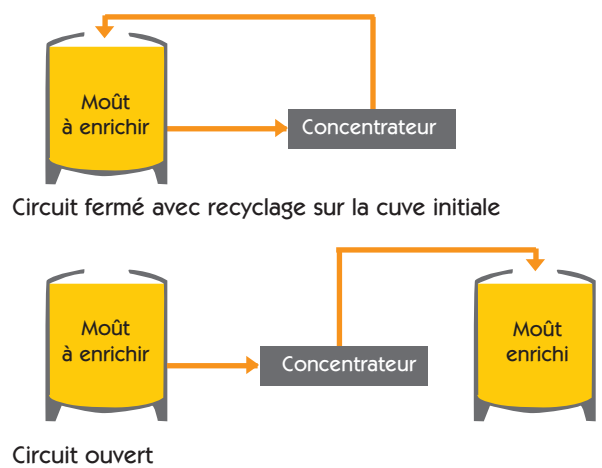
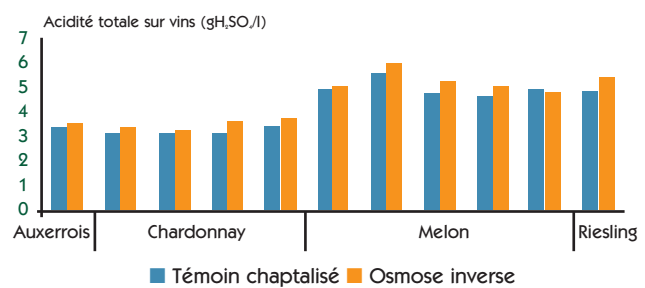


Figure 14. Essais d'osmose inverse sur moûts de blancs

Acidité totale des vins en bouteilles



Résultats d'essais :

La technique de l'osmose inverse a été comparée à la chaptalisation sur différents cépages : Auxerrois, Chardonnay, Melon de Bourgogne et Riesling. Sur les 11 essais réalisés par ITV France, le taux de concentration moyen est de 10 %, avec un enrichissement allant de 0,6 % vol. à 2 % vol. L'osmose inverse conduit à une augmentation significative de l'acidité totale des moûts (+ 0,5 gH₂SO₄/l) et de l'acidité totale des vins (+ 0,3 gH₂SO₄/l) liée à la concentration de l'acide malique (cf. figure 14). Le pH des vins reste inchangé, ainsi que la valeur de l'acidité volatile. Il ne se dégage aucune préférence significative en dégustation par rapport au vin chaptalisé. Au cours de la concentration, le volume de moût diminue progressivement, alors que ses teneurs en sucres, en acides et en polyphénols augmentent proportionnellement au facteur de concentration (cf. figure 15). Seul le pH est stable.

◆ Incidence sur la composante aromatique

Les terpènes, constituants principaux de l'arôme du Muscat ont été mesurés avant et après concentration par évaporation sous vide et par osmose inverse.

Figure 15. Évolution des volumes et de la composition du moût au cours de la concentration par osmose inverse

Exemple sur une cuve de Chardonnay

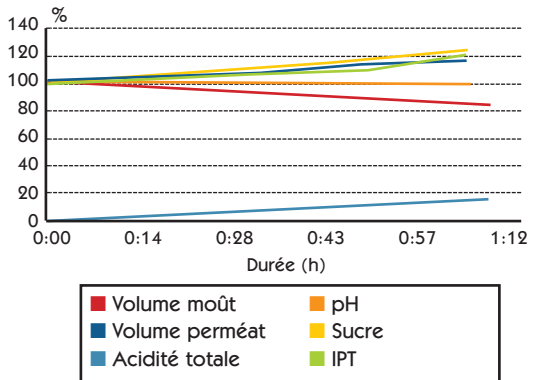
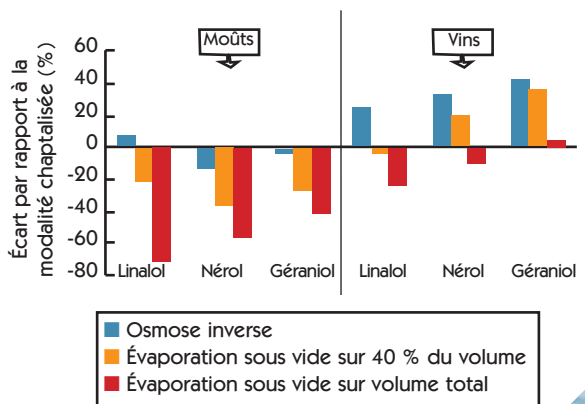


Figure 16. Incidence de la concentration sur les teneurs en terpènes des moûts et des vins

(Muscat 1999, d'après Sigler et al. 2000)



Dans les moûts, les terpènes diminuent après évaporation sous vide contrairement à l'osmose inverse (cf. figure 16). Cette baisse est plus importante lorsque le traitement est effectué sur la totalité du volume de moût.

Ce phénomène s'estompe après fermentation, car dans les moûts, les terpènes sont essentiellement sous forme liée, et donc non volatiles. Au cours de la fermentation alcoolique, ces terpènes passent sous forme libre et compensent en partie les pertes observées au cours de l'évaporation du moût. En dégustation, le vin enrichi par osmose inverse est préféré. Le vin chaptalisé est moins apprécié que les deux vins concentrés par évaporation sous vide, jugés plus riches et plus complexes.



Vins blancs liquoreux

Limites :

○ Plus le moût est riche en sucres, plus le débit d'élimination d'eau par osmose inverse est faible.

Il est important de travailler sur l'ensemble du volume de la cuvée.

○ Dans le cas de vendange botrytisée, riche en glucanes, le débouillage est parfois délicat à réaliser. Les turbidités élevées entraînent un faible débit d'élimination d'eau par osmose inverse, d'autant plus faible que le moût est riche en glucanes.

Résultats d'essais :

Différents modes de concentration ont été expérimentés sur une parcelle de Chenin en 2002, en AOC Coteaux de l'Aubance. Deux niveaux de sévérité de tries sont pratiqués le même jour : A, tries strictes ; et B, tries moins strictes donc moins riches en sucre. Le lot B est divisé en quatre modalités après pressurage : B naturel, B chaptalisé + 2 % vol., B osmosé + 2 % vol. et B osmosé + 4 % vol. (cf. figure 17).

◆ Effet de l'enrichissement sur la composition du moût

La concentration par osmose inverse entraîne une augmentation, proportionnelle au facteur de concentration, des teneurs du moût en acide malique (cf. figure 18), potassium, polyphénols totaux, calcium, fer et cuivre. Le pH et la teneur en acide tartrique ne varient pas ou très peu. Une sélection plus stricte des raisins (lot A) modifie la richesse en sucre mais aussi le pH (+ 0,20) et la teneur en acide malique (- 14 %).



Figure 18. Comparaison des moûts et des vins enrichis par rapport au témoin B non enrichi

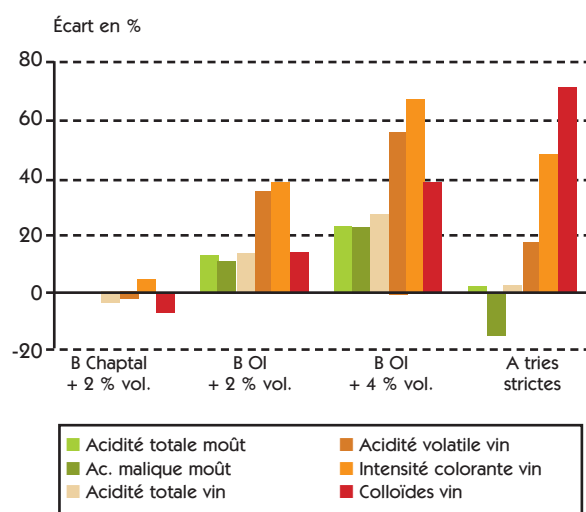


Figure 17. Comparaison de différents modes de concentration

Essai sur Chenin, AOC Coteaux de l'Aubance 2002

MOUT	Récolte	Lot B : tries 14,7 % vol.				Lot A : tries sévères 18,9 % vol.
		B naturel	Chaptalisé + 2 % vol.	Osmosé + 2 % vol.	Osmosé + 4 % vol.	A naturel
VIN	Alcool total (% vol.)	15,5	17,1	17,7	19,7	19,0
	dont alcool en puissance (% vol.)	2,6	3,3	3,6	5,7	6,0

◆ *Effet de l'enrichissement sur la composition du vin*

La concentration par osmose inverse a pour effet d'augmenter l'acidité totale des vins (+ 13 % pour + 2 % vol., + 27 % pour + 4 % vol.), du fait de leur richesse en acides malique et acétique, ainsi que l'intensité colorante et la teneur en polyphénols totaux et en colloïdes. L'effet des tries, avec la présence de raisins au stade de surmaturation très avancée, donne des vins plus riches en alcool total, parfois plus acides, contenant plus d'acide acétique, plus colorés et surtout plus riches en colloïdes (+ 70 %).

◆ *D'importantes différences sont notées en dégustation, en faveur des tries strictes*

La dégustation des vins en test triangulaire en verres noirs montre que le lot chaptalisé de + 2 % vol. n'est pas différencié du lot osmosé à + 2 % vol., alors que les tries strictes (lot A) sont nettement différenciées du lot osmosé à + 4 % vol. (cf. figure 19).

Le vin témoin issu de tries moins sévères est moins apprécié et les deux lots enrichis à + 2 % vol. sont légèrement mieux notés. Les deux stratégies tries strictes et osmose inverse à + 4 % vol. sont les plus qualitatives.

Le vin liquoreux enrichi à + 4 % vol. par osmose inverse présente un profil olfactif intéressant, mais est jugé comme le plus acide et est moins gras et moins équilibré que les tries strictes.

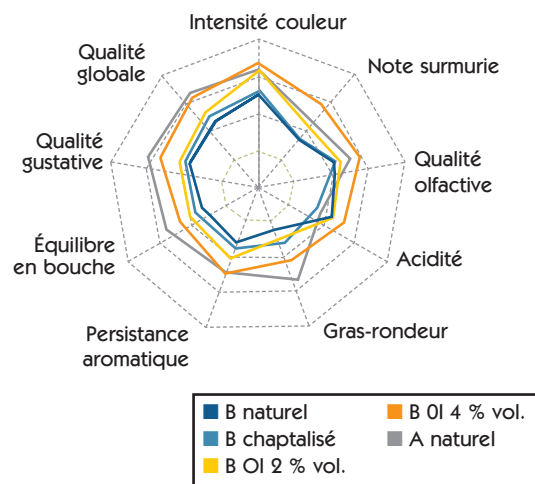
En aucun cas, l'osmose inverse ne peut remplacer la qualité d'un vin obtenu à partir d'une sélection rigoureuse des raisins lors de la récolte.



En circuit fermé, veiller à bien homogénéiser le moût pour éviter les gradients de richesse en sucre.

Figure 19. Dégustation AOC Coteaux de l'Aubance 2002

Par 33 dégustateurs, notes sur 10



**Définition
du vin d'après le
Règlement CE - 1493/1999,
article 10 de l'annexe 1 :**
Le vin est exclusivement
la boisson résultant
de la fermentation
du raisin frais
ou du moût
de raisin.

Avantages - inconvénients de ces techniques

	Avantages	Inconvénients
Ensemble des techniques soustractives	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Technique soustractive et non additive ◆ Maîtrise des volumes ◆ La définition du vin s'accorderait plus d'une augmentation de la teneur en sucres par retrait d'eau que par ajout de sucre 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Disposer d'un volume de saignée suffisant ◆ Plus coûteux et plus technique que la chaptalisation ou le MCR ◆ Risque de concentrer les mauvais goûts sur les vendanges peu mûres ou altérées
Osmose inverse	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Pas de changement d'état ◆ Coût énergétique réduit ◆ Travail à température faible 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Préparation minutieuse du moût ◆ Entretien et remplacement des membranes ◆ Risque de blocage du module avec les précipitations tartriques ◆ Concentration limitée à 300-350 g/l sucre
Évaporation sous vide	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Pas de traitement préalable du moût ◆ Évaporation à température faible ◆ Possibilité de monter à de fortes concentrations (500-600 g/l sucre) et de concentrer un volume faible de saignée 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Coût énergétique élevé ◆ Risque de perte d'arômes variétaux libres pour les cépages aromatiques
Évaporation à pression atmosphérique	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Coût d'investissement et de fonctionnement raisonnable ◆ Pas de traitement préalable du moût 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Chauffage du moût ◆ Risque de perte d'arômes variétaux libres pour les cépages aromatiques ◆ Nécessite une protection anti-oxygène par SO₂ ◆ Performances liées à la météorologie (température et hygrométrie) ◆ Concentration limitée à 300-350 g/l sucre

Réglémentations

Il est intéressant de considérer les trois niveaux où s'élabore la réglementation :

- au niveau international : le Code international des pratiques œnologiques de l'Organisation internationale de la vigne et du vin (OIV) qui prend en compte le point de vue de la majorité des pays producteurs et des principaux pays consommateurs,
- au niveau européen : la réglementation communautaire qui intègre généralement dans ses textes les résolutions adoptées par l'assemblée générale de l'OIV qui la concerne,
- au niveau national : chaque État membre peut adopter des mesures restrictives quand des problèmes de santé, d'environnement et d'information du consommateur le justifient. En particulier dans le cas des VQPRD (AOC et AOVDQS) des mesures plus strictes peuvent être prises pour préserver leurs qualités particulières. En matière d'enrichissement, c'est ce que la France vient de faire par le décret du 23 octobre 2006.

Le Code international des pratiques œnologiques

Les résolutions de l'OIV sont des recommandations aux États membres. Cependant, compte tenu désormais de l'importance accordée par la Commission européenne à ces recommandations, il est essentiel de les connaître. L'OIV n'a jamais pu trouver un consensus pour reconnaître la chaptalisation en tant que pratique traditionnelle en France et dans d'autres pays septentrionaux. Elle ne traite pas non plus de l'enrichissement par addition de moût de raisin concentré ou de moût concentré rectifié bien que la définition de ces produits vitivinicoles soit donnée dans le Code international des pratiques œnologiques de l'OIV : moût de raisin concentré (Oeno 18/73) et moût concentré rectifié (= sucre de raisin) (Oeno 4/87 et fiche Codex 47/2000). Le Code décrit en revanche deux séries de pratiques qui sont admises :

- Maîtrise de la richesse en sucre de la vendange (Oeno 2/93 et Oeno 2/02) qui comporte les cinq pratiques suivantes :
 - ◆ le passerillage naturel,
 - ◆ le passerillage par traitement physique (Oeno 5/98),
 - ◆ le tri sélectif des raisins,
 - ◆ la cryosélection dans le vignoble,
 - ◆ la cryosélection par procédés physiques.
- Déshydratation partielle des moûts (Oeno 2/98) qui décrit quatre pratiques admises définies avec des objectifs et des prescriptions :
 - ◆ la concentration du moût par osmose inverse (Oeno 1/93),
 - ◆ l'évaporation partielle sous vide (Oeno 1/01),
 - ◆ l'évaporation partielle sous pression atmosphérique (Oeno 3/98),
 - ◆ la concentration du moût par le froid (cryoconcentration) (Oeno 4/98).

Le détail de ces pratiques est donné dans le Code international des pratiques œnologiques, disponible en fichier téléchargeable sur le site de l'OIV (www.oiv.int).



La réglementation communautaire

Les traitements et pratiques œnologiques sont décrits dans deux textes :

- ◆ Règlement CE - 1493/1999 du Conseil du 14 mai 1999 modifié,
- ◆ Règlement CE - 1622/2000

de la Commission du 24 juillet 2000 modifié.

L'enrichissement peut se faire de deux manières : soit en ajoutant des sucres fermentescibles (saccharose, moût concentré, moût concentré rectifié), soit en enlevant de l'eau (concentration partielle sur le moût pour concentrer les sucres, ou, dans le cas seulement des vins de table, à l'exclusion des VQPRD, sur le vin pour concentrer l'alcool).

La technique soustractive utilisable sur moûts est la concentration partielle, y compris l'osmose inverse (Règlement CE - 1493/1999, annexe V). Sur les vins, seule la concentration partielle par le froid est admise, à l'exclusion des VQPRD.

Pour l'enrichissement d'une cuve donnée, le cumul de deux modes d'enrichissement (par exemple chaptalisation et technique soustractive) est interdit.



Par contre, l'assemblage de cuvées ayant eu des méthodes d'enrichissement différentes est autorisé (avis de la Cour européenne de justice). La concentration partielle ne peut conduire à réduire de plus de 20 % le volume initial, ni en aucun cas à augmenter de plus de 2 % vol., le titre alcoométrique volumique naturel du moût de raisin qui a fait l'objet de l'opération.

En fonction des zones viticoles, les textes spécifient des limites :

- de richesse minimale en sucre,
- de titre alcoométrique maximum,
- de période d'enrichissement.

Les opérations doivent faire l'objet d'une déclaration préalable et être enregistrées dans le registre d'enrichissement. Sur la déclaration de récolte devra figurer le volume d'eau éliminée.

L'application en France

Pour les vins AOC (décret du 23 octobre 2006)

○ Les techniques soustractives d'enrichissement sont interdites sauf sur proposition de l'INAO après qu'un syndicat en ait fait la demande justifiée basée sur une phase d'expérimentation.

○ Le syndicat de l'AOC intéressé par l'usage de ces techniques, doit initialement obtenir l'autorisation d'expérimentation afin de vérifier dans quelles conditions les qualités essentielles des vins de ladite AOC sont préservées.

Le registre d'enrichissement doit faire apparaître les mentions suivantes :
date (jour et heure), n° de cuve, volume initial, titre naturel, appellation, couleur, volume d'eau éliminé, volume final, titre alcoométrique prévu.



○ Le décret définit le cadre réglementaire pour les AOC :

- ◆ la couleur ou le type de vin pour lequel le recours à ces techniques est autorisé,
- ◆ un taux maximum de concentration,
- ◆ les techniques de concentration autorisées,
- ◆ le volume inscrit à la déclaration de récolte s'entend avant élimination d'eau,
- ◆ la mention du volume d'eau éliminée

sur la déclaration de récolte,

- ◆ en cas de dépassement du plafond limite de classement et sous réserve du respect du rendement butoir, l'élimination du volume d'eau correspondant à tout ou partie de l'excédent est considéré comme satisfaisant aux obligations de livraison aux usages industriels,
- ◆ en cas de dépassement du rendement butoir, le volume de vin correspondant à ce dépassement est livré aux usages industriels.

Préalablement à la publication de ce décret, le Comité national de l'INAO a pris en compte l'ensemble des expérimentations autorisées depuis 1995 pour les vins rouges, rosés et blancs secs de Bordeaux, pour les AOC de Bourgogne, Beaujolais et certaines AOC du Val de Loire et d'Alsace. Il a été conclu que des résultats satisfaisants et suffisamment représentatifs n'existaient que pour les vins rouges. Les autres vins conservent l'interdiction de principe et justifient le recours préalable à toute décision d'un stade expérimental. Pour les vins rouges, il a été retenu qu'en moyenne le taux de 10 % de concentration n'était jamais dépassé sans modifier de façon négative la qualité des vins.

Enfin, le Comité national a demandé aux pouvoirs publics d'obtenir la modification de la réglementation européenne pour avoir la possibilité sur la même cuvée de chaptaliser et d'appliquer une technique soustractive d'enrichissement dans les limites réglementaires définies, ce qui apparaît comme la solution la plus qualitative pour le respect des caractéristiques d'une AOC.
NB : Le modèle de formulaire de registre d'enrichissement par concentration de la Gironde est recommandé pour tous les vignobles par les administrations (DGDDI et DGCCRF).

Les AOVDQS peuvent adopter les mêmes règles que les AOC par arrêté.

Pour les autres vins

En matière d'enrichissement par technique soustractive, il n'y a pas de mesure spécifique définie pour les vins de pays, notamment les vins de cépages et les vins de table.

Les réglementations générales communautaire et française s'appliquent.

Éléments économiques

La vitesse de concentration est plus ou moins rapide selon la méthode utilisée. Le rendement d'élimination de l'eau est plus fonction du type d'appareil et des paramètres de fonctionnement que de la méthode. Selon les fabricants, les capacités de concentration des appareils diffèrent. La capacité du matériel est toujours exprimée en litres d'eau éliminés par heure (cf. figure 20).

Une enquête économique, réalisée par ITV France en 2000, présente le coût de revient de chacune des trois techniques de concentration dans trois régions (Bordeaux, Beaujolais, Bourgogne). Les 18 exploitations viticoles étudiées ont des surfaces allant de moins de 10 ha à plus de 200 ha, et un chiffre d'affaire de moins de 300 K€ à plus de 5 000 K€. Les charges fixes (cf. figure 21), constituées principalement du coût de l'investissement (amortissement sur 7 ans) peuvent augmenter lorsque des aménagements sont nécessaires, notamment pour la réalisation de saignée et de débouillage dans le cas de l'osmose inverse. Les charges variables (cf. figure 22) intègrent essentiellement les frais de personnel et le coût des consommables (fuel, gaz, électricité, eau). Il s'avère qu'elles ne dépendent pas du volume de moût à traiter mais plutôt du nombre de jours d'utilisation et du nombre de cuves traitées.

Les techniques soustractives sont autolimitantes pour des raisons techniques et surtout pour des raisons économiques.

Ces techniques sont également proposées par des prestataires de service.

Pour enrichir de 1 % vol., la chaptalisation coûte 1,82 €/hl et le moût concentré rectifié de 1,22 €/hl en container de 1 000 litres à 2,27 €/hl en bidon de 20 litres (aides européennes de 2005 déduites).

Figure 20.
Marques commerciales et pays d'origine

(F=France, I=Italie)

	Capacités disponibles	Coût	Marques
Osmose inverse (OI)	20 à 1500 l/h	10 à 150 K€ HT	Aquatec (F), Brunet (F), Bücher Vaslin (F), Della Toffola (Imeca) (F), Koch (F), Kreyer (F), Michaël Paetzold (F), Soud Inox (F), Velo (I)
Évaporation sous vide (ESV)	50 à 1200 l/h	35 à 150 K€ HT	Defranceschi (I), Della Toffola (Imeca) (F), Entropie (F), Klimeco (I), LED Italia (I), TMCI Padovan (I), Velo (I)
Évaporation à pression atmosphérique (EPA)	150 l/h	24 à 63 K€ HT	Durafröid (F), Guérin (F)

Figure 21. Charges fixes

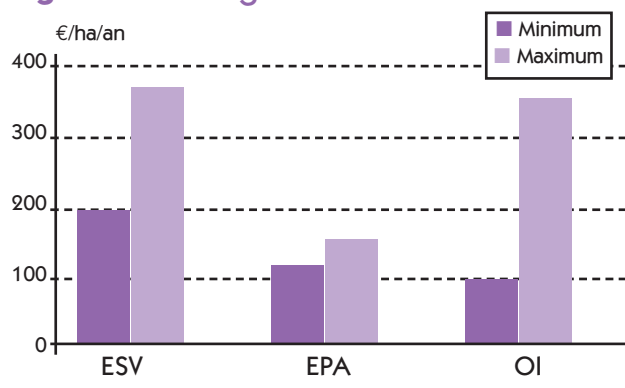
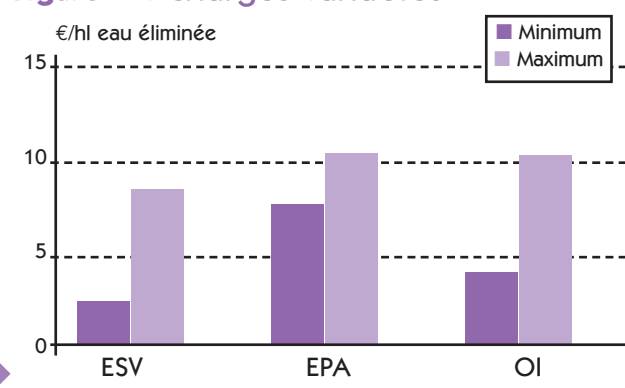


Figure 22. Charges variables



Hygiène et résidus

Composition du perméat

Le perméat est constitué à 99,5 % d'eau. Des molécules sont retrouvées en très petites quantités (cf. figure 23). La présence de sucres n'est pas détectable ou inférieure à 0,4 g/l. Le pH du perméat est proche de 7 pour l'évaporation sous vide et entre 3,5 et 4,5 pour l'osmose inverse. La DCO (demande chimique en oxygène) du perméat varie peu au cours de la concentration. Elle fluctue de 300 à 900 mgO₂/l selon le moût.

Figure 23. Composition du perméat en fin d'osmose

Analyses DGCCRF LIR33, 2000

Concentration (mg/l)	Acide malique	Acide acétique	Acide succinique	Acide tartrique	Potassium
Chardonnay	75	13	<10	14	23
Gamay	88	127	20	13	35

Entretien du matériel et nettoyage

Compte tenu des diverses configurations de ces matériels (accessibilité limitée, faible nettoyabilité), seule une hygiène rigoureuse permet d'en conserver l'intégrité et une utilisation dans les meilleures conditions. La présence de sucre à forte concentration ou de moût chauffé nécessite de redoubler de vigilance et de suivre scrupuleusement les conseils de nettoyage du fabricant pendant les vendanges.

Faisceaux tubulaires d'ESV

Membranes d'osmose

Alvéoles d'évaporation à pression atm.

Voici quelques recommandations essentielles selon la technique soustractive :

○ **Osmose inverse** : Les membranes se colmatent et le débit diminue. Le respect des consignes de lavage est indispensable pour garantir un bon débit et l'entretien des membranes. Le nettoyage s'effectue régulièrement avec une alternance d'eau froide et d'eau chaude, et ponctuellement avec une solution alcaline adaptée aux constituants des membranes.

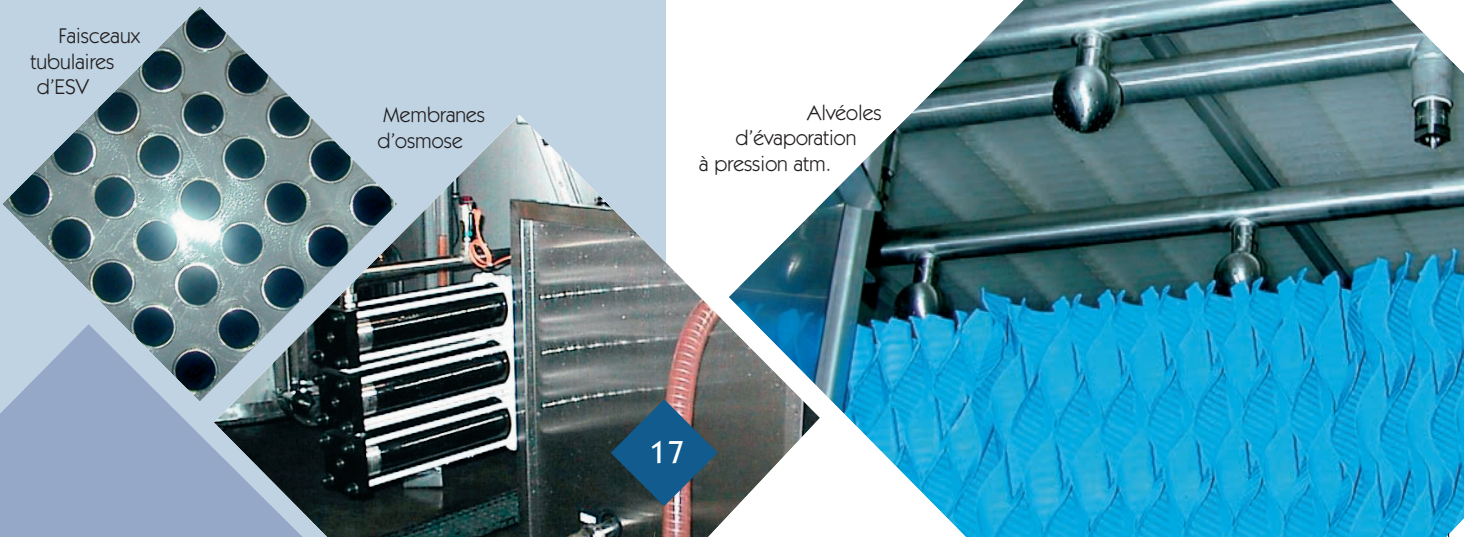
○ **Évaporation sous vide** : La présence de trappes facilite l'accès à l'enceinte du concentrateur. Le rinçage doit être

praticqué avant que les souillures ne sèchent. À l'issue de l'opération de concentration, un nettoyage soigneux de l'installation est obligatoire.

○ **Évaporation à pression atmosphérique** : À la fin de chaque utilisation, le nettoyage à l'eau chaude à grand débit permet de dissoudre le sucre, décoller et entraîner les souillures. Le détartrage s'effectue sur les alvéoles démontées. En fin de campagne,

la matière colorante est éliminée par dérougissage. Les alvéoles transparentes sont conseillées, car la propreté est plus facile à vérifier.

Les étapes de nettoyage/désinfection et la préparation à l'hivernage, pour ces appareils destinés à une utilisation de quelques semaines par an, sont importantes.



Intérêt dans le contexte actuel du marché

Diminution du volume

Les méthodes additives d'enrichissement, qu'il s'agisse de la chaptalisation, de l'addition de moût concentré ou de moût concentré rectifié, sont utiles qualitativement pour pallier les aléas climatiques. Par contre, elles ont l'inconvénient d'augmenter les volumes, comme schématisé en figure 24. Signalons qu'un kilogramme de sucre ajouté se traduira par une augmentation de 0,63 litre de la cuvée. Les techniques soustractives sont intéressantes, dans un contexte de surproduction viticole, de diminution de la consommation des vins et d'exigence croissante des consommateurs pour des vins de qualité.

Les méthodes soustractives sont un bon outil pour ramener à sa valeur initiale une vendange diluée par un excès d'eau pendant la fin de la maturation. Toutefois, cela ne compensera jamais un manque de maturité. Ces méthodes ne sont en aucun cas des méthodes de régulation de rendement.

Meilleure perception de la part du consommateur

Une enquête réalisée en 2000 auprès de 500 consommateurs en Allemagne a permis d'évaluer l'impact des techniques d'enrichissement sur leur acte d'achat.

Ces méthodes ne compensent jamais un manque de maturité.

Figure 24. Impact des différentes méthodes d'enrichissement sur le volume, pour une augmentation de 1 % vol.

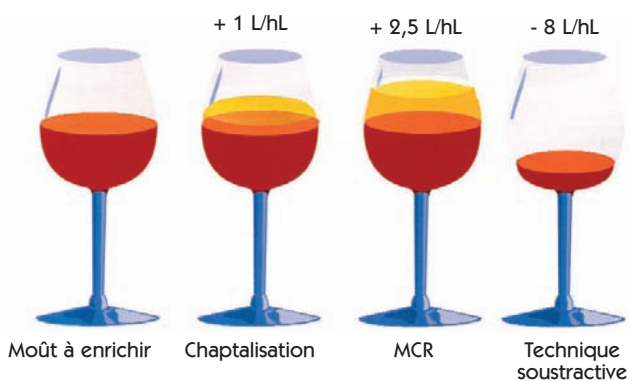
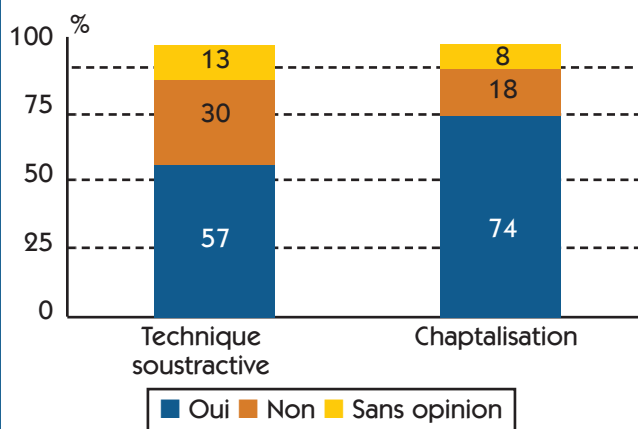


Figure 25. Enquête auprès de 500 consommateurs

réalisée en Allemagne en 2000 d'après Sigler J. et al., 2001.

« Je n'achèterais pas de vin issu de moût enrichi par... »



Précision : en Allemagne, les vins de qualité supérieure (Kabinet, Spätlese, Auslese,...) ne sont pas enrichis.

Les résultats montrent que les réticences aux techniques soustractives sont nettement moins fortes que celles vis-à-vis de la chaptalisation (cf. figure 25). 56,6 % des personnes interrogées ne sont pas prêtes à acheter un vin issu de moût enrichi par concentration mais 74 % d'entre elles refuseraient d'acheter un vin chaptalisé. Le refus est moins tranché pour les consommateurs les plus jeunes.

Autres applications possibles des techniques membranaires

La nanofiltration est une technique membranaire intermédiaire entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse (cf. figure 26). L'augmentation du diamètre des pores par rapport à l'osmose inverse entraîne un passage de molécules de faible poids moléculaire en même temps que les solvants : eau pour le moût, eau et alcool pour le vin. Ces composés diffusent à travers la membrane et leurs transferts sont mesurés par le taux de rétention :

$$\text{Taux} = [1 - (\text{conc. finale} / \text{conc. initiale})] \times 100.$$

Ces taux varient en fonction du type de membrane et aussi selon les conditions du milieu traité, notamment le pH. Les applications susceptibles d'être mises en oeuvre font appel à une première étape de nanofiltration, puis au traitement de la phase séparée, appelée perméat, lors d'une seconde étape (cf. figure 27). Le perméat traité est ensuite réincorporé au moût ou au vin. Certaines de ces applications sont utilisées dans les pays du nouveau monde comme les États-Unis, le Chili, l'Argentine, l'Australie, l'Afrique du Sud...

Osmoseur



Figure 28. Récapitulatif des traitements envisageables

Objectifs

Désalcoolisation partielle des vins

Moyens envisagés

Couplage nanofiltration ou osmose inverse avec la distillation

Élimination de mauvaises odeurs

Couplage nanofiltration avec un traitement au charbon ou à la PVPP ou un autre adsorbant

Diminution de l'acidité

Couplage de deux nanofiltrations avec une étape de salification des acides entre les deux filtrations

Diminution de l'acidité volatile

Couplage osmose inverse ou nanofiltration avec des résines échangeuses d'anions

Réduction de la teneur en sucre des moûts

Couplage ultrafiltration et nanofiltration (schéma différent de la figure 27)

Figure 27. Techniques membranaires : nouvelles utilisations possibles

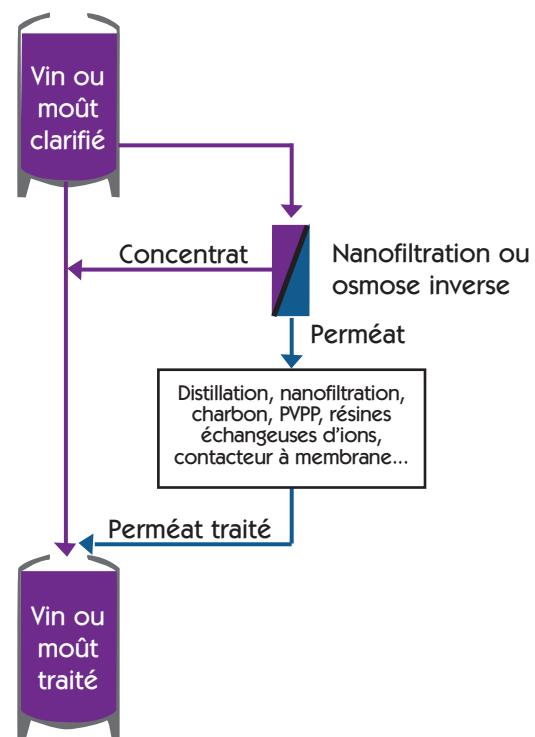
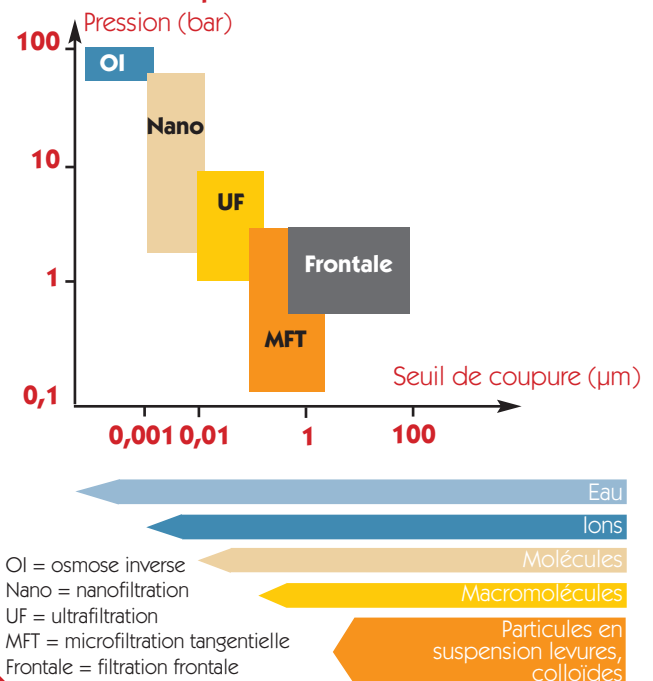


Figure 26. Classification des techniques à membranes





La collection des cahiers Itinéraires d'ENTAV-ITV France :

N° 1 : L'effeuillage de la vigne ◆ N° 2 : Maîtrise de la fermentation
 malolactique – L'ensemencement bactérien des vins ◆ N° 3 : La maîtrise du
 sulfitage des moûts et des vins ◆ N° 4 : L'enherbement permanent de la vigne
 ◆ N° 5 : Le vignoble dans le paysage ◆ N° 6 : Élevage des vins en fûts neufs de chêne ◆ N° 7 :
 Maîtrise des tordeuses de la grappe ◆ N° 8 : Gestion des effluents des petites et moyennes caves
 ◆ N° 9 : Mutage des vins ◆ N° 10 : Bonnes pratiques de manipulation des produits phytosanitaires en viticulture
 ◆ N° 11 : Élaboration des vins rosés - Résultats d'expérimentation ◆ N° 12 : Brettanomyces et phénols volatils,
 prévenir et limiter les altérations ◆ N° 13 : Gestion durable des sous-produits et déchets des exploitations viticoles et des caves.

Remerciements

Rédaction :

Coordination : Valérie Lempereur, ENTAV-ITV France. Rédacteurs : Jean-Luc Berger, Fabrice Benesteau, Philippe Cottureau, Valérie Lempereur,
 Pascal Poupault : ENTAV-ITV France. Comité de relecture : ENTAV-ITV France : Fabrice Benesteau, Jean-Luc Berger, Philippe Cottureau, Anne-Marie
 Denizot, Christine Moulliet, Pascal Poupault, Emmanuel Vinsonneau ; Michel Leguay, Viniflor ; Bernard Proton, DGCCRF ; François Roncin, INAO.

Remerciements : avec la participation financière de Viniflor et du compte d'affectation général pour le développement agricole et rural géré par le
 ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

Ouvrages de références à consulter :

- Berger J.-L., 1991. Autoenrichissement du moût par osmose inverse. *Bulletin OIV*, 721-722 : 189-210.
 ◆ Berger J.-L., 1993. Les techniques soustractives. *Collection Vignes et Vins*, ITV France.
 ◆ Berger J.-L., 1998. Concentration des moûts par évaporation sous vide. *Journal international des sciences de la vigne et du vin*, numéro hors-série : Traitements physiques des moûts et des vins.
 ◆ Cuénat Ph., Canal-Liauberes R.M., 1992. Autoenrichissement des moûts et libération d'arômes dans les vins. *Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture*, 24, n°2, 73-74. ◆ Doneche B. et al, 1994. Les acquisitions récentes dans les traitements physiques du vin. *Lavoisier Tec et Doc*, Paris. ◆ Guimberteau G., Noilet P., 1998. Osmose inverse et vinification. *Journal international des sciences de la vigne et du vin*, numéro hors-série : Traitements physiques des moûts et des vins. Matériels et installations vinicoles, 1997. *Classeur ITV France*, 183-197. ◆ Sigler J., Amann R., Krebs H., 2000. *Der Badische Winzer*, juin 2000, 38-43.