

CHAUFFAGE DE LA VENDANGE :

LES TECHNOLOGIES DISPONIBLES ET LES MÉTHODES DE VINIFICATION ASSOCIÉES

J-L. ESCUDIER , M. MIKOLAJCZAK , M. BES

INRA, UE 0999 PECH ROUGE, F-11430 GRUISSAN, FRANCE

COMMUNICATION PRÉSENTÉE PAR MICHEL MOUTOUNET

Le chauffage de la vendange est l'étape initiale de nombreuses options technologiques de plus en plus développées en France et dans le monde. Cela permet de mieux diversifier et d'adapter la qualité des vins rouge aux objectifs de l'œnologue et des attentes des consommateurs, des vins d'AOC aux vins rouge fruités plus identifiables par le cépage. Les technologies associées au chauffage de la vendange sont explicitées. Cette étude précise les paramétrages du traitement thermique des grains de raisin : quelques minutes à 95°C associé au traitement de flash détente sous vide, à quelques heures à 70°C. La gestion de la maîtrise sélective des extractions des composés polyphénoliques (ration tanin / anthocyanes) est précisée en vinification sur marc ou en phase liquide en lien avec le traitement par flash détente en particulier. Si ces technologies mettent bien en valeur le potentiel du raisin, elles ne pallient pas à ses carences.

The heating of grapes before vinification is the first step of many qualitative technologies choices to optimize and diversify red quality wine : origine quality wine to fruity wine more referenced with grape variety. In France and in the world many developments of these technologies are in place. This study specifies the parameters of thermal treatments : some minutes at 95°C to some hours at 70°C. In particular flash release treatment connected with high level heating temperature and liquid phase fermentation give selective extraction of polyphenol with good ratio tanins / anthocyanes . If these technologies increase grapes potentialities. they don't obliterate its defaults.

Introduction

De nombreux travaux expérimentaux ont été réalisés en France dès les années 1970, puis dans d'autres pays viticoles, sur les vinifications de vendanges chauffées ou thermo traitées. A l'époque, cette technologie avait déjà connu des succès en terme de développement.

Actuellement, les progrès technologiques et les nouvelles connaissances acquises ces dernières années remettent d'actualité les méthodes de vinification associées au chauffage de la vendange. En effet, selon les professionnels de la filière, les différentes méthodes de vinification des vendanges thermo traitées permettent de diversifier la qualité des vins et de les adapter aux attentes du marché. Il faut noter qu'en France, plus de 200 caves ont accès à ces technologies proposées par les équipementiers.

La France fait école sur la maîtrise du chauffage de la vendange pour son utilisation répandue dans les grands bassins de production tels que le Languedoc-Roussillon, la Provence, la Vallée du Rhône, le Bordelais, le Beaujolais ...L'Italie et l'Amérique du Sud ont aussi opté pour le chauffage de la vendange en investissant dans des équipements semblables aux équipements des caves françaises. Seuls certains pays viticoles de l'Europe de l'Est ou en Russie disposent quelquefois encore, pour des raisons d'économie, d'équipements différents de ceux développés en France. La différence principale se situe au niveau du système de chauffage de la vendange. Ce dernier est réalisé non pas en continu mais par batch en cuverie agitée, équipée d'une double enveloppe dans laquelle circule de la vapeur fluante. Ceci atteste, malgré cette diversité de moyens technologiques et de régions viticoles concernées de l'intérêt pour l'œnologue du thermo traitement.

Cet article s'intéresse aux options accessibles au transfert industriel et permettant à l'œnologue de garder la main en choisissant son itinéraire de vinification pour élaborer un vin à la qualité souhaitée : Quel Chauffage : couple temps / température accessible sur vendange en fonction des équipements, à quel moment réaliser le traitement, quels traitements physiques de vendange associer.

Quelle modalité de vinification : phase liquide, phase solide ?
Quelle sera la qualité du vin en fonction de l'itinéraire choisi ?

Seules les voies faisant appel au départ, au chauffage de la vendange sont traitées et approfondies ici. La macération finale à chaud (MFC) qui consiste à terminée la phase fermentaire sur marc par une macération à

40°C deux jours ne fait pas partie de cette étude, la vendange n'étant pas chauffée initialement avant fermentation.

1. Le chauffage de la vendange : contexte et principes

Le chauffage de la vendange lors de sa mise en place massive, a fait l'objet de 10 années d'expérimentation avec le concours du CEMAGREF de Montpellier, de l'INRA-Ecole d'Agronomie de Montpellier et de l'unité expérimentale INRA de Pech-Rouge. Les résultats ont fait l'objet de rapports et de publications entre 1976 et 1986 (Bénard et al 1980, Barillère et al 1986, Olivieri 1991).L'innovation portait sur la séparation des phases d'extraction sur raisin et des phases de fermentation, et s'appliquer à des vendanges de rendement plutôt élevé. Le développement de cette technologie a été conduit alors en France par les équipementiers de la filière : Imeca, Gasquet, et actuellement Pera, Fabbri, Ertia, principalement. Les chaînes de chauffage, maintenant associées ou non à la flash détente, sont mises en œuvre, le plus souvent au niveau de grandes coopératives. Ainsi, les volumes de vins élaborés par chauffage de la vendange sont de l'ordre de plusieurs millions d'hectolitres (5 millions environ). Une des raisons du succès de cette technologie est due à l'élimination des activités enzymatiques, notamment de la laccase présente dans les vendanges d'un mauvais état sanitaire. L'autre avantage majeur concerne l'objectif de réduction des besoins en cuverie de fermentation par l'élimination immédiate de toute la masse solide (JM Desseigne et al 1998, JC Boulet et al 1998). Aujourd'hui, ces technologies ne concernent plus uniquement les raisins considérés de second niveau (état sanitaire altéré) mais l'ensemble des gammes de qualité de raisin.

En Italie et en Espagne, à l'époque, de moins bons résultats du chauffage de la vendange n'ont pas permis le même développement qu'en France. En effet, les études menées sur les 3 cépages référencés en Italie - Negro Amaro, Primitivo, Ibrido P- montrent un gain d'anthocyanes par thermo vinification, mais une perte globale de polyphénols pour les deux premiers cépages comparativement à une vinification classique sur marc (Stella et al 1991).

Classiquement, le procédé consiste après éraflage et foulage de la vendange partiellement égouttée, à chauffer le raisin. Celui-ci était porté à 65°C dans les années 1970-80, à 70°C et à 75°C ensuite. Avant 1980, le raisin était le plus souvent pressé à chaud après cette étape de chauffage. Le moût chaud était refroidi dans un échangeur tubulaire.

Après 1980, le chauffage en continu est associé à une phase de macération à chaud dont les expérimentations de l'époque conseillent une

durée de 20 à 40 minutes (Bénard et al 1980). Après cette phase de macération, la vendange était refroidie le plus souvent dans un échangeur, souvent à surface raclée puis pressée. Le jus de goutte et le jus de presse sont le plus souvent assemblés.

Les résultats obtenus au niveau extraction des polyphénols étaient les suivants : extraction équivalente au niveau des tanins à une vinification classique sur marc, amélioration des intensités colorantes et des teneurs en anthocyanes, mais perte sensible en cours de conservation des vins. Les vins obtenus correspondaient à un cycle de commercialisation court de quelques mois. La limite du procédé concernait la perte de couleur au cours des mois suivant la vinification. Ces vins ne correspondaient pas à des vins de niveau d'AOC.

En 1996, les publications internationales sur cabernet sauvignon (Auw et al. 1996) rapportaient une bonne extraction de couleur mais un déficit d'extraction en tannins, résultant de l'absence d'extraction en présence d'alcool. En Allemagne (Netzel et al. 2003), des essais ont été réalisés sur Pinot Noir, Lemberger, Cabernet Franc. Les vendanges étaient thermo traitées à 65°C puis refroidies 24 heures avant pressurage. Les comparaisons portaient sur une vinification traditionnelle sur marc et sur une vinification sur marc après chauffage de la vendange. Le gain d'extraction de cette dernière variante est faible. Le meilleur gain d'anthocyanes par chauffage est observé sur pinot noir. La phase de macération post chauffage d'une vendange refroidie permet dans l'ensemble un meilleur gain d'extraction des composés polyphénoliques.

Parallèlement au gain observé pour les polyphénols et anthocyanes, une évolution des caractéristiques sensorielles des vins issus des thermo traitements de la vendange a été mise en évidence. En effet, la clarification avant vinification des moûts de vendanges thermo traitées, permet d'obtenir des vins fruités, marqués en arômes fermentaires les premiers mois. Cette clarification a été rendue possible du fait des progrès réalisés au niveau des techniques de clarification, centrifugation, filtres rotatifs sous vide surtout, mais aussi flottation,

2. Evolution du chauffage de vendange.

2.1. La macération pré-fermentaire à chaud (MPC).

Pour améliorer les extractions à partir du raisin, avec le même équipement traditionnel, les durées de macération sont fortement augmentées, il s'agit alors de macération pré fermentaire à chaud de longue durée (MPC). Le niveau du traitement thermique est identique à celui de la thermovinification classique, le raisin est chauffé de 70° C à 75°C, la phase de macération à chaud dure beaucoup plus longtemps, jusqu'à une quinzaine d'heures.

2.1.1 MPC suivie d'un pressurage direct. (Vinification en phase liquide)

L'étude a porté sur les principaux cépages rouges présents en Languedoc Roussillon (Cottreau et al 2007), elle faisait suite à des expérimentations menées avec de bons résultats par l'IFV en Beaujolais sur gamay. Une durée minimum de 6 heures de macération avant pressurage est nécessaire pour obtenir une couleur et une teneur en polyphénols au moins identique à celle d'un vin « vinification traditionnelle ». Une durée inférieure conduit à une concentration en polyphénols inférieure au témoin. Les jus doivent être refroidis et clarifiés avant d'être mis en fermentation comme pour le thermo traitement classique. Le niveau de clarification et le choix du profil thermique pendant la fermentation sont primordiaux pour ces vins vinifiés en phase liquide. Comme pour la thermovinification classique, une régulation basse température de la phase fermentaire donne des vins jugés plus fruités de type amylique parfois.

2.1.2 MPC avec macération fermentaire.(vinification sur marc)

Dans ce cas, des gains en polyphénols (+ 25% à +45 %, exprimés en indice de polyphénols totaux-IPT) et des gains de couleur sont observés dès 2 heures de macération pré fermentaire à chaud. En revanche, il n'y a pas de gain supplémentaire au delà de 6 à 7 heures (Cottreau et al. 2007). La vendange doit être refroidie avant mise en fermentation. Le décuvage de la vendange chaude est préférentiellement réalisé en cuve autovidante. Le refroidissement est en général effectué dans des échangeurs tubulaires adaptés. C'est une des contraintes techniques de ce procédé. Son avantage est que ce schéma n'impose pas de surcoût en terme d'équipement, mais en revanche il y a un surcoût au niveau énergétique pour refroidir la masse de vendange. Au niveau olfactif, les vins obtenus sur une gamme de cépages évalués en Languedoc Roussillon par l'IFV, restent assez proches des vins vinifiés traditionnellement,

sauf pour le cépage cabernet sauvignon. En effet, ce cépage est riche en 3-isobutyl-3 méthoxy-pyrazine, molécule thermo sensible perdue lors du thermotraitement.(molécule responsable de l'odeur de poivron vert)

A durée de MPC identique, la macération en phase fermentaire permet d'obtenir des vins plus riches en polyphénols que les lots issus de pressurage direct. Pour ces derniers, le niveau de clarification a un fort impact sur l'appréciation aromatique du vin.

2.2. La flash-détente

La flash-détente est une technique extractive qui consiste à soumettre une vendange chauffée (85°C-95°C) à une mise sous vide instantanée (50-60 hPa soit 50 à 60 mbars) (schéma 1). Ce procédé a fait l'objet de protection de brevets internationaux (Escudier et al 1993, Cogat 1993 et 95). Les référencements en cave se sont multipliés rapidement depuis 1995 pour approcher une centaine de références actuellement, tous pays confondus. La brusque vaporisation de l'eau contenue dans la baie et en particulier dans la pellicule provoque une déstructuration tissulaire qui va favoriser les phénomènes d'extraction des composés pelliculaires en l'absence d'oxygène (Ageron et al. 1995, Moutounet et al 2000). Cette vaporisation est la conséquence de la mise sous vide instantanée qui par équilibrage de la température au vide donné, refroidit toute la vendange (liquide exogène et intracellulaire) et génère cette vapeur d'eau issue de la vendange.

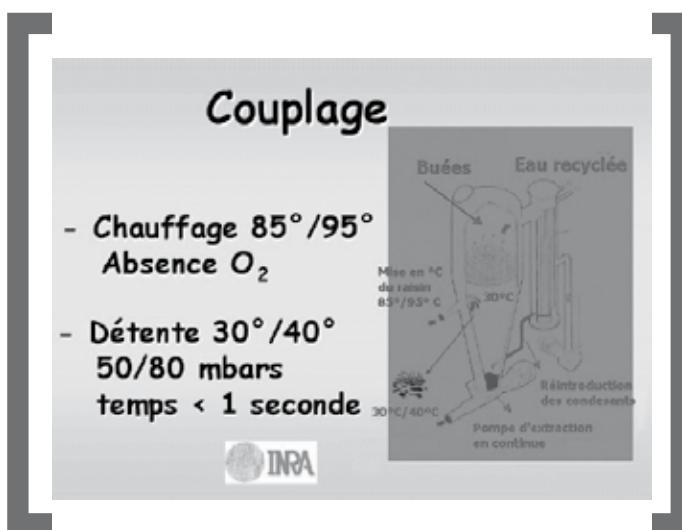


Schéma 1 : Principe de la Flash-détente

A titre d'exemple, sous une pression absolue de 60 hPa, la vaporisation d'eau de 100 kg de vendange si celle-ci est chauffée à 86°C est de :

$$E = MCs \cdot \Delta T / Cp$$

M : masse de vendange traitée

Cs : chaleur spécifique du moût

Cp : chaleur de vaporisation sous vide de l'eau

ΔT : différence de température entre le raisin avant et après détente

A 60 hPa la température d'équilibre est de 36°C

$E = 100 \times 0,875 \times 50 / 570 = 7,67 \text{ kg d'eau}$

Cette eau est classiquement réintroduite dans la vendange sous forme de condensats, elle peut être également éliminée pour réaliser un enrichissement équivalent en proportion. Dans ce cas cela doit faire l'objet d'une déclaration d'enrichissement.

Sous le vide considéré, la vapeur d'1 kg d'eau occupe un volume de 28 m³, ajouté à l'instantanéité de la vaporisation, ceci explique l'effet déstructurant au niveau tissulaire (photo 1) et la fragmentation des pellicules. De ce fait l'extraction des composés pelliculaires, même si elle est partiellement réalisée par le traitement thermique, est nettement améliorée lors des phases de macération. Pour avoir l'effet souhaité de la flash-détente, un ΔT d'au moins 50°C est recommandé.

La vendange traitée par flash-détente est ensuite vinifiée soit en phase liquide soit en macération fermentaire sur marc.

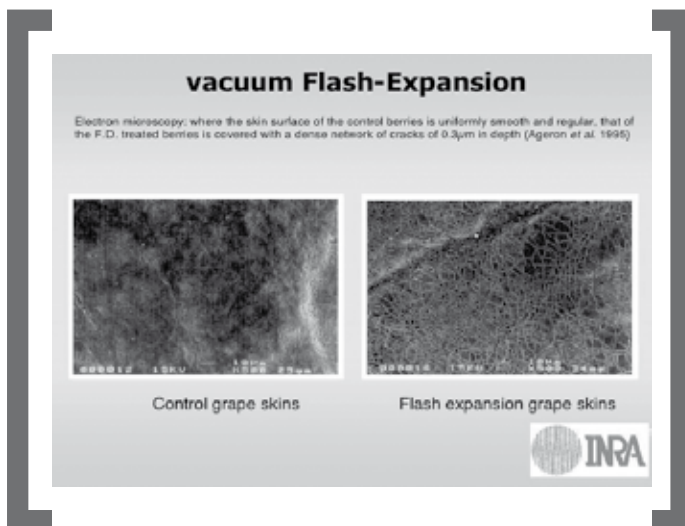


Photo 1 : Effet destructurant de la flash détente au niveau tissulaire

2.2.1 Vinification en phase liquide après flash détente

Les expérimentations réalisées démontrent clairement la faisabilité de la technique au niveau industriel (pressurage à température ambiante facile). Pour obtenir des gains d'extraction beaucoup plus importants qu'en thermovinification classique, après la phase de montée en température, une courte phase de macération a été rajoutée avant la mise sous vide (Escudier et al 2006). Ces travaux INRA complémentaires avec fermentation en phase liquide après flash-détente ont montré l'intérêt d'une courte macération à haute température (9 minutes à 95°C) avant la mise sous vide. Le schéma 2 donne les concentrations en anthocyanes, catéchine, acide phénol et proanthocyanidines du moût prélevé en sortie de flash détente avant fermentation pour ces deux paramétrages..

Les caves peuvent nouvellement par un paramétrage approprié de la technologie, procéder à un traitement de la vendange en ligne en continu avec vinification en phase liquide pour élaborer des vins à teneur élevée et plus équilibré en polyphénols. Comme précédemment, après traitement de la vendange et pressurage, les jus sont clarifiés et mis en fermentation. Les vins obtenus ont une meilleure stabilité de la matière colorante du fait de l'extraction accrue et équilibrée des tanins. Au niveau organoleptique, ces vins sont jugés ronds et fruités.

Ce procédé d'extraction est aussi adapté à l'élaboration de jus de raisin très colorés.

2.2.2 Vinification avec macération fermentaire après flash détente

La technique de prétraitement de la vendange par flash-détente et vinification en « phase solide » concerne des raisins de qualité, dans une logique « vin d'appellation ». Les travaux réalisés par l'INRA portaient à l'origine sur cette approche (Moutounet et al 2000). Les gains d'extractions sont importants et équilibrés. Les expérimentations ont démontré que la typicité et la qualité des vins issus de traitement par flash-détente avec macération fermentaire, étaient évaluées comme relevant du niveau de l'AOC dont sont issus les vendanges. Les vins obtenus sont charpentés et tanniques tout en gardant leur typicité et en présentant sur vendange mûre une certaine sucrosité. La stabilité de ces vins lors de leur conservation est améliorée, ce qui rallonge la durée de vie de ces derniers. La macération fermentaire peut être réalisée sur une durée de 2 à 15 jours, suivant la qualité de la vendange et les objectifs de l'œnologue. Une macération de 3 à 4 jours permet d'atteindre l'extraction maximale au niveau du rapport tannins / anthocyanes, (Vuchot, 2004, Morel-Salmi et al. 2006). L'extraction maximum des composés polysaccharidiques totaux nécessite des cuvaisons de 10 jours. L'étude de la composition en composés d'arômes sur les esters éthyliques d'acides gras, et les teneurs en bêta-ionone (cépage grenache) sont en faveur du vin issu de vendanges traitées par Flash détente (Kotséridis Y., 2002).

Ce procédé avec thermo-traitement a été référencé en particulier en

zone AOC Bordeaux, Côtes du Rhône. En 2004, Inter-Rhône (Vuchot.P) a fait un premier bilan de 13 suivis en cave, menés de 1998 à 2002. Les vins référence thermotraitement modéré (85°C) associés à la flash-détente ont été vinifiés avec un temps de macération réduit de moitié, tout en permettant un gain d'extraction en polyphénols et une diminution de la nuance de 10%, signe d'une couleur moins évoluée.

Du fait de l'extraction accrue par cette technique, un soin particulier est à apporter à la qualité de l'éraflage de la vendange ainsi qu'à son stade de maturité. En effet, les feuilles, les rafles, pétiotes ou une vendange en sous maturité peuvent amener des tanins durs et herbacés. Dans ce cas une fermentation en phase liquide est préconisée car mieux adaptée. Les expérimentations ont montré qu'un ajout de 10 % de rafles de carignan dans la vendange ont un impact défavorable sur la composition en polyphénols et l'appréciation organoleptique (Escudier et al, 1995)

2.2.3 Polyvalence de la flash détente au niveau extraction

Des travaux plus spécifiques ont été réalisés dans le cadre d'une étude conduite avec l'aide financière de la communauté européenne, dans le volet quality of life and management of living resources, projet N° QLRT-2002-02364 intitulé Novel enzyme-aided extraction technologies

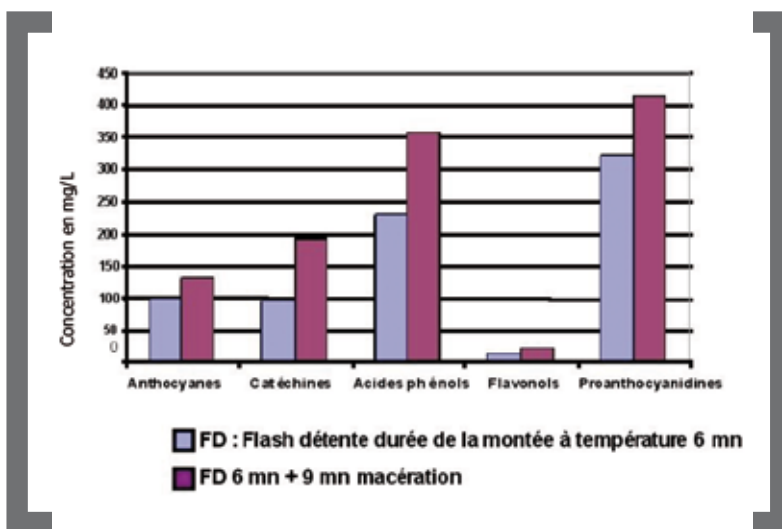


Schéma 2 : Composition en polyphénols des moûts avant fermentation, cépage grenache

for maximized extraction technologies yield and functionality of bioactive components in consumer products and ingredients from byproduct, acronyme Maxfun (2004-2006). Les voies enzymatiques étudiées n'ont pas permis de sélectionner des préparations enzymatiques spécifiques pour accroître fortement les extractions. La voie flash détente est la méthode qui a permis les extractions les plus fortes. Cette étude menée sur 3 années par l'INRA a fait l'objet d'une publication de synthèse (Morel-Salmi et al, 2006). Les travaux de recherche ont montré que le niveau d'extraction des polyphénols peut être largement modulé selon la durée de macération à chaud avant la détente sous vide d'une part, et le mode de fermentation en phase solide ou en phase liquide d'autre part.

Le tableau 1 précise sur le cépage grenache, en situation AOC, méridionale (Corbières, domaine Inra de Pech Rouge), le rapport tannin / anthocyane pour :

- une vinification classique, avec cuvaizon de 8 jours sur vendange éraflée,
- une vinification référence flash détente standard (chauffage à 90°C suivie d'une détente, refroidissement instantané), fermentation sur marc 8 jours.
- une vinification référence flash détente avec une macération de 9 minutes à 90°C avant mise sous vide, fermentation sur marc 8 jours,
- un traitement référence flash détente standard
- et une vinification en phase liquide après traitement par Flash détente standard.

Tableau 1 : Rapport tannin / anthocyane mesuré pour différentes vinifications (cépage Grenache)

indices polyphénols	vinification classique VE	flash détente fermentation phase liquide	flash détente fermentation phase solide	flash détente + 9 mn macération à chaud fermentation phase solide
rapport tannin/anthocyanes	6,7 ± 0,4	3,1 ± 0,7	9,9 ± 0,3	14,5 ± 1,5
indice polyphénols totaux	27,47 ± 0,8	14,4 ± 0,5	31,2 ± 0,5	34,6 ± 0,4
intensité colorante	3,5 ± 0,2	2,2 ± 0,1	3,4 ± 0,1	4 ± 0

Le ratio tannin/anthocyanes de valeur de 6,7 pour la vinification classique est divisé par 2 pour la vinification FD en phase liquide, mais est augmenté de 50 % pour le schéma FD classique et doublé pour le schéma FD avec courte macération à chaud avant détente.

Les anthocyanes et les acides phénols sont les composés polyphénoliques qui sont extraits le plus rapidement et le plus favorablement par rapport aux autres composés polyphénoliques en vinification classique. Le tableau 1 précise les indices polyphénols et la couleur des vins obtenus. L'évolution du rapport tannin/anthocyanes est liée surtout à une extraction en tannin plus forte.

Le niveau élevé de macération à 95°C, tout en permettant un gain d'intensité colorante, se traduit par un accroissement de la conversion des anthocyanes vers des pigments résultant de réactions flavanols-anthocyanes. Cela, contribue à une légère augmentation de la teinte, 0,97 par rapport à 0,93 pour la flash détente sans macération à chaud et la vinification classique (tableau 1), et à une meilleure résistance à la décoloration au SO₂ (Morel-Salmi 2006).

Le schéma 3 permet d'évaluer en évolution dans le temps sur 4 options de vinification issues d'un lot homogène de vendange de cabernet sauvignon (Moutounet et al 2000). La hiérarchisation obtenue en terme de gain d'extraction est maintenue dans le temps.

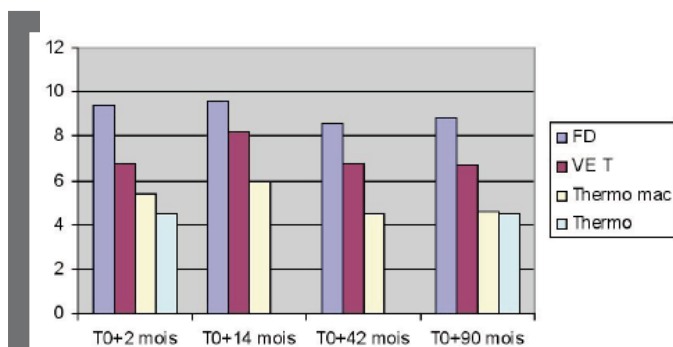


Schéma 3 : Thermo-traitements et durée de conservation

2.3. La thermo-détente.

La société ERTIA, 10 ans après le développement de la flash détente, a imaginé un dispositif dont l'objectif est d'obtenir un gain d'extraction sur raisin avant pressurage.

L'étape de thermo-détente s'intègre dans le procédé de thermovinification. Il consiste à appliquer une surpression faible (de 1 à 4 10⁻⁵ Pa) sur de la vendange chaude (68°C à 80°C), puis à réaliser une détente brutale par retour à la pression atmosphérique. La thermo-détente est réalisée dans des « bouteilles » de pression, placées entre la sortie du chauffage de la chaîne de thermovinification et la cuve de macération.

La vendange peut, comme en thermovinification classique, être vinifiée en phase liquide ou en macération fermentaire. La détente n'occasionne pas, dans ce cas, de refroidissement de la vendange, les contraintes

thermiques sont donc inchangées par rapport à un thermo- traitement.

La thermo-détente permet d'améliorer les performances d'extraction instantanée de la couleur et des tanins d'une chaîne de thermovinification selon les résultats obtenus en particulier sur les cépages testés : merlot, syrah, cabernet sauvignon tout en conservant les avantages de la thermovinification (Dubernet et al 2004).

Les travaux réalisés par l'INRA concernant la mise sous pression élevée (40 à 60 10⁻⁵ Pa) suivie d'une détente à pression atmosphérique à température ambiante montrent qu'il n'y a pas de gain d'extraction significatif en cours de vinification (Osse et al 1987). La température reste le facteur d'extraction dominant en l'absence d'évaporation et non la pression même élevée.

3. Méthodes de chauffage de vendange :

3.1 Les techniques et outils.

- Le chauffage indirect. Le moût est chauffé par un échangeur souvent de type coaxial ou à surface raclée, alimenté en eau chaude, ou en vapeur. Cela permet un chauffage en continu à 70°C-90°C. Rotathermic de Brunet-Ertia à partir d'eau chaude, surpressée. (Schéma 4). Echangeur dynamique de Pera à partir de vapeur (Schéma 5)
- Le chauffage direct, par du moût chaud. La vendange égouttée est immergée en continu dans ce moût préalablement chauffé dans un échangeur alimenté en eau chaude ou en vapeur. La vendange peut être chauffée de 65°C à 75°C (jusqu'à 90°C dans des échangeurs adaptés). Procédé Gulfstream d'Imeca Pera.
- Le chauffage direct, par fluage de vapeur. Ce système permet des montées plus rapides (4 à 6 mn) aux températures souhaitées (85°C-98°C) en l'absence d'oxygène. La vapeur est produite dans ce cas à partir d'une fraction de jus d'égouttage de la vendange. Les coefficients d'échange de chaleur à partir de vapeur sont plus élevés. Fabbri (schéma 6 et 7) , Pera . en chauffage direct ou indirect (schéma 8).

3.2 Echanges thermiques :

3.2.1 Chauffage

La quantité de chaleur transmise à la vendange est donnée par la formule :

$$Q = K.S. \Delta T$$

Q : en Kcal/h
K : coefficient de transfert en Kcal/(h.m².°C)
S : surface d'échange en m²
ΔT : en °C

- Chauffage par vapeur biologique fluente
Deux coefficients de transfert sont associés :
La vaporisation du jus : K₁ = 1200 Kcal/h m².°C
Le chauffage par contact de la vapeur avec la surface des baies de raisin: K₂ > 3000 Kcal/h m².°C

Le chauffage est très rapide, il est réalisé à l'abri de l'oxygène de l'air.

- Chauffage par conduction

- Chauffage indirect par tube corrugué ou échangeur à surface raclée
Le coefficient de transfert est compris entre 750 et 1100 Kcal/h m².°C
Remarque : pour une même température d'entrée du fluide caloporteur, le ΔT, dans le cas d'un chauffage avec de la vapeur basse pression, est plus important que dans le cas d'un chauffage à l'eau pressurisée. En effet, la température est maintenue tout le long de l'échangeur avec de la vapeur condensante alors qu'elle baisse avec de l'eau pressurisée. De ce fait, il faut pour un même échange, 22% de surface supplémentaire avec de l'eau pressurisée qu'avec de la vapeur basse pression.

- Chauffage direct par contact du jus chaud
Le coefficient de transfert est au mieux de 750 Kcal/h m².°C

La quantité de calories nécessaires au chauffage de la vendange est donnée par la formule : Q = M.Cs.ΔT

Q : en kcal
M : masse de vendange en kg
Cs : chaleur spécifique de la vendange
ΔT : en °C

- Flash-détente

Pour un débit horaire de 10 tonnes de vendange entière égrappée, soit 6,7 t/h de vendange traitée (1/3 d'égouttage) le bilan thermique est le suivant : Chauffage de 20°C à 90°C $Q = 6700 \times 1 \times 70 = 469\ 000 \text{ kcal}$

- Thermo traitement

Pour un débit horaire de 10 tonnes de vendange entière égrappée, chauffage de 20°C à 70°C : $Q = 10\ 000 \times 1 \times 50 = 500\ 000 \text{ kcal}$ sans égouttage. Si 1/3 d'égouttage : $Q = 6700 \times 1 \times 50 = 335\ 000 \text{ kcal}$.

3.2.2 Réfrigération

La quantité de frigories nécessaires au refroidissement de la vendange est donnée par la formule :

$$Q = M \cdot Cs \cdot \Delta T$$

Q : en frigories fg
M : masse de vendange en kg
Cs : chaleur spécifique de la vendange
ΔT : en °C

- Flash-détente

Pour un débit horaire de 10 tonnes de vendange entière égrappée, soit 6,7 t/h de vendange traitée (1/3 d'égouttage) le bilan thermique est le suivant :

- Condensation des buées dans le condenseur équivalent au refroidissement du produit de 90 à 32°C :
 $Q = 6700 \times 1 \times 58 = 388\ 600 \text{ fg}$.

- Puissance électrique du moteur du ventilateur de la tour aéro-réfrigérante nécessaire : 15 kw

- Consommation d'eau de la tour : évaporation 500 l/h, déconcentration 500 l/h soit un total de 1000 l/h

- Sous refroidissement de la vendange flashée de 32°C à 22°C à l'aide d'un échangeur et d'un groupe de froid :
 $Q = 6700 \times 1 \times 10 = 67\ 000 \text{ fg}$ soit 77 kw

- Puissance électrique du groupe de froid nécessaire : 26 kw
Consommations totales : 15 + 26 = 41 kw/h d'électricité
1000 l/h d'eau recyclée

- Schéma classique : chauffage et refroidissement par conduction
Pour un débit horaire de 10 tonnes de vendange entière égrappée thermo traitée et refroidie de 65°C à 22°C : $Q = 10\ 000 \times 1 \times 43 = 430\ 000 \text{ fg}$.

Puissance électrique du groupe de froid nécessaire : 164 kw
Soit une consommation de 164 kw/h d'électricité . L'utilisation du vide, en complément de son action physique sur les pellicules est énergétiquement très intéressante,

L'économie d'énergie que représente le refroidissement lié à la mise sous vide instantanée de la vendange est de 75%.

4 Conclusion : Les Procédés et la maîtrise qualitative des niveaux d'extraction .

Les constituants du raisin qui jouent un rôle majeur dans l'expression qualitative des vins sont essentiellement contenus dans la pellicule de la baie de raisin. Une forte proportion des composés d'arômes et des précurseurs aromatiques se trouve dans les tissus pelliculaires. L'apport du chauffage de la vendange a été dès le début de son développement, de séparer cette phase d'extraction pelliculaire de la phase fermentaire en phase liquide. Les résultats acquis grâce aux innovations technologiques, aux expérimentations, aux connaissances concernant les molécules composant la matrice du vin, ont largement fait évoluer les procédés. Contrairement à ce que l'état de l'art établissait encore récemment (Sacchi et al 2005), il est possible sans fermentation alcoolique sur marc, d'obtenir des extractions correspondant aux nouveaux cahiers des charges œnologues.

La voie fermentation en phase liquide peut être largement modulée par le choix du couple temps température avant mise sous vide, une courte

macération de 9 minutes à 95°C ayant un impact significatif sur les taux d'extraction instantanés. Les outils aptes à réaliser un traitement de flash détente peuvent être paramétrés (niveau de température, temps, absence d'oxygène) en option MPC, si c'est le choix de l'œnologue. L'inverse n'est en revanche pas possible. Toutefois, l'option flash détente amène un surcoût d'investissement ce qui a conduit les sociétés Pera et Fabbri à proposer également des thermotraitements à niveau de température plus élevés sans flash détente. L'utilisation de vapeur basse pression comme élément de chauffage, direct ou indirect a permis sur vendange d'accéder à de nouveaux paramétrages. Les expérimentations réalisées ont permis avec certains paramétrages de modifier fortement le rapport anthocyanes/ tanins, d'augmenter sélectivement les extractions de façon compatibles avec leur stabilité. En revanche, il est difficile de donner des valeurs types des bons rapports anthocyanes/ tanins. Celles-ci dépendent des raisins et des terroirs dont ils sont issus mais aussi des types de vins à élaborer.

Jusqu'à présents seuls les produits alimentaires en phase liquide ou pâteuse pouvaient bénéficier, en l'absence d'oxygène, pour l'acquisition de stabilité microbiologique, de traitement à températures élevées de durée courte. Les jus de raisin par exemple sont classiquement traités quelques dizaines de secondes à 90°C et non quelques dizaines de minutes voire une heure à 65°C. Le thermo traitement de la vendange est une approche industrielle car elle nécessite des outils techniques adaptés à la vendange, mais ceux-ci sont paramétrés par l'œnologue (**schéma 9**) pour orienter la qualité des vins de chaque millésime en fonction des demandes des metteurs en marché. Grâce à ces technologies nouvellement accessibles, la vinification des vins rouges en phase liquide, et en phase solide ouvre au niveau fermentaire la voie à des profils fruités aromatiques reproductibles. En revanche, la technique ne met qu'en valeur

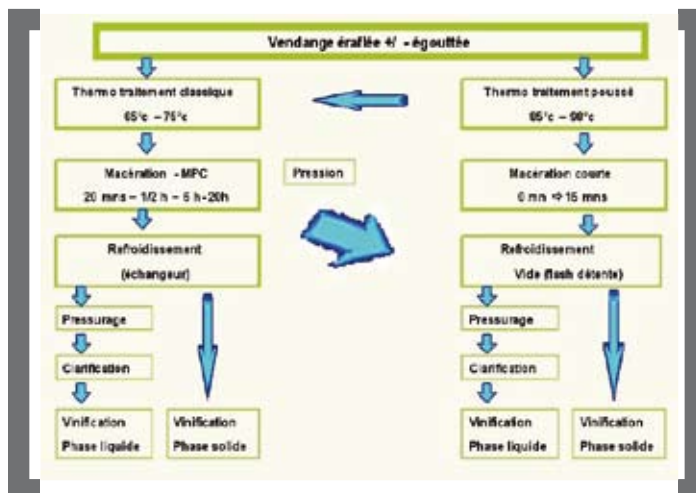


Schéma 9 : Chauffage de la vendange

le potentiel du raisin, et ne pallie donc pas à ses carences.

L'Argentine, le Chili au niveau de leurs plus importantes structures de production développent fortement ces nouvelles voies technologiques sur vin de cépage, en particulier le thermo traitement et la flash-détente

Depuis 2005, l'institut Rhodanien dans le cadre d'un projet européen Flavo, a élaboré des vins riches en flavonoïdes. Quatre voies sont évaluées sur grenache et syrah comparativement au vin témoin (Drinkine J et al. 2007) : saignée de 25%, tannissage par 50g/hl de tannin de pellicules, enzymage, flash détente avec fermentation sur marc. La teneur globale en tannin des vins témoins était de 0,4 g/L, la saignée l'augmente logiquement de 25%, l'enzymage a peu d'impact au niveau extraction de tanins, le tannissage augmente de 45% la teneur par rapport au vin témoin, et le vin référence flash détente a une teneur augmentée de 100 % (0,8 g/L). A ce niveau là, un élevage des vins est nécessaire pour améliorer les structures tanniques au niveau organoleptique.

En terme de recherche, les méthodes de clarification en ligne des moûts issus de vendanges thermo traitées, à vinifier en phase liquide feront parti des priorités pour leur impact qualitatif au niveau de la phase fermentaire.

Remerciements : les auteurs remercient les sociétés Pera (www.pera.fr), Fabbri (www.fabbri.fr), Ertia, Pierre Olivier Cogat société Aurore Développement pour les documents fournis.

Références bibliographiques :

AGERON D., ESCUDIER JL., ABBAL P., MOUTOUNET M., (1995). Prétraitements des raisins par flash détente sous vide poussé. *Rev Fr Oenol*, 153:50-53.

AUW JM., BLANCO V., O'KEEFE S-F., SIMS CA., 1996. Effect of processing on the phenolics and color of Cabernet Sauvignon, Chambourcin, and Noble wines and juices. *Am.J.Enol.Vitic.* 47:279-286.

BARILLERE JM., BENARD P., VANNOBEL C., CHABAS J., 1986. Etude statistique des caractères analytiques de vins obtenus par différentes techniques de vinification après chauffage de la vendange. *Sciences des aliments*, 6, 201-211.

BENARD P., BOURZEIX M., FLANZY C., INRA., 1980. La vinification avec chauffage de la vendange, résultats de 10 années d'expérimentation. Edition INRA.

BOULET JC., ESCUDIER JL., 1988. In *Oenologie, fondements scientifiques et technologiques* Partie 17 vinifications en rouge, 797-805. FLANZY coord Tec et Doc Lavoisier.

COTTEREAU P., DESSEIGNE JM., 2007. Chauffage de la vendange et arômes fruités. *Entretiens viti vinicoles Rhône Méditerranée*. 20-22.

COGAT PO. Brevet N° EP 95900808.7 Installation pour le traitement de matières biologiques hydratées.

DESSEIGNE JM., GRENIER P., 1998. In *Oenologie, fondements scientifiques et technologiques* Partie 25 Diversification et optimisation des traitements thermiques, 1229-1232. FLANZY coord Tec et Doc Lavoisier

DRINKINE J., VIDAL S., MICHALET M., VUCHOT P., BARNAVON L. 2007. *Symposium Oenologie Bordeaux 25/6/07*.

DUBERNET M., DE PARZIA E., DUFORT B., FONTAINE P., 2004. La thermo détente, une nouvelle dimension apportée à la thermo vinification. *Rev. Fr. Oenol.* 214.

ESCUDIER JL., MOUTOUNET M., COGAT P.O. Brevet N°EP 9313287 et N°EP 95900806.1. Produit alimentaire, obtention, et application à la fabrication de jus de fruits ou de vins.

ESCUDIER JL., MIKOLAJCZAK M., MARTIN M., SAMSON A., THIBERT D., BOULET JC., MOUTOUNET M., ROSON JP. Intérêts du traitement des raisins par un vide poussé pour l'œnologie. Rapport Onivins Région LR filière viticole déc 95.

ESCUDIER JL., BES M., MOREL-SALMI C., MIKOLAJCZAK M., SAMSON A., MARTIN M. 2006. Vinifications en rouge : macérations post fermentaires, macérations carboniques, flash détente sous vide. RFOE N°216

KOTSERIDIS Y., ESCUDIER JL., MOUTOUNET M 2002. Flash détente et qualité des vins. PAV N°20, 438,442.

MOREL-SALMI C., SOUQUET JM., BES M., CHEYNIER V., 2006. Effect of flash release treatment on phenolic extraction and wine composition. *J.Agric. Food.Chem.* 54, 4270-4276.

MOUTOUNET M., ESCUDIER JL., 2000. Prétraitement des raisins sous vide, incidence sur la qualité des vins. *Bull OIV* 827-828 .

NETZEL M., STRASS G., BITSCH I., KONITZ M., CHRISTMANN M., BITSCH R. 2003. Effect of grape processing on selected antioxidant phenolics in red wine. *J Food Eng.* 56:223-228.

OLIVIERI C., 1991. Aspects biologiques physico chimiques et techniques des traitements thermiques des raisins entiers et foulés *Bull OIV*, 604 (54):477-497

OSSE Cécile, rapport Le Cell Cracking. Laboratoire de microbiologie Wageningen- INRA UE Pech Rouge. 53 p.

SACCHI K L., BISSON LF., ADAMS DO. 2005. A review of the effect of wine-making techniques on phenolic extraction in red wines. *Am.J.Enol.Vitic.* 56-3

STELLA C., TESTA C., VIVIANI C., SABATELLI MP., 1991. Trattamento a caldo delle uve: influenza su vini da vitigni diversi. *Vignevini*. 12:47-50

VUCHOT P., 2004. Développement et intérêt de la flash détente pour les vins d'appellation de la Vallée du Rhône . N° 112, p 37,41

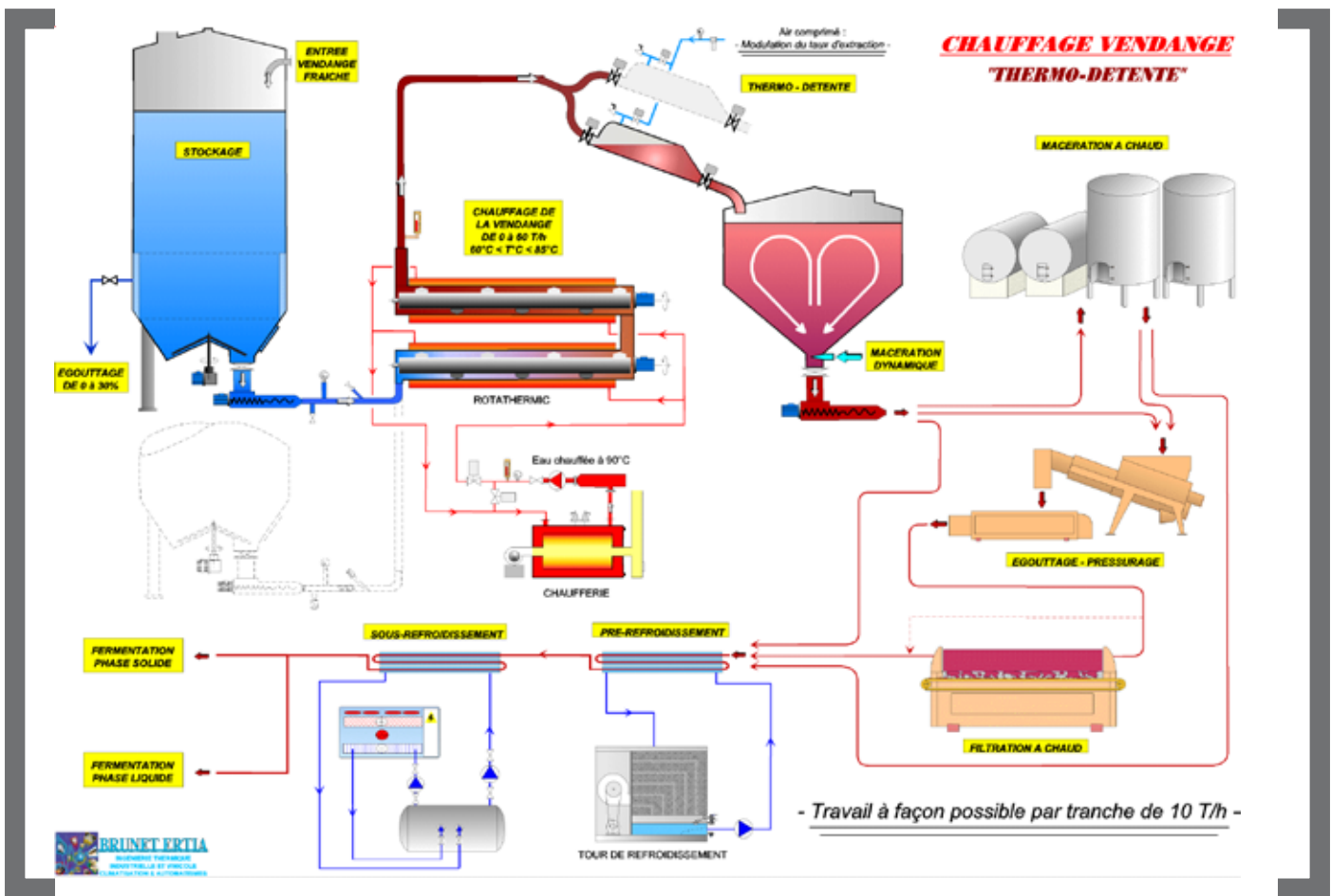


Schéma 4

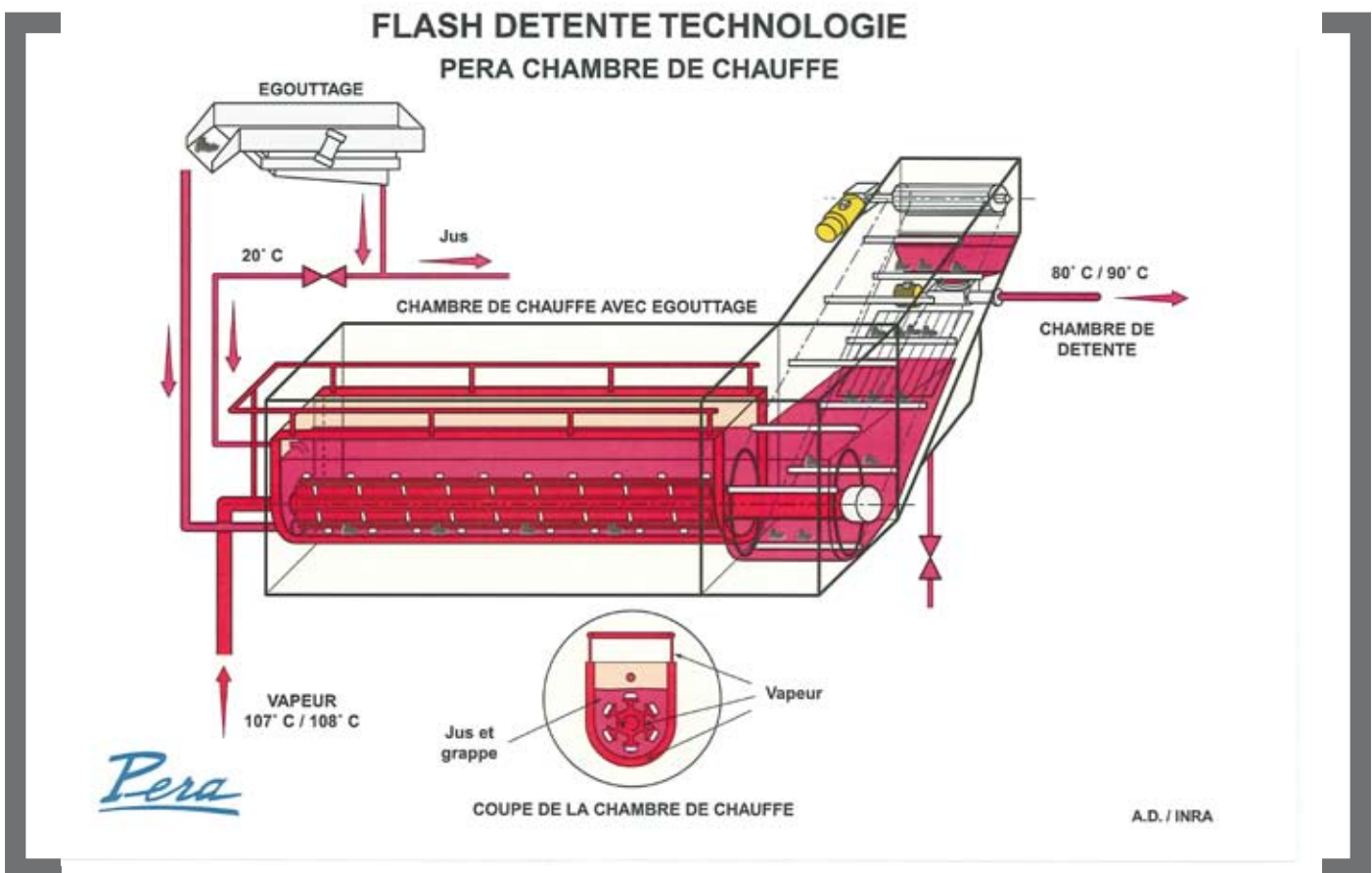
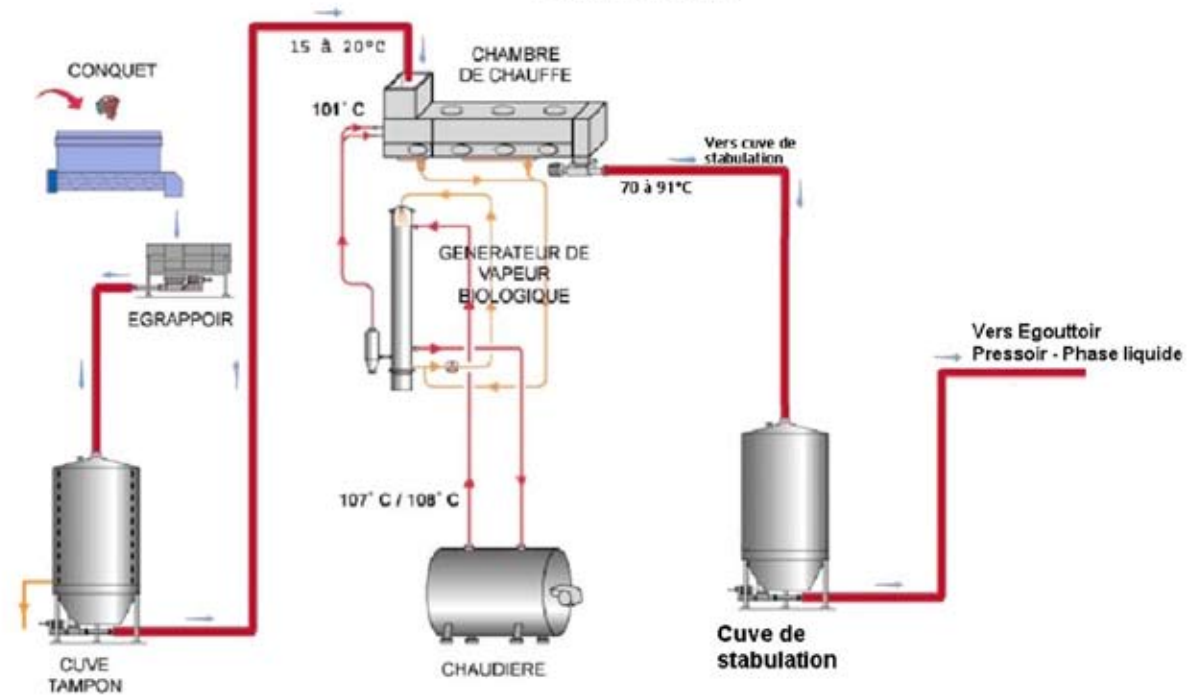


Schéma 5

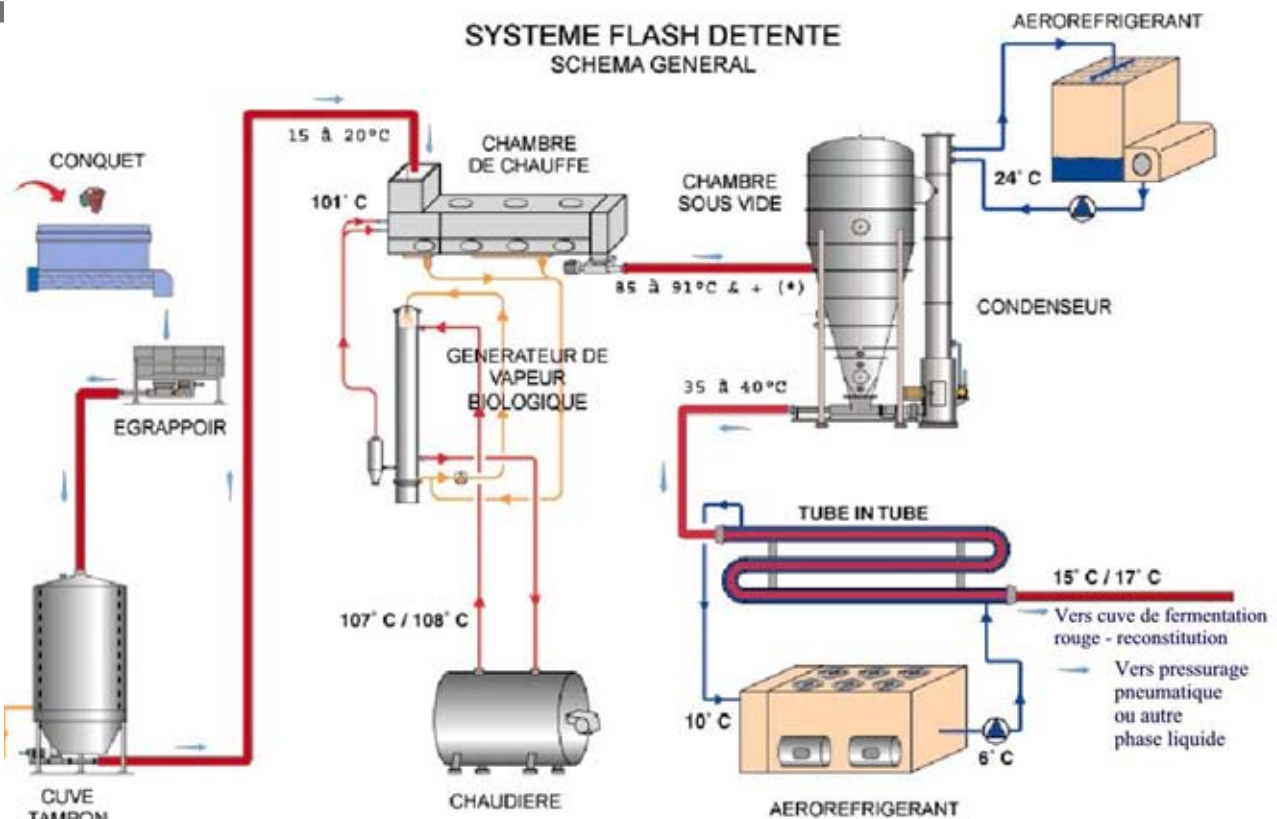
SYSTEME FLASH DETENTE / Version uniquement thermo
SCHEMA GENERAL



FABBRI

Schéma 6

SYSTEME FLASH DETENTE
SCHEMA GENERAL



*) 85°C : température mini pour action flash détente ; >= à 91°C pour bloquer l'activité enzymatique des oxydases

FABBRI

Schéma 7

FLASH DETENTE TECHNOLOGIE

LIGNE TECHNOLOGIQUE 30 T / HEURE

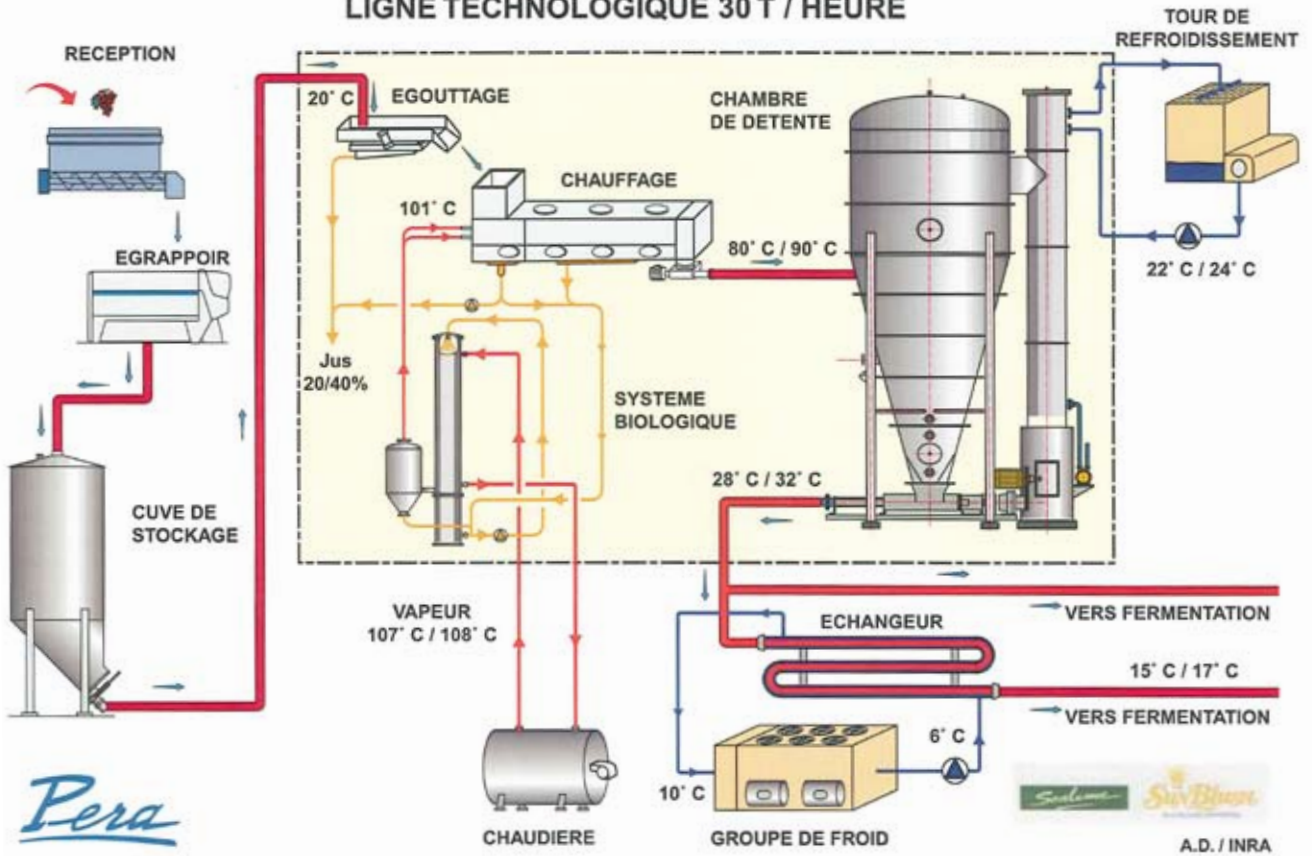


Schéma 8