



tesla

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry

MANUEL

*d'`Efficacité Energétique de la
Filière Viticole*

IEE/12/758/SI2.644752

Rédacteur principal: UPM
(Universidad Polit cnica de Madrid)



Co-financé par le programme Intelligent Energy Europe
de l'Union Européenne

Dernière version :

Mai 2014

Auteurs:

Joaquín Fuentes-Pila et José Luis García.
UPM, Technical University of Madrid.

Co-auteurs:

Ce document a été réalisé conjointement avec CIRCE, UÉvora, Tecaliman et ENEA, et contient des informations provenant de Spanish Co-ops, CoopdeFrance, CONFAGRI et Legacoop Agro.

À propos de ce rapport:

Ce rapport a été rédigé selon la trame du projet TESLA (Intelligent Energy Europe) et a été financé par la Commission Européenne.

Copyright:

Ce rapport peut être copié et distribué tant que le copyright est toujours respecté. Enseignants, formateurs et tout autre utilisateur doivent toujours citer les auteurs, le projet TESLA et le programme Intelligent Energy Europe.

“Le contenu de cette publication relève entièrement de la responsabilité de ses auteurs. Il ne reflète pas nécessairement l’opinion de l’Union Européenne. Ni l’EACI, ni la Commission de l’Union Européenne ne peuvent être tenues responsables de l’usage qui pourrait être fait des informations qui y sont contenues”.

The logo for the Tesla project, featuring the word "tesla" in a bold, lowercase, sans-serif font. To the right of the text is a stylized, yellow infinity symbol or a figure-eight shape.

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry

0. Table des matières

1. Introduction

1.1. Caractéristiques du secteur de la vinification	4
1.2. Point de vue socio-économique en Europe et dans les quatre pays con cernés par TESLA	5
1.3. Production	6
1.4. Chiffre d'affaires	10

2. Description des procédés

2.1. Réception du raisin, égrappage et broyage	10
2.2. Fermentation alcoolique	11
2.3. Pressurage et fermentation malolactique	12
2.4. Stabilisation et affinage	13
2.5. Mise en bouteille, stockage et livraison	14

3. Analyse energetique du secteur

3.1. Procédés industriels et leur consommation énergétique	16
3.2. Balance énergétique (diagramme de Sankey)	19
3.3. Les coûts de l'énergie	20
3.4. Les particularités du secteur	20

4. Mesures d'économies d'énergie

4.1. Efficacité énergétique des systèmes de refroidissement	21
4.2. Stockage efficace du vin dans des fûts en chêne	22
4.3. Changement des presses par des décanteurs	24
4.4. Moteurs performants	24
4.5. Système d'air comprimé (SAC)	26
4.6. Entraînement à vitesse variable	28
4.7. Isolation	28
4.8. Récupération de chaleur	30
4.9. Eclairage	31
4.10. Batteries de condensateur pour diminuer l'énergie réactive	32
4.11. Outils de management	33
4.12. Transformateurs de puissance haute performance	33

5. Conclusion

6. Références

1. INTRODUCTION

1.1. Caractéristiques du secteur de la vinification

L'Europe est le plus grand producteur de vin avec 175 millions hl chaque année. Dans d'autres termes, cela correspond à 45% des régions viticoles, 65% de la production, 57% de la consommation et 70% des exportations (Commission européenne, 2008).

Depuis le début de l'organisation commune du marché, (CMO), le marché du vin s'est considérablement développé. En résumé, cela s'est caractérisé par une courte période d'équilibre, suivie par une forte augmentation de la production contre un niveau de demande constant et, finalement, un déclin régulier et un net changement dans la qualité depuis les années 80.

Cela a commencé très librement, sans limites de plantations et peu de moyens pour réguler le marché (dans le but de faire face aux variations annuelles de production). Ainsi, cela permet une certaine liberté entre les plantations et les ventes pratiquement garanties et générant ainsi de graves surplus de structures.

Depuis 1978, il y a une interdiction de planter et une obligation de distiller le surplus. A la fin des années 80, les

incitations financières pour abandonner les vignes sont plus nombreuses. La réforme du CMO du vin en 1999 a renforcé l'objectif de parvenir à un meilleur équilibre entre l'offre et la demande sur le marché communautaire. Elle a donné aux producteurs la chance de ramener la production en accord avec un marché exigeant et de meilleure qualité et il a également permis au secteur de devenir plus compétitifs sur le long terme grâce au financement de la restructuration d'une grande partie des vignobles actuels. Cette réforme a été insuffisante pour réduire les surplus du vin et des quantités considérables devaient être encore écoulées. Une nouvelle réforme concernant le marché du vin était nécessaire. La réforme adoptée par l'Union Européenne avait comme but de:

- *Rendre les producteurs de vin de l'Union Européenne encore plus compétitifs – l'amélioration de la réputation des vins européens et de regagner des parts de marché à la fois dans l'UE et à l'extérieur.*

- *Faire en sorte que les règles du marché soient plus simples, plus claires et plus efficaces pour parvenir à un meilleur équilibre entre l'offre et la demande.*
- *Préserver le plus possible les cultures traditionnelle européenne de la vigne et renforcer son rôle social et environnemental dans les régions rurales.*

1.2. Point de vue socio-économique en Europe et dans les quatre pays cernés par TESLA

La vigne et la production de vin est une activité économique essentielle et à fort taux de main-d'œuvre et joue un rôle socio-économique majeur pour de nombreux États membres et pour les économies régionales ainsi que pour l'Europe dans son ensemble.

En 2004, la production du vin a représenté 5,4 % des exportations agricoles européennes et pour certaines économies de l'Europe du Sud (France, Italie, Autriche, Portugal, Luxembourg, Slovénie et Espagne), cela a atteint à peu près 10 % de la production agricole (Comité Européens des Entreprises en Vins de 2014).

Le secteur vinicole de l'UE évolue dans un milieu très compétitif à tous les niveaux (national, européen et international), mais il se traduit par une écrasante majorité des petits producteurs, et il est par conséquent extrêmement éparpillé en comparaison avec d'autres industries alimentaires ou boissons:

- *1,3 million de sociétés vinicoles pour la production de vin dans l'UE-25 en 2005.*
- *Représentant plus de 20 % de l'emploi total en agriculture en Europe.*
- *Employant plus de 3 millions de personnes avec une main-d'œuvre familiale encore très répandue.*
- *Occupant plus de 3 millions d'hectares de terres.*
- *Avec des surfaces moyennes de 2,6 ha en 2005.*

Bien sûr, la dimension socio-économique des vins s'étend au-delà de l'activité agricole dans les vignes car elle implique également (comme le dit le Comité Européen des Entreprises Vins en 2014).

- *La production de vin, qui ne se fait pas directement dans le vignoble, mais se fait dans des caves coopératives ou des caves privées – en 2004, plus de 75 000 personnes ont été embauchées dans les activités de production de vin en UE-25.*
- *Les activités économiques indirectes liées à la production de vin tels que le commerce, la production des fûts de chêne, des bouteilles, des étiquettes, des capsules, des bouchons etc ; le développement du tourisme du vin (hôtels, bars, restaurants, etc.); la distillation du vin ; et la production de produits à base de vin.*

1.3. Production

Selon les chiffres du OIV (Organisation internationale de la vigne et du vin), en 2011, les surfaces globales de vignes ont diminué de 94 000 hectares par rapport à 2010, la surface globale atteinte étant de 7 495 000 hectares. Les surfaces de vignobles (UE-27) plantées ont diminué progressivement, passant de 3 742 000 hectares en 2008 à 3 530 000 hectares en 2011. Ceci est le résultat d'une combinaison de facteurs, telles que les restructurations de vignes et l'impact de la crise viticole, qui a en outre réduit les différences en termes de surfaces spécifiques et de types de vins. Cependant, le retrait des vignobles européens a été compensé par le maintien des plantations dans le reste du monde (ECEX, 2012). Alors que les surfaces viticoles diminuent en Argentine et en Turquie, elles augmentent en Chine et en Australie, et reste plus ou moins constantes aux USA et en Afrique du Sud.

TABLEAU 1. LES VIGNOBLES DANS LE MONDE

PAYS VITICOLES (En milliers d'hectares)	2009	2010	2011	% S/TOTAL
Espagne	1.113	1.082	1.032	13,8%
France	837	819	807	10,8%
Italie	812	798	786	10,8%
Portugal	244	243	240	3,2%
Roumanie	206	204	204	2,7%
Autres pays de l'UE	479	474	461	6,2%
EUROPE TOTALE	3.691	3.620	3.530	47,1%
Etats Unis	403	404	405	5,4%
Turquie	505	503	500	6,7%
Chine	485	490	495	6,6%
Argentine	228	228	218	2,9%
Chilie	199	200	202	2,7%
Afrique du Sud	132	132	131	1,7%
Australie	176	170	174	2,3%
Total des pays non Européens	3.966	3.969	3.965	52,9%
TOTAL MONDIAL	7.657	7.589	7.495	100,0%

Source: Données OIV, produites par OeMv et citées par ICEX, 2012.



Selon le rapport statistique annuel de l'OIV, la production globale en 2011 (sans tenir compte du moût et du jus) était d'environ 267,4 millions d'hectolitres, 3 millions hl de plus qu'en 2010. Le plus gros producteur est la France, avec 50,7 millions d'hectolitres (18,7 % du total global), suivie par l'Italie, avec 42,8 millions hl (15,6 %), et l'Espagne, avec 33,4 millions hl (12,9 %). Le Portugal est à la 12e position avec 5,6 millions hl. Ces données sont indiquées dans le tableau 2.

TABLEAU 2. PRODUCTION DE VIN.

PRODUCTION DU PAYS (milliers d'hectolitres)	2009	2010	2011
France	46 269	44 381	50 764
Italie	47 314	48 525	42 772
Espagne	36 093	35 353	33 397
Portugal	5 868	7 133	5 610

Source: figures "OIV Vine and Wine Outlook 2010-2011"

En dehors de l'Union Européenne, le niveau de production de 2011 était légèrement plus élevé qu'en 2010 (91 millions d'hectolitres en 2011 et 89,6 en 2010). Les Etats-Unis est le pays non européen à avoir le rendement le plus important de vin 19,2 millions hl en 2011, malgré une baisse de 2 millions d'hl depuis 2010. L'Argentine tient la seconde place, avec

15,5 millions hl, même si la production a baissé depuis l'année précédente, alors qu'elle avait beaucoup augmenté.

La Chine tient la 3e place, avec une production de vin de 13,2 millions suivie par l'Australie avec 11,2 millions et le Chili avec 10,5 millions, presque un million et demi de plus depuis 2010.

TABLEAU 3. PRODUCTION GLOBALE DE VIN.

PRODUCTION DU PAYS (milliers d'hectolitres)	2009	2010	2011
USA	21 965	20 887	19 187
Argentine	12 135	16 250	15 473
Chine	12 800	13 000	13 200
Australie	11 784	11 420	11 180
Chili	10 093	8 844	10 464
TOTAL GLOBAL	272 098	264 439	267 434

Source: figures "OIV Vine and Wine Outlook 2010-2011"

1.4. Chiffre d'affaires

D'un point de vue économique, le secteur du vin joue un rôle très important dans l'économie européenne. Le chiffre d'affaires global réalisé par l'activité commerciale de ce secteur dans les quatre pays de projet concernés par TESLA est :

ITALIE La production italienne a atteint la valeur de 8 900 M€ en 2013 (donnée de la Mediobanca, Indagine sul settore vinicole, Avril 2013).

ESPAGNE La production du secteur vinicole était d'environ 4 900 M€ en 2011 (donnée de l'annuaire des Statistiques 2011, Ministère de l'agriculture, de l'Alimentation y Medio Ambiente).

FRANCE La production française a atteint la valeur de 9 500 M€ en 2012 (donnée de l'INSEE).

PORTUGAL La production vinicole était d'environ 1 300 M€ en 2010 (donnée provenant d'Agroges 2010, Plano estratégico para a internacionalizacao do sector dos vinhos du Portugal).

2. DESCRIPTION DES PROCÉDÉS

Les procédés de production, considérés dans ce document, vont de la réception des raisins dans la cave jusqu'à l'expédition du vin conditionné en bouteilles ou en vrac. La production de vins rouges ou de vins blancs est incluse.

2.1. Réception du raisin, égrappage et broyage

Quand les grappes de raisins arrivent à la cave pour être introduite dans les installations, elles sont pesées pour connaître exactement le volume et la qualité de la production. Un



Figure 1. Réception du raisin.



Figure 2. Déchargement du raisin.

échantillon est prélevé afin de vérifier la quantité de sucre ainsi que d'autres propriétés du raisin.

Puis, le raisin est déchargé dans une trémie en général fabriquée en forme de pyramide inversée fabriquée en acier inoxydable et des vis sans fin qui l'achemine vers la trémie. Ensuite, l'égrappage et le pressurage sont réalisés par deux opérations mécaniques:

d'abord, l'égrappage consiste à enlever la partie végétale de la grappe, et la partie végétale est éliminée com-

me un résidu. Il est important d'enlever la partie boisée pour éviter le développement de tannins et d'arômes de végétaux dans le vin obtenu. L'égrappage est effectué par un engrenage à vis sans fin. Ensuite, le broyage permet d'enlever la peau pour commencer l'extraction du moût (pulpe) en pressant sur les baies doucement.

L'égrappage et le pressurage sont faits de différentes façons si les moûts sont destinés à faire du vin blanc. Dans ce cas, le raisin peut être pressuré sans être égrappé, afin de faciliter le pressage en permettant au jus de s'écouler vers le bas entre les peaux de grains. Cela peut être fait uniquement pour les vins blancs parce que le moût et la peau ne pourront pas fermenter ensemble (qui est responsable de la couleur du vin rouge).

2.2. Fermentation alcoolique

Le produit obtenu, grâce au broyage (pulpe et moût dans le cas de vin rouge, et seulement pulpe pour le vin blanc) est transporté à l'aide de pompes dans des réservoirs de fermentation, là où la macération va se faire. Les sucres qui s'y trouvent se transforment en éthanol. Ce procédé exige la présence de levures, champignons microscopiques qui existent naturellement dans la peau (de la levure choisie peut être ajoutée au procédé).



Figure 3. Les cuves de fermentation.

L'oxygène est le premier déclencheur de la fermentation parce que les levures ont en besoin pour leur phase de croissance. Cependant, à la fin de ce procédé de fermentation, l'oxygène doit être faible pour éviter la perte d'éthanol et de voir apparaître une présence d'acide acétique au lieu de l'éthanol.

La fermentation est un procédé exothermique. Cela signifie que l'énergie est libérée sous forme de chaleur. Par conséquent, la température doit être contrôlée car une augmentation de température de 20 à 30 °C détruirait les levures et arrêterait la fer-

mentation. C'est pour cette raison que les cuves sont équipées de dispositifs de refroidissement (tels que des enveloppes de refroidissement) pour contrôler la température. Dans ce procédé de fermentation, une couche de pulpe (appelé aussi bouillon) se forme sur la surface de la cuve, poussée par le dioxyde de carbone produit. En outre, le moût est pompé de la partie inférieure à la partie supérieure de la cuve et il est libéré sous forme de douche, permettant la fermentation et l'activation de l'extraction de la couleur de la pulpe dans les vins rouges.

2.3. Pressurage et fermentation malolactique

Avec le vin rouge, le pressurage se fait après la fermentation (ce qui n'est pas le cas du vin blanc dont le pressurage se fait juste après l'égrappage). Le liquide de la fermentation malolactique passe en presse où une pression contrôlée est appliquée séparant le liquide du solide. Normalement, il y a deux procédés avec des qualités différentes entre la première et la seconde presse. Le liquide récupéré est acheminé vers les cuves alors que la phase solide (marcs) est en général utilisée en distillation. Dans le cas de la production des vins blancs, le pressurage se fait habituellement directement après l'égrappage et avant la fermentation alcoolique. Il n'y a pas de grandes différences de consommation d'énergie par rapport à celle de la production du vin rouge.



Figure 4. Presses.

Une fois que les cuves sont remplies et que le moût est transformé en vin, la fermentation malolactique se fait en quelques jours. Ce processus se produit lorsque les bactéries lactiques métabolisent l'acide malique et produisent de l'acide lactique et du dioxyde de carbone. Cette réduction de l'acide malique améliore le goût du vin parce que cela fait baisser le pH, pendant que les concentrations en polyphénol et en glycérol augmentent. Ainsi le vin perd de son acidité et gagne en douceur et en arôme. Le procédé de la fermentation malolactique doit être contrôlé pour éviter les problèmes avec le vin puisque la bactérie qui dégrade l'acide malique pourrait s'attaquer à d'autres substances causant des

effets indésirables (acide acétique). La température optimale pour la croissance des bactéries lactiques est de 20 à 23°C. A partir de 30°C, la bactérie meurt et en dessous de 15°C, il est difficile de terminer le processus. Par conséquent, le contrôle de la température est indispensable.

2.4. Stabilisation et affinage

Après la fermentation malolactique, le vin est pompé d'un réservoir à un autre, en mettant de côté le marc, qui peut comporter des saveurs indésirables. Dans cette étape, du dioxyde de soufre (SO₂) est ajouté comme agent antimicrobien et comme anti-oxydant pour stopper la fermentation et le protéger contre les effets de l'oxygène.

Les agents d'affinage sont utilisés pour enlever les tanins et les particules microscopiques qui obscurcissent le vin, et réduisent l'astringence. Ces substances de clarification sont, par exemple, la bentonite et la gélatine. Dans le processus d'affinage, des agents de clarification réagissent avec les composants du vin et forment des sédiments qui sont éliminés par filtration, ou des particules floculantes qui sont facilement éliminées.

Enfin, le vin obtenu ou "coupage" est obtenu une fois que le vigneron a corrigé les lacunes et a mélangé plusieurs vins (éventuellement). Ce processus est suivi par le remplissage d'un réservoir à l'obtention d'un lot homogène.

Après cela, le vin est stabilisé à une température inférieure à 0°C et reste à cette température environ deux semaines. Le refroidissement du produit des transformations physiques: insolubilisation de cristaux de tartrates et de complexes ferriques, et d'autres composants de formes colloïdales. Ils sont éliminés par filtration tout comme les micro-organismes. La filtration peut être améliorée grâce à des filtrations au travers de cellulose ou par force centrifuge. Au final, un vin limpide est obtenu.



Figure 5. Equipement de refroidissement pour la stabilisation.

2.5. Mise en bouteille, stockage et livraison

L'embouteillage consiste principalement au remplissage, l'encapsulage et l'étiquetage des bouteilles. Le vin est mis en bouteille dans un processus indépendant, réalisée parfois dans les mêmes installations, ou parfois dans des endroits différents. Le vin est normalement conditionné dans des bouteilles en verre de 0,75 litre, bien qu'il y ait également d'autres types de mise en bouteille tels que des bouteilles en plastique de 5 litres, ou des bag-in-box contenant 2-3 litres. Pour la production de vin rouge, le vin rouge peut être veilli pendant un certain temps avant la mise en bouteille. Cette période peut varier de quelques mois à quelques années (par exemple, 3 ans en fût de chêne et 2 ans en bouteilles pour des vins « grandes réserves » en Espagne). Le vieillissement peut se faire dans des fûts en acier inoxydable ou dans des réservoirs en béton. Si la livraison ne se fait pas juste après l'embouteillage, la production aura besoin d'être stockée. Les transports internes fonctionnent généralement bien en chariots élévateurs.

3. ANALYSE ENERGETIQUE DU SECTEUR

La consommation énergétique pour la production du vin en Europe est d'environ 1 750 millions de kWh par an, ce qui fait de ce secteur un secteur très consommateur en énergie. En France, la consommation d'énergie est d'environ 500 millions de kWh, ce qui est sensiblement similaire en Italie. Elle est de 400 millions de kWh en Espagne et de 75 millions de kWh au Portugal (estimations de ICEX, 2012). Dans ce secteur, la première source d'énergie utilisée est l'énergie électrique (à plus de 90 %). Les sources d'énergie fossiles (principalement le diesel ou d'autres combustibles comme le gaz et le fuel) sont aussi utilisés dans les procédés thermiques (pour chauffer de l'eau pour la mise en bouteille ou pour le chauffage) mais ils représentent moins de 10 % de la consommation d'énergie. Cependant, dans certaines caves, 100% de l'énergie consommée est électrique. Dans les caves, l'électricité est utilisée pour les moteurs de machines (pompes, presses, etc.), pour la lumière et le refroidissement du vin dans certains procédés. Il est à noter que 45 % de l'énergie est utilisée dans les procédés de fermentation, principalement par les systèmes de refroidissement dans la réfrigération de ces procédés. En considérant une cave moyenne de référence (pour le vin rouge non âgé) des quatre pays concernés par TESLA (Espagne, France, Portugal ou Italie), les données générales suivantes peuvent être considérées:

- Capacité de production de l'usine de référence : 30 000 hectolitres de vin par an
- Consommation électrique moyenne: environ 330 000 kWh/an
- Ratio moyen entre la consommation d'énergie électrique et la production: 11 kWh/ hl de vin
- Ratio moyen entre la consommation d'énergie thermique et la production: 1 kWh/hl de vin
- Puissance électrique moyenne installée: 800 kW
- Puissance thermique moyenne (Chaudière, véhicules, etc.): 20 kW pour les chaudières, 50 kW pour les véhicules
- Coût moyen de l'énergie électrique dans l'industrie: 0,12 €/kWh
- Coût moyen de l'énergie thermique dans l'industrie: 0,07 €/kWh
- Coût de l'énergie électrique/coût de l'énergie thermique: 95% /5%
- Saisonnalité de la consommation d'énergie électrique : d'Août/Septembre à Octobre/Novembre
- Saisonnalité de la consommation d'énergie thermique: d'Octobre à Février (dans les entreprises où la consommation de fuel est utilisée comme chauffage).

De précédentes études (projet CO2OP, Cooperativas Agroalimentarias 2011) ont montré que, globalement, l'équilibre énergétique de ce type de cave correspond aux valeurs moyennes suivantes

- La répartition de la consommation électrique selon les procédés: réception 5%, fermentation 45%, presse 7%, stabilisation 8%, mise en bouteille et stockage 18%, activités diverses: 10% et éclairage 7%.
- La répartition de la consommation de fuel:
 - 50% pour la mise en bouteille, le stockage et la livraison: pour le diesel chariots élévateurs et des véhicules de transport interne; pour l'eau chaude nécessaire pour le lavage des bouteilles et fûts; et pour la pasteurisation du vin;
 - 50% pour les activités auxiliaires: chauffage et chaude sanitaire eau.

Bien que la consommation moyenne d'électricité d'une installation représentative soit d'environ 11 kWh/hl, il est possible de dire que le ratio peut être très différent d'une cave à une autre. De précédentes études ont montré que la consommation d'électricité peut varier de 3 kWh/hl à 25 kWh/hl.

La taille de l'usine est un facteur important dans la consommation d'énergie: les grandes entités (production de vin su-

périeure à 50 000 hl/an), ont une valeur moyenne de consommation électrique d'environ 4 kWh/hl, alors que des petites usines (production de vin inférieure à 25 000 hl/an) ont une valeur moyenne de la consommation électrique d'environ 16 kWh/hl.

Un autre facteur est la qualité du vin: les vins de meilleures qualités exigent une consommation d'énergie électrique plus importante car les besoins de refroidissement sont plus importants. A côté de cela, des études ont montré que des caves similaires (même taille et même qualité de vin) avaient des consommations différentes d'énergie ce qui signifie qu'il y a un potentiel énorme pour faire des économies d'énergie dans ce genre d'usines.

3.1. Procédés industriels et leur consommation énergétique

La première étape du processus est la réception du raisin et l'extraction du moût. La consommation d'énergie dans ce genre de procédés est électrique et elle provient des moteurs électriques et des mécanismes à vis sans fin qui alimentent la trémie ainsi que la consommation électrique des différents systèmes (air comprimé, réfratomètre, etc.) utilisés pour l'échantillonnage et le contrôle de la qualité à la réception.

L'égrappage et le broyage consomment aussi de l'énergie électrique à cause des différents moteurs comme ceux des convoyeurs

par exemple. Ensuite vient la fermentation alcoolique; de l'énergie électrique y est encore consommée à cause des pompes qui entraînent la pulpe et le moût dans les cuves, et à cause du matériel de refroidissement (pompes à chaleur, etc.) utilisé pour maintenir une température constante et adaptée à l'étape de fermentation.

Pour le vin rouge, le pressurage est effectué après la fermentation alcoolique. La consommation d'énergie utilisée est encore électrique (moteurs électriques, pompes, presses, air comprimé). Dans la fermentation malolactique, du froid ou du chaud sont utilisés pour contrôler la température, provenant de pompes à chaleur. Les dernières étapes du processus sont la clarification, la stabilisation, la filtration, la mise en bouteille, le stockage et l'expédition. Dans les étapes finales, la consommation d'énergie électrique est alors due au pompage, à la mise en bouteille et à la production d'air comprimé. Le transport peut également être fait grâce à des chariots élévateurs (typique du transport interne) ou avec des véhicules diesel (plus typique du transport extérieur). La pasteurisation du vin n'est pas habituelle, mais peut être utilisée comme alternative pour la stabilisation.

Ce procédé a une plus faible consommation électrique que la stabilisation conventionnelle, mais la consommation de combustible est légèrement plus élevée. D'un point de vue quantitatif, les procédés de refroidissement (fermentation alcoolique et malolactique, stabilisation et autres) sont sans aucun doute les principales

sources consommatrices d'énergie dans ces caves. Le refroidissement peut représenter presque 50 % de l'énergie consommée. En plus des étapes de fabrication, une partie de la consommation énergétique correspond à des « technologies horizontales » ou des procédés annexes tels que

- Lumières générales: à la fois des aménagements intérieurs et extérieurs.
- Chauffage général ou air conditionné pour le confort des personnes
- Bureaux, avec l'énergie due aux ordinateurs, fax, imprimantes, etc.
- Magasins: consommation variable qui dépend des installations
- Laboratoire de la qualité du vin: avec différents procédés utilisant un équipement comme le spectrophotomètre, l'hydromètre, etc.

Les technologies appliquées dans les procédés offrent des opportunités d'économies d'énergie dans ce secteur. Dans certains procédés, l'automatisation des dispositifs sont connectés à un ordinateur et l'information est stockée. L'analyse de l'information stockée peut montrer des aspects du procédé qui peuvent être améliorés. Un programme d'entretien approprié peut également contribuer à une meilleure gestion de la consommation d'énergie.

TABLEAU 4. VALEURS D'UN PROCESS DE PRODUCTION STANDARD (TECHNOLOGIES TYPIQUES UTILISEES) POUR UNE USINE PRODUISANT 30 000 HECTOLITRES DE VIN/AN

PROCESS (par ordre séquentiel)	TECHNOLOGIES COURANTES	Puissance électrique installée (kw)	Consommation électrique (kwh/hl)	Puissance thermique installée (kw)	Consommation thermique (kwh/hl)
Réception Du raisin	Benne de réception, mécanismes de vis sans fin et moteurs électriques	57	0,55	0	0
Extraction	Egrappoirs mécaniques, rouleaux, et moteurs électriques	64			
Fermentation alcoolique	Système de réfrigération- pompe à chaleur, pompage, et moteurs électriques	276	5	0	0
Pressurage	Système de chauffage – pompes à chaleur- pour fermentation malolactique, pompage et moteurs électriques	76	0,75	0	0
Stabilisation	Système de réfrigération – pompes à chaleur - , pour stabilisation, pompage, et moteurs électriques [Pasteurisation, pompage and moteurs électriques]	91 [25]	0,90 [0,10]	0 [116]	0 [1,75]
Mise en bouteille, stockage et livraison	Moteurs électriques et chariots élévateurs	102	1,95	50	0,5
Éclairage	Fluorescents	10	0,75	0	0
Utilités	Air conditionné et Chaudière pour production d'eau chaude	124	1,10	20	0,5
TOTAL		800	11	70	1

Source: Cooperativas Agro-alimentarias, 2010

3.2. Balance énergétique (diagramme de Sankey)

Le bilan énergétique d'une cave représentative, de 30 000 hl de vin / an, est représenté sur la figure 6, sous forme d'un diagramme de Sankey.

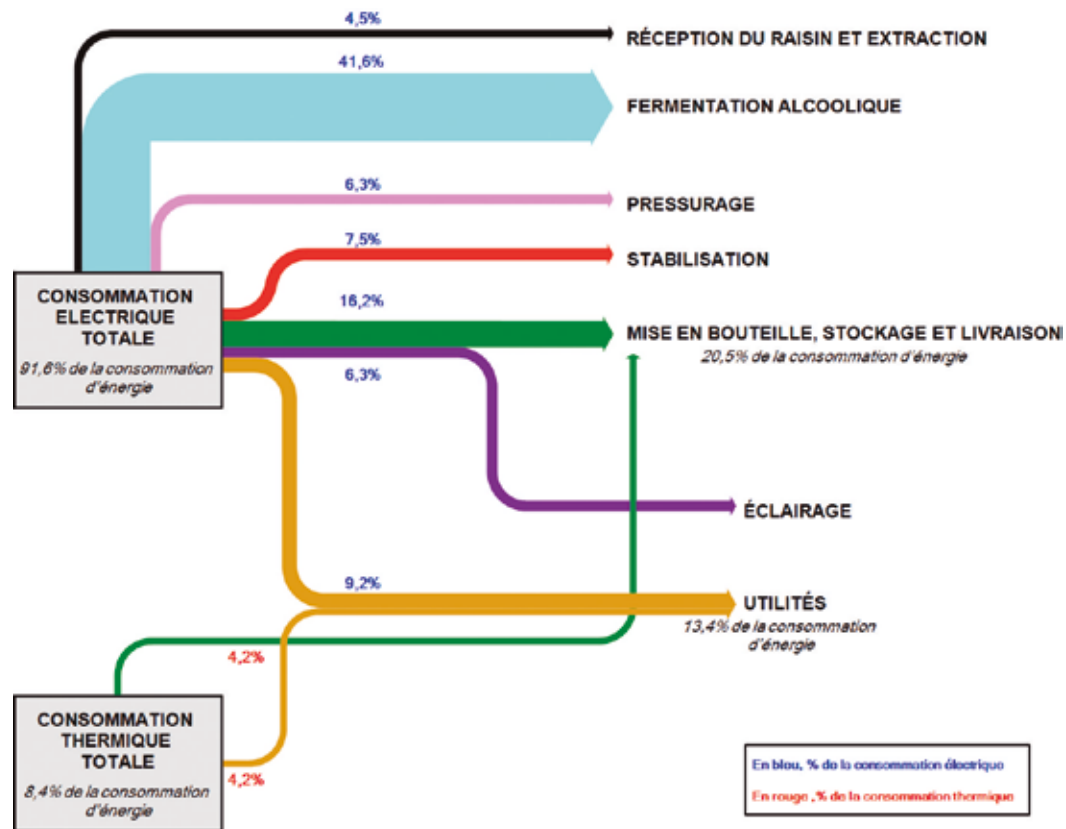


Figure 6. Diagramme de Sankey

3.3. Les coûts de l'énergie

Le contexte européen de l'énergie varie selon les pays considérés. En effet, le coût de l'énergie sera différent selon la politique énergétique nationale. Le tableau 5 montre des coûts d'énergie électrique et thermiques de références dans les caves des quatre pays TESLA.

TABLEAU 5. COÛT ENERGETIQUE DANS LES QUATRE PAYS TESLA.

PAYS TESLA	Coût énergétique électrique (€/MWh)	Coût énergétique thermique (€/MWh)
Italie	De 140 à 150	De 30 à 40
Espagne	De 120 à 130	De 55 à 65
France	De 60 à 110	De 20 à 80
Portugal	De 70 à 90	De 60 à 80

3.4. Les particularités du secteur

Ce secteur a une caractéristique spécifique affectant la consommation d'énergie: la première concerne la saison de la production. En raison des périodes de récolte de raisin dans les quatre pays étudiés, la consommation d'énergie présente un pic entre les mois d'Août et Octobre, coïncidant avec la saison de la récolte, pendant laquelle la vinification a lieu. Le reste de l'année, la seule consommation énergétique existante correspond à la zone de conditionnement et de stockage, aux activités annexes des sociétés telles que les bureaux, le chauffage ou l'air conditionné, etc. Un deuxième aspect particulier de ce secteur est le vieillissement des vins rouges. Le vin rouge peut être vieilli pendant certaines périodes avant la mise en bouteille, même si cela peut varier de quelques jours à quelques années (par exemple, 3 ans en fûts de chêne et 2 ans en bouteilles pour les vins «Grande Reserve» en Espagne). Le vieillissement peut se faire également dans des cuves en acier inoxydable ou en béton. Avec le vieillissement, les conséquences sur la consommation d'énergie peuvent être importantes, car le vin est stocké dans des conditions ambiantes contrôlées, utilisant habituellement des pompes à chaleur pour la climatisation sur de longues périodes.

4. MESURES D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Des techniques alternatives pouvant améliorer l'efficacité énergétique peuvent être classées en deux groupes: les technologies spécifiques pour la secteur du vin, et « les technologies horizontales» qui peuvent être utilisés dans un secteur ou dans une installation.

4.1. Efficacité énergétique des systèmes de refroidissement

Il existe plusieurs voies d'amélioration des systèmes de production de froid, hormis l'achat d'un nouveau système, plus moderne et plus efficace.

DECOUPLAGE DE LA PRODUCTION DE FROID ET DE LA DEMANDE EN FROID, EN UTILISANT UN SYSTEME DE STOCKAGE DE FROID.

Ce système est basé sur l'utilisation de matériaux à changement de phase et il est composé de nodules sphériques à l'intérieur desquels est contenu un liquide à changement de phase. Ces nodules sphériques sont placés à l'intérieur d'un réservoir dans lequel de l'eau froide a été congelée lors d'une période où l'électricité était moins chère. Cette énergie de refroidissement stockée sera utilisée lors d'un

pic de demande de froid ou lors d'un arrêt de production de froid lors d'opérations de maintenance. Au moyen de technologies de contrôle, ce système de stockage peut être optimisé simultanément avec le reste des dispositifs de refroidissement. Les économies potentielles dépendront de la situation actuelle de chaque usine. Cependant, il est très important de remarquer que la puissance demandée en utilisant cette technologie peut être réduite jusqu'à 70%, et également l'énergie électrique contractée peut être échangée par une énergie moins chère, afin de réaliser des économies intéressantes.

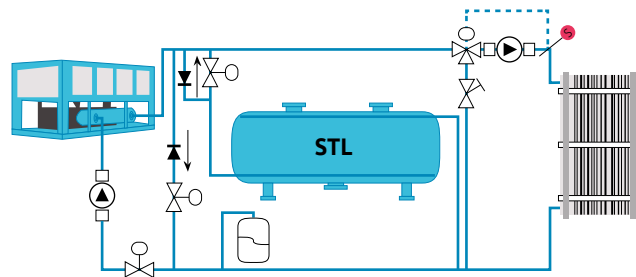


Figure 7. Schéma d'un système de stockage de froid installé en parallèle avec le système de refroidissement (CIAT).

COMPOSANTS D'UNE MACHINE FRIGORIFIQUE EFFICACE.

Les fournisseurs d'électricité ont différentes machines selon leurs besoins de puissance qui visent à améliorer l'efficacité énergétique. Ces machines utilisent fréquemment le R134A comme fluide de refroidissement. Elles sont équipées d'un compresseur rotatif à vis à haute fiabilité et efficacité (au lieu d'un compresseur à piston) et d'un nouveau système d'évaporateurs à tubes où les con-



Figure 8. Machine frigorifique.

densateurs sont fabriqués en alliage d'aluminium avec des propriétés thermiques élevées. De plus, des variateurs de vitesse sont installés sur les ventilateurs et sur le compresseur, ce qui permet de réguler la consommation d'énergie de 25% à 100% à pleine charge. En outre, ces machines sont équipées de démarreurs progressifs qui réduisent les consommations lors des pics de production.

4.2. Stockage efficace du vin dans des fûts en chêne

Le vin rouge peut être vieilli pendant un certain temps avant sa mise en bouteille. Ce vieillissement se déroule généralement dans des fûts de bois (ou autre réservoirs conférant des caractéristiques similaires au vin) et la demande d'énergie de cette étape provient de la température de stockage et du contrôle de l'humidité. Ainsi, deux voies d'améliorations de l'efficacité énergétique ont été identifiées, et sont décrites ci-dessous.

GEOOTHERMIE POUR AMELIORER LA PRODUCTION DE FROID.

L'échange d'énergie avec la terre est très efficace. Le sol échange de l'énergie de manière plus efficace que l'air extérieur. Elle est due à niveau thermique du sol qui est plus adapté et constant le long de l'année. Cette technologie géothermique permettra aux vignerons de régler et d'optimiser la température des appareils de chauffage et de froid pour atteindre une meilleure performance entre ces appareils. En outre, il serait possible de produire de l'eau chaude et froide en même temps pour fournir et pour déshumidifier l'air afin d'éviter un refroidissement excessif de la cave à vin. Les économies d'énergie sont obtenues en raison des conditions thermiques plus élevés de l'utilisation de la géothermie, et aussi en raison de l'installation de plusieurs systèmes de refroidissement indépendant pour le traitement de l'air. Ces systèmes utilisent les basses températures extérieures et récupèrent la chaleur de l'air extrait. De plus, les ventilateurs à débit variable sont installés dans tous les procédés afin d'ajuster les conditions de fonctionnement à la fois de l'air ambiant extérieur et intérieur, réduisant ainsi la consommation d'énergie. En outre, les machines de refroidissement conventionnelles peuvent avoir une valeur d'EER (rapport d'efficacité énergétique) proche de 1,5, alors que la géothermie peut augmenter cette valeur jusqu'à 4.

ENERGIE AEROTHERMIQUE POUR AMELIORER LES CONDITIONS DE STOCKAGE.

Il existe plusieurs équipements de traitement d'air pour contrôler les conditions de cave à vin qui valorisent la chaleur perdue provenant des procédés de condensation liés au contrôle de l'humidité.

Ces équipements permettent au vigneron de contrôler la température et l'humidité dans les caves, selon les caractéristiques du vin. Ces équipements de traitement de l'air utilisent des machines de refroidissement et des pompes à chaleur, et comportent différentes étapes pour traiter les conditions ambiantes.

Les équipements doivent être bien scellés, et ont une faible coefficient de transmission thermique et un pont thermique faible afin de réduire les pertes. Les ventilateurs à débit variable sont également installés dans tous les procédés afin d'ajuster les conditions de fonctionnement à la fois de l'air ambiant extérieur et intérieur, et donc améliorer les performances. Bien que les économies d'énergie dépendent de la situation existante et des conditions d'exploitation, de nouveaux équipements de traitement de l'air peuvent avoir un rendement de 20% supérieur à la moyenne de ces équipements.

4.3. Changement des presses par des décanteurs

Dans la production de vin, l'un des procédés les plus importants est le pressurage du raisin pour extraire le jus des grains. Normalement, cette étape se fait par des presses pneumatiques ou mécaniques, mais cela peut être fait d'une autre manière: une nouvelle technologie innovante qui sépare instantanément et en continu le moût du raisin. Les forces centrifuges sont plus efficaces que les forces mécaniques pour que les parties solides du moût flottent, il est donc possible de réduire le nombre de traitements ultérieurs. Les nouveaux appareils utilisant la force centrifuge ont une capacité de production de 50 tonnes / heure et peuvent être utilisés pour pratiquement tous les types de raisins. De plus, les décanteurs permettent aux techniciens de réduire le nombre de transfert de vins d'une cuve à l'autre, réduisant ainsi la consommation d'énergie des pompes.

Aucune information n'est disponible sur la réduction de l'énergie provenant de cette amélioration car elle est une solution innovante et elle affecte plusieurs procédés comme le pompage et le pressurage. C'est une mesure très intéressante pour les nouvelles caves ou dans le cas de l'installation d'une nouvelle presse.

4.4. Moteurs performants

La consommation électrique des moteurs est influencée par plusieurs facteurs. Pour bénéficier des économies potentiellement disponibles, les utilisations doivent optimiser l'ensemble de l'installation dont les moteurs font partie avant de considérer cette sous partie. Les points suivants pourront être pris en compte afin d'améliorer l'efficacité des moteurs.

MOTEURS À RENDEMENT ÉLEVÉ. La classification de l'efficacité énergétique des moteurs électriques est définie par la réglementation IEC 600034:2007. Selon cette classification, 5 niveaux d'efficacité sont possibles:

- *IE1: rendement standard*
- *IE2: haut rendement*
- *IE3: rendement très élevé*
- *IE4: rendement extrêmement élevé*
- *IE5: rendement Ultra Premium*
(récemment disponible sur le marché)

La directive européenne ErP (Energy related Product) qui concerne les moteurs définis par la réglementation IEC 60034-30 exige la commercialisation des moteurs à haut rendement IE2: à partir du 16 Juin 2011; IE3 à partir du 1er Janvier 2015 pour les moteurs de 7,5 à 375 kW; et IE3 à partir du 1er Janvier 2017 pour les moteurs de 0,75 à 375 kW.

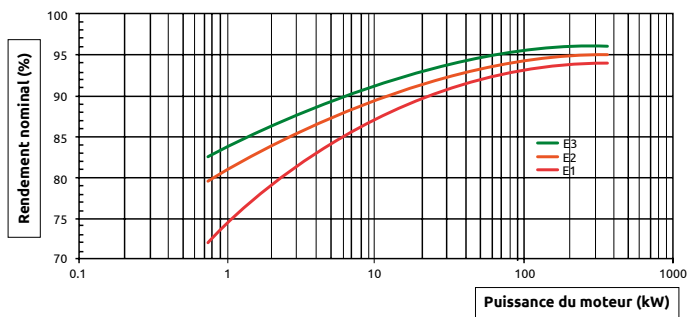


Figure 9. Comparaison des courbes d'efficacité énergétique (CIRCE, 2013).

DIMENSIONNEMENT DES MOTEURS. Le rendement maximal est obtenu entre 60 et 100 % de la pleine charge. Le rendement des moteurs à induction est habituellement à son maximum vers 75% de la pleine charge et il reste relativement plat jusqu'à 50% de

charge. À moins de 40 % de la pleine charge, un moteur électrique ne fonctionne pas dans des conditions optimisées et le rendement chute très rapidement. Les moteurs de plus grande puissance peuvent fonctionner avec un rendement raisonnablement élevé à des charges de moins de 30% de la puissance nominale.

Le rendement d'un moteur électrique selon sa charge est présenté par la Figure 10.

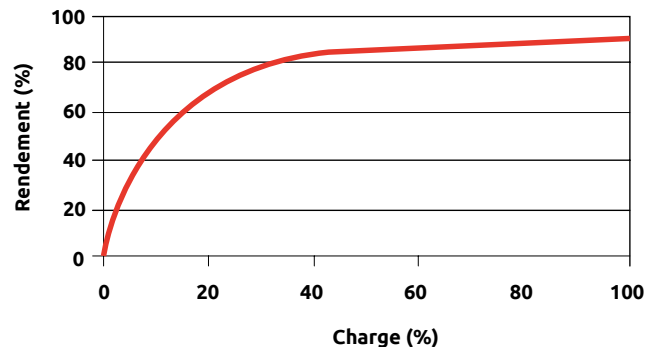


Figure 10. Efficacité d'un moteur électrique selon la charge (BREF, 2009).

CONTROLES DU MOTEUR. L'objectif est de limiter au minimum le sous régime des moteurs (charge à vide) par exemple à l'aide de capteurs de présence, d'un minuterie, le contrôle du procédé, etc. Donc, le moyen de contribuer à l'efficacité énergétique est d'arrêter

les moteurs quand il n'y en a pas besoin à l'aide d'un interrupteur ou d'un contacteur pour connecter et déconnecter le moteur concerné. L'ajustement de la vitesse du moteur, par l'utilisation d'entraînements à vitesse variable (EVV) peut conduire à des économies d'énergie significatives associées à un meilleur contrôle des procédés, une réduction de la fatigue des équipements mécaniques. Quand la charge varie, les EVV permettent de réduire la consommation d'énergie électrique, notamment des pompes centrifuges, des compresseurs et des ventilateurs. Les applications de transformation des matières, faisant appel à des broyeurs et les machines de manutention comme les convoyeurs peuvent aussi bénéficier, en termes de performance globale et de consommation énergétique, de l'utilisation des EVV. Les équipements de transmission, notamment les arbres, les courroies, les chaînes et les engrenages doivent être installés et entretenus correctement. Le système de transmission entre le moteur et la charge est une source de pertes. Ces pertes peuvent varier considérablement, de 0 à 45 %. Un accouplement direct est toujours la meilleure option possible (lorsque cela est réalisable techniquement).

4.5. Système d'air comprimé (SAC)

Presque tous les secteurs industriels utilisent de l'air comprimé avec des objectifs différents: presse à granuler, système de refroidissement, compresseur, convoyeur, etc. L'efficacité éner-

gétique du système d'air comprimé peut être contrôlée par les mesures suivantes.

CONCEPTION DU SYSTEME. De nos jours, de nombreux systèmes d'air comprimé existants auraient besoin d'une mise à jour de leur conception globale. L'installation de compresseurs supplémentaires et la mise en œuvre de diverses applications à différents stades de la durée de vie de l'installation, sans que soit repensé parallèlement le système d'origine se sont souvent traduites par des performances sous-optimales du SAC. La pression est un paramètre fondamental d'un SAC qui doit répondre à 95 % de tous les besoins et d'utiliser un petit dispositif d'augmentation de pression pour le reste. Le dimensionnement des canalisations et l'emplacement des compresseurs constituent un autre paramètre fondamental. Un système correctement conçu doit avoir une perte de pression inférieure à 10 % de la pression de sortie du compresseur au point d'utilisation.

ENTRAINEMENT A VITESSE VARIABLE (EEV) ET VOLUME DE STOCKAGE. Lorsque les besoins en air du procédé fluctuent, selon les heures de la journée et selon les jours de la semaine, l'EEV et le volume de stockage aideront à réduire l'énergie demandée par le SAC. Les économies peuvent atteindre 30 %, bien que les gains moyens, lorsqu'un compresseur doté d'un EEV dans

un SAC est ajouté, soient d'environ 15 %. Un volume de stockage permet d'en réduire les fluctuations et de répondre aux demandes de pointe sur un temps très court. Les EEV sur les compresseurs, apportent également quelques avantages supplémentaires: une pression stable, des facteurs de puissance beaucoup plus élevés par rapport à des entraînements classiques, ce qui donne une puissance réactive faible; un démarrage progressif à faible vitesse prolongeant la durée de vie du compresseur.

REDUCTION DES FUITES DES SYSTEMES D'AIR COMPRIME.

La réduction des fuites des systèmes d'air comprimé (SAC) est de loin le plus grand gisement d'économies d'énergie. Une fuite est directement proportionnelle à la pression du système. Les fuites sont présentes dans tous les systèmes d'air comprimé, 24 heures sur 24, et non pas seulement pendant la production. Le pourcentage de perte de capacité du compresseur dû aux fuites peut être inférieur à 15 % pour une installation bien entretenue et supérieur à 25 % pour une installation mal entretenue. Les programmes de maintenance préventive des systèmes d'air comprimé doivent comprendre des mesures de prévention des fuites et des tests périodiques. Une manière supplémentaire de réduire des fuites consiste à abaisser la pression de service du système. Avec une pression différentielle plus faible sur une fuite, le débit de la fuite est réduit.

ALIMENTATION DES COMPRESSEURS AVEC DE L'AIR FRAIS EXTERIEUR.

Pour des raisons thermodynamiques, la compression de l'air chaud nécessite davantage d'énergie que la compression de l'air froid. Cette énergie peut tout simplement être économisée en alimentant la station d'air comprimé avec de l'air extérieur. Il est possible d'installer un conduit raccordant l'extérieur à l'entrée du compresseur, ou à toute la station d'air comprimé. L'admission extérieure doit être placée du côté nord, ou du moins être à l'ombre la plupart du temps.

OPTIMISATION DU NIVEAU DE PRESSION.

Plus le niveau de pression de l'air comprimé généré est bas, meilleur est le rapport coût-efficacité de la production. Toutefois, il est nécessaire de garantir à tous les consommateurs actifs qu'ils disposent à tout moment de suffisamment d'air comprimé. La manière la moins onéreuse d'ajuster la plage de pression d'un compresseur consiste à utiliser des pressostats mécaniques. La plage de pression est réajustée au moyen d'un compresseur à convertisseur de fréquence fonctionnant comme un compresseur à pleine charge et en adaptant sa vitesse aux besoins spécifiques en air comprimé.

4.6. Entraînement à vitesse variable

L'entraînement à vitesse variable peut être installé sur tous les process fonctionnant à charge variable, par exemple: les pompes centrifuges, les ventilateurs, le broyeur, le compresseur du SAC, etc. En l'utilisant, la consommation énergétique des moteurs est abaissée jusqu'à ce que la consommation soit adaptée aux besoins réels du process.

Les EEV, appelés aussi variateur de vitesses, contrôlent la vitesse de rotation des moteurs des pompes, des ventilateurs, des convoyeurs ou d'autres machines. Ces variateurs fonctionnent en convertissant des paramètres d'entrée de constantes électriques (volt, fréquence) en valeurs variables. Ce changement de fréquence provoque un changement dans la vitesse du moteur et aussi dans le couple. Cela signifie que la vitesse du moteur peut être régulée selon des paramètres externes comme par exemple la température, le débit, etc. Le contrôle de la vitesse peut être très important dans l'efficacité énergétique des procédés.

Les économies d'énergie dépendent de la puissance du moteur, de la charge, du profil et du temps annuel de fonctionnement du moteur. Un moteur fonctionnant avec ou sans variateur de vitesse peut voir sa consommation énergétique varier de plus de 50 %.



Figure 11. Variateur de vitesse.

4.7. Isolation

Dans plusieurs secteurs industriels concernés par TESLA, il est nécessaire de récupérer de la chaleur pour chauffer ou refroidir dans des process. Par exemple, dans les chaudières où l'eau chaude ou la vapeur part de la chaudière pour aller au consommateur. Dans ce genre d'installation, les conditions d'entretien des matériaux d'isolation sont très importants pour éviter les pertes thermiques et les problèmes de condensation. Ainsi, les matériaux d'isolation doivent suivre plusieurs recommandations: pour éviter des problèmes de rouille, pour protéger contre les rayons UVA, être sec (attention aux fuites qui affectent

la capacité d'isolation des matériaux isolants), d'être flexible et facile à installer, et d'avoir une faible conductivité thermique (0,04 W/m °C ou moins). La gamme de températures de travail commun pour les matériaux isolants est comprise entre -50°C et 110°C.

ISOLATION DES VALVES. En outre, les raccords, les vannes et les autres connexions ne sont généralement pas bien isolées. Des plaques isolantes amovibles et réutilisables sont possibles pour ce type de surfaces. Compte tenu de la température de fonctionnement de 150°C, de la température ambiante 20°C, et la taille de la vanne de 150 mm, les économies potentielles d'énergie pour l'installation de couvercles isolants et amovibles des vannes peuvent aller jusqu'à 970W (BREF 2009).

En règle générale, toute surface qui atteint des températures de plus de 50°C, pour laquelle il existe un risque de contact humain doit être isolée afin de protéger le personnel.

ISOLATION DES CANALISATIONS. Les économies potentielles réalisées dépendront: du diamètre de la conduite et de la longueur (ou de la taille de la surface isolée), de la différence de température, de la résistance thermique matériau isolant et de l'épaisseur du matériau isolant. Par exemple, deux canalisations qui transportent un fluide chaud, l'une isolée et l'autre non

isolée. Dans les deux cas, la température du fluide est de 60°C, la température de l'air est de 15°C, la longueur du tuyau est de 100 m, le diamètre de la conduite est de 150 mm, et le matériau d'isolation est en polyuréthane de 31 mm d'épaisseur et une conductivité thermique de 0,04 W/m °C. La comparaison entre les pertes de chaleur de ces deux canalisations montre que les pertes d'énergie de la canalisation isolée seront réduites à 85%, ce qui signifie qu'une grande quantité d'énergie peut être sauvée simplement en isolant thermiquement les canalisations.



Figure 12. Bonnes conditions d'isolation des canalisations.

4.8. Récupération de chaleur

L'eau chaude est nécessaire dans toutes les industries pour plusieurs utilisations différentes: de l'eau sanitaire jusqu'à l'eau préchauffée pour la chaudière ou la production de vapeur. Dans ce handbook, 3 techniques de récupération de chaleur sont développées car elles n'impliquent pas une augmentation de la consommation d'énergie.

SOLAIRE THERMIQUE POUR CHAUFFER L'EAU. Les capteurs solaires haute performance sont équipés d'un verre spécial avec un transfert d'énergie supérieur à 92%. L'absorbeur est fabriqué en cuivre avec un traitement sélectif (TINOX) et ils peuvent être utilisés à une température maximale de 250°C, avec un rendement

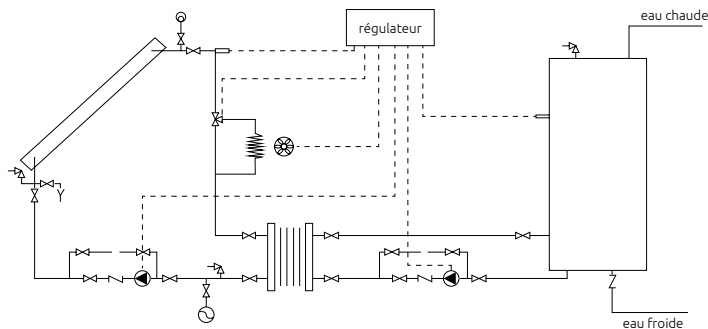


Figure 13. Schéma d'un système solaire thermique IMS (CPC solar).

optique de 75% et un coefficient de transmission de $2,9 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Les économies potentielles dépendront du taux d'ensoleillement. Les économies communes sont autour de 50 - 70% selon les conditions météorologiques et la demande en énergie. Cela signifie que la consommation d'énergie de la chaudière peut être réduite, et donc moins de fioul serait consommé ce qui induirait une baisse du CO_2 émis.

RECUPERATION DE CHALEUR DES COMPRESSEURS D'AIR.

La majeure partie de l'énergie électrique utilisée par un compresseur d'air industriel est convertie en chaleur et doit être évacuée vers l'extérieur. Dans de nombreux cas, une unité de récupération de chaleur correctement conçue récupère un pourcentage élevé de cette énergie thermique disponible et permet d'en faire bon usage en chauffant de l'air ou de l'eau lorsqu'il existe une demande. Il existe deux systèmes de récupération différents:

- Chauffage de l'air: la récupération de chaleur peut être utilisée pour plusieurs applications nécessitant de l'air chaud. L'air atmosphérique ambiant traverse les refroidisseurs du compresseur dont il extrait la chaleur. Les seules modifications nécessaires du système sont l'addition de conduits et éventuellement un autre ventilateur pour traiter la charge de la canalisation et pour éliminer toute contre-pression sur le refroidissement du ventilateur du compresseur. Ces systèmes de

récupération de chaleur peuvent être modulés avec une commande thermostatique simple d'un événement articulé. L'air chaud peut être utilisé par exemple pour chauffer l'air ambiant.

- Chauffage de l'eau: il est également possible d'utiliser un échangeur de chaleur pour extraire la chaleur perdue des refroidisseurs à huile situés dans les compresseurs monoblocs refroidis par air ou par eau afin de produire de l'eau chaude. En fonction du modèle, les échangeurs de chaleur peuvent produire de l'eau potable ou non potable. Lorsqu'il n'existe pas de demande d'eau chaude, le lubrifiant est acheminé au refroidisseur de lubrifiant standard. L'eau chaude peut être utilisée dans l'industrie des aliments pour animaux pour la production de vapeur ou pour n'importe quelle autre application où l'eau chaude est requise.

Pour la plupart des compresseurs sur le marché, il existe en option des systèmes de récupération de chaleur, soit intégrés dans le bloc compresseur, soit sous forme de solution externe. Une unité de récupération de chaleur correctement conçue récupère approximativement 50 à 90% de cette énergie thermique disponible.

RECUPERATION DE CHALEUR PAR DES ECONOMISEURS OU DES CONDENSEURS. L'installation d'un système de récupération de chaleur dans les chaudières permet la récupération de

la chaleur des gaz d'échappement. Dans les chaudières, beaucoup de chaleur est perdue par les fumées donc par récupération de la chaleur, une partie de la consommation de combustible pourrait être réduite. Un économiseur est un échangeur de chaleur installé dans le tube de fumées qui transfère la chaleur des fumées à l'eau de la chaudière ou à un autre procédé thermique. L'installation d'un économiseur après la chaudière permet de faire une économie d'énergie pouvant aller jusqu'à environ 5% (la diminution de la température des fumées ne peut pas dépasser une limite, car elle entraînerait la corrosion dans l'échangeur de chaleur et dans la fumée cheminée). Le condenseur permet la récupération de l'énergie contenue dans les fumées de combustion par condensation d'une partie de la vapeur d'eau. L'économie d'énergie dépend de la diminution de température des fumées de combustion. Dans les cas réels, l'installation de condenseur après la chaudière permet d'atteindre une économie d'énergie d'environ 15%.

4.9. Eclairage

Les secteurs industriels concernés par TESLA ont besoin d'une grande quantité d'éclairages à l'intérieur de leurs bâtiments. Actuellement, il existe une grande variété de lampes, principalement à décharge de gaz (fluorescents, sodium haute pression ou vapeur de mercure) ou halogène. Ces dispositifs sont très inefficaces et peuvent être facilement remplacés par des nouveaux en utilisant

TABLEAU 6. ÉCONOMIES D'ÉNERGIES OBTENUES.

CONDITIONS ACTUELLES	EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE	RÉDUCTION DE PUISSANCE
2x18W tube fluorescent (puissance totale installée 42W avec une ballaste électromagnétique)	LED18S (19W)	54%
2x58W tube fluorescent (puissance totale installée 136W avec une ballaste électromagnétique)	LED60S (57W)	58%
2x58W tube fluorescent (puissance totale installée 136W avec une ballaste électromagnétique)	BY120P (110 W)	58%
400W Lampe à vapeur de mercure (puissance totale installée 428 W avec des appareils auxiliaires)	BY121P (210 W)	51%

Source: Philips.

les nouvelles technologies de LED. Les LED ont une plus longue durée de vie (plus de 50 000 heures), nécessitent moins de maintenance, ont un indice de couleur de 80%, ont une température de couleur de 4 000 K, et permettent d'économiser jusqu'à 75% d'énergie (par rapport aux lampes à décharge de gaz ou halogène). Le flux lumineux est de 10 000 lm (pour 110 W) et 20 000 lm (pour 210 W). En outre, le remplacement des lampes est très facile grâce à la conception de LED. Le Tableau suivant montre les économies d'énergie en considérant la substitution des lampes fluorescentes par des diodes électroluminescentes.

4.10. Batteries de condensateur pour diminuer l'énergie réactive

De nombreux appareils différents, tels que des moteurs ou des lampes à décharge, ont besoin d'un champ électromagnétique pour fonctionner. Comme tous les moteurs ne fonctionnent pas à charge nominale, ils provoquent une consommation d'énergie réactive qui doit être payée dans la facture d'électricité. Cette consommation d'énergie réactive peut être évitée en utilisant des batteries de condensateur. Les batteries de condensateurs existent pour des puissances différentes, de 7,5 KVAR à 1120 KVAR, et sont installées à côté des transformateurs de puis-

sance des installations. La compensation du facteur de puissance est habituellement employée pour le parc machines de l'installation. Ceci est plus une mesure d'économie financière qu'une mesure d'économie d'énergie, même si cet équipement profite au réseau électrique grâce à l'augmentation de la capacité de transmission d'énergie obtenue pour le réseau électrique.

4.11. Outils de management

Les usines travaillent principalement avec des machines électriques. Par conséquent, un grand nombre de machines électriques est disséminé dans toute l'usine, et les avoir toutes en bon état de fonctionnement et le plus efficace possible est relativement difficile. Contrôler et surveiller tous les processus du point de vue énergétique permet de prendre les meilleures décisions pour améliorer



Figure 14. Panneau de contrôle.

leur efficacité énergétique. Un logiciel de gestion d'énergie est composé de dispositifs de mesures, d'un tableau de communication et d'un programme qui permet la gestion, le suivi et l'utilisation des informations pour améliorer les consommations d'énergie dans les usines. Ces outils sont recommandés pour la mise en œuvre d'un système de management de l'énergie dans une usine selon les exigences de la norme EN 16 001/ISO 50 001.

4.12. Transformateurs de puissance haute performance

Toutes les installations industrielles ont un transformateur de puissance pour convertir l'électricité qui vient du réseau. Cependant, dans les anciennes installations, les transformateurs sont très vieux, ils utilisent de l'huile et leur efficacité n'est pas aussi élevée que possible. Au contraire, les transformateurs secs réduisent les pertes du transformateur jusqu'à 70%, sont plus sûrs et sans entretien, ont une excellente capacité à supporter la surcharge et ont une excellente résistance aux courts-circuits.

5. CONCLUSION

L'Union européenne est le leader sur le marché mondial du vin. La consommation d'énergie dans la production de vin de l'UE est d'environ 1 750 millions de kWh par an, ce qui fait de ce secteur un important consommateur d'énergie. Une cave produisant 30 000 hectolitres de vin par an, choisie comme usine de référence dans les quatre pays étudiés (France, Italie, Espagne et Portugal), a une consommation moyenne d'électricité de 330 000 kWh par an. Bien que la taille soit un des facteurs influençant la consommation d'énergie, lors d'études précédentes, il a été démontré qu'il existe des différences de consommations entre des usines de même taille. Cela signifie qu'il existe des possibilités importantes d'économies d'énergie dans ce secteur. D'un point de vue quantitatif, les étapes de refroidissement (lors des fermentations alcoolique et malolactique, de la stabilisation et autres) sont clairement les plus énergivores dans les établissements vinicoles. Ces étapes peuvent représenter près de 50% de l'énergie consommée. Ainsi, l'amélioration des technologies déjà installées est le facteur clé pour une meilleure efficacité énergétique du secteur:

- Utilisation de machines frigorifique avec un ratio d'efficacité énergétique proche de 3 ou supérieur.
- Utilisation des systèmes de stockage de froid, ou dans certains procédés, des échangeurs de chaleur spécifiques
- Surtout dans les nouvelles installations, la mise en place de l'énergie géothermique reliée à des pompes à chaleur ou à des machines frigorifiques.

Ces mesures doivent être choisies avec précaution en tenant compte du caractère saisonnier du secteur, qui peut devenir un problème pour les grands retours sur investissement. Le nombre d'heures de fonctionnement par an de chaque type d'équipements est un facteur important quant à la faisabilité d'une substitution de technologies, offrant pour beaucoup d'entre elles, de très grandes possibilités. La conception des nouvelles installations offre des opportunités intéressantes, comme l'utilisation de l'énergie géothermique.

6. RÉFÉRENCES

- AGROGES. *Plano estratégico para a internacionalizacao do sector dos vinhos de Portugal*, 2010.
- Cooperativas Agro-alimentarias. *Bodegas: manual de ahorro y eficiencia energética del sector (Wineries: handbook of efficiency and energy saving in the sector)*. CO2OP project, 2010.
- European Commission. *Wine sector. 2008*
<http://ec.europa.eu/agriculture/markets/wine/>
- ICEX. *Wine in figures. 2012*
http://www.winesfromspain.com/icex/cda/controller/page-Gen/0,3346,1549487_6763472_6778161_0,00.html
- INSEE. *Compte provisoire de l'agriculture arrêté, 2013*
http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=nattef10104.
- Mediobanca. *Indagine sul settore vinicolo, 2013*
<http://www.mediobanca.it/it/stampa-comunicazione/news/indagine-sul-sett-vinicolo.html>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Spain. *Anuario de estadística, 2011*
<http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/>
- Comité Européen des Entreprises Vins.. *About the EU wine sector, 2014*
<http://www.cee.v.be/about-the-eu-wine-sector>



tesla[∞]

Transferring
Energy Save
Laid on Agroindustry



www.teslaproject.org
tesla@agro-alimentarias.coop



Co-financé par le programme Intelligent Energy Europe
de l'Union Européenne