

# Étude de la performance énergétique des maies réfrigérées

---



*Document n° : CA-16030-RA-200-C*

*Emission du 30/05/2017*

## Index des révisions

Indice	Description	Etablie	Vérifiée	Date
A	Emission	EKE/NBE	ACM	14/03/2017
B	Mis à jour suite observations lors de la réunion du 21/04	EKE	ANO	25/04/2017
C	Mis à jour suite observations lors de la réunion du 30/05	EKE	ACM	30/05/2017

# Table des Matières

<b>1. RESUME .....</b>	<b>3</b>
<b>2. RAPPEL DU CONTEXTE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. PRINCIPE DE MESURE .....</b>	<b>5</b>
<b>A. PRINCIPE DU BILAN ENERGETIQUE.....</b>	<b>5</b>
1. Energie total de production .....	5
2. Energie électrique du groupe froid .....	6
3. Energie électrique de la presse .....	6
<b>B. PRINCIPE DE MESURE .....</b>	<b>7</b>
<b>C. INDICATEUR PROPOSE .....</b>	<b>8</b>
1. consommation frigorifique.....	8
2. Consommation électrique du groupe froid .....	8
3. Performances énergétiques .....	9
<b>D. CONDITIONS DE MESURES REELLES.....</b>	<b>10</b>
1. Générales .....	10
2. Par sites .....	10
<b>4. ANALYSE DES DONNEES .....</b>	<b>11</b>
<b>A. ANALYSE TECHNIQUE DE L'ARTICLE DU CIVC .....</b>	<b>11</b>
<b>B. ANALYSE DES DONNEES MESUREES .....</b>	<b>12</b>
1. synthèses des résultats .....	12
2. analyse critique .....	14
<b>C. COMPARAISON ARTICLE CIVC / DONNEES MESUREES .....</b>	<b>15</b>
1. Hypothèses .....	15
2. Résultats obtenus / indicateurs .....	15
<b>D. CONCLUSION.....</b>	<b>16</b>
<b>5. MISE EN PERSPECTIVE.....</b>	<b>17</b>
<b>A. FACTEURS D'INFLUENCE ET CONSEQUENCES.....</b>	<b>17</b>
<b>B. PISTE A PRIVILEGIER .....</b>	<b>17</b>
<b>C. SYNTHESE .....</b>	<b>17</b>
<b>6. ANNEXES .....</b>	<b>18</b>

## 1. RESUME

Dans la perspective d'amener toujours plus de service à ses clients, la société COQUARD a développé un système de maie réfrigérée permettant de refroidir directement le produit du pressurage, stoppant immédiatement la fermentation et garantissant la qualité et la stabilité des jus. Ce dispositif (système dynamique) innovant a été reconnu comme performant par le CIVC, mais jugé énergivore en comparaison au belon thermorégulé (système semi-dynamique) et à la cuve de débouillage (système statique).

Ce document présente l'analyse des consommations réelles d'énergie utilisée dans le processus de refroidissement du moût de raisin, au niveau de la maie refroidie des pressoirs COQUARD de la gamme PAI.

Avant d'aborder les questions énergétiques traitées dans ce document, il est important de rappeler les intérêts d'un tel système de refroidissement.

- + Un refroidissement quasi instantané du moût juste après la pressée (de l'ordre d'une dizaine de secondes) ;
- + Un refroidissement parfaitement homogène, garantissant les bienfaits du refroidissement à l'ensemble du produit ;
- + Une diminution importante du risque de départ en fermentation du moût pendant et après l'opération de pressage ;
- + Une réduction de l'oxydation du moût pendant la phase de pressurage et de transfert en cuve ;
- + Une amélioration des conditions de clarification des moûts par un « débouillage à température maîtrisé » ;
- + Une amélioration de la qualité des moûts par un contrôle de la « chaîne du froid » dès la phase pressurage.

La présente étude permet de conclure que ces performances, quant-à la maîtrise de qualité du produit, se font avec un niveau de consommation énergétique optimisé. En effet :

- + Le type de refroidissement par contact sur une grande surface, permettant d'orienter la majorité de la diffusion thermique au produit ;
- + Le système de refroidissement dynamique permet un refroidissement très rapide, limitant le temps de fonctionnement du groupe froid ;
- + Le calorifugeage de la maie développé par COQUARD garantit la limitation des pertes thermiques ;
- + Le système s'adapte à la quantité de raisin pressuré.

Il s'agit donc d'un dispositif très performant du point de vue biochimique, pour une consommation d'énergie infime. Le coût de ce refroidissement est inférieur à 0.01 € par bouteille produite (<0,0005 €).

## 2. RAPPEL DU CONTEXTE

Dans la perspective d'amener toujours plus de service à ses clients, la société COQUARD a développé un système de maie réfrigérée permettant de refroidir directement le produit du pressurage. Dans une étude publiée par le CIVC, cette technologie a été jugée énergivore. Suite à cela, COQUARD a souhaité déterminer les consommations et les performances énergétiques réelles de son dispositif actuel et a entrepris le développement d'un système calorifugé.

Dans ce cadre, CIMES ASSISTANCE intervient afin de mesurer la réelle performance énergétique des presseurs de la gamme PAI. Ces mesures ont été effectuées sur trois sites, un site pilote (Champagne JANISSON) et deux sites complémentaires (Coopérative Troissy et Maison Leclerc BRIANT).



**Champagne JANISSON**



**Coopérative TROISSY**



**Maison Leclerc BRIANT**

Les sites d'intervention ont été triés par ordre de pertinence. Les deux premiers sites ont été choisis afin de réaliser des comparaisons entre une maie isolée et une non isolée et ainsi quantifier le gain d'énergie réalisable par les déperditions thermiques. Le troisième site (Maison Leclerc-Briant) est intéressant, car il dispose du modèle de presseur figurant dans l'étude du CIVC, permettant de comparer les valeurs de cette étude à celles de terrain.

+ Détail des sites :

- Site pilotes

▪ Champagne JANISSON :

Ce site a été sélectionné, car il permettra d'effectuer des comparaisons avec le site de la Coopérative de Troissy où un presseur pneumatique Bucher 8 000 est installé avec une maie réfrigérée et calorifugée. Ainsi, une quantification des déperditions thermiques peut être effectuée. De plus, le fait de choisir un PAI 8 000 comme site pilote permettra de faire des comparaisons avec les différents modèles de la gamme PAI (un PAI 4 000 et un Bucher 12 000 équipé d'une maie réfrigérée).

- Sites complémentaires :

▪ Coopérative de Troissy :

Le site présente une maie réfrigérée et isolée Bucher pneumatique 8 000 et une maie réfrigérée pneumatique 12 000. La campagne de mesure a été réalisée sur la maie du Bucher pneumatique 8 000.

▪ Maison Leclerc BRIANT :

Le site présente une maie réfrigérée PAI 4 000 non isolée décrite dans l'étude du CIVC.

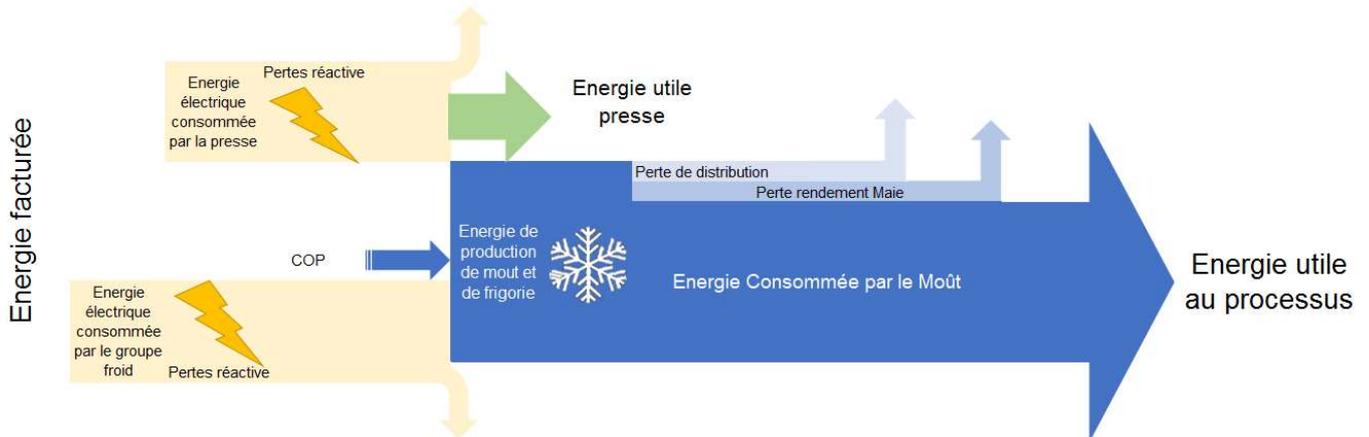
Ce document présente les résultats obtenus par CIMES ASSISTANCE.

### 3. PRINCIPE DE MESURE

#### A. PRINCIPE DU BILAN ENERGETIQUE

##### 1. ENERGIE TOTAL DE PRODUCTION

Afin d'avoir des références de comparaison sur les performances énergétiques de la maie, il est nécessaire d'avoir une vue d'ensemble sur les consommations énergétiques comprenant le presseur, le groupe froid et la maie.



Pour déterminer la performance énergétique de l'ensemble de l'équipement (maie réfrigérée + groupe froid + presse), il faut comptabiliser l'ensemble de l'énergie consommée et l'énergie utile. Dans le cas présent, il s'agit de compter les énergies suivantes :

- + Consommation électrique de production :  $E_{\text{Elec de production}}$  (facturée) :

$$E_{\text{Total de production}} = E_{\text{Electrique GF}} + E_{\text{Electrique Presse}}$$

- Consommation électrique de la presse :  $E_{\text{Elec Presse}}$  (Energie consommée et facturée) ;
- Consommation électrique du groupe froid :  $E_{\text{Elec GF}}$  (Energie consommée et facturée) ;
  - Energie réactive du groupe froid (négligeable) :  $E_{\text{réactive}}$  ;
  - Energie frigorifique totale :  $E_{\text{Frigorifique}}$  (Energie en sortie de production du groupe froid) ;
    - Déperditions thermiques du réseau froid :  $E_{\text{Pertés R}}$  (pertes réseau froid) ;
    - Déperditions thermiques de la maie :  $E_{\text{Pertés M}}$  (pertes maie) ;
    - Energie frigorifique capté par le jus de raisin :  $E_{\text{Conso Moût}}$  (Frigorifique Raisin) (Energie utile).

Par ailleurs, on peut exprimer la performance énergétique avec la notion de rendement :

$$\eta_m = \frac{E_{\text{Conso Moût}}}{E_{\text{Cédée Fluide Frigo}}}$$

Ces énergies peuvent se calculer de la manière suivante :

$$E_{\text{Conso Moût}} = \dot{V} * \rho_{\text{Moût}} * C_{p_{\text{Moût}}} * \Delta T_{\text{moût}} * t$$

- +  $E_{\text{Conso Moût}}$  l'énergie frigorifique consommée par le moût (en kWh) ;
- +  $\dot{V}$  le débit volumique du moût (en m<sup>3</sup>/s) ;
- +  $\rho_{\text{Moût}}$  la masse volumique du moût (en kg/m<sup>3</sup>),
- +  $C_{p_{\text{Moût}}}$  la chaleur spécifique du moût (en kJ/(kg.K)) ;
- +  $\Delta T_{\text{moût}}$  l'écart de température du moût en entrée et en sortie de la maie (échangeur) (en K) ;
- +  $t$  le temps d'écoulement du moût (s).

$$E_{Cédée\ Fluide\ Frigo} = \dot{V} * \rho_{Fluide\ Frigo} * C_{p\ Fluide\ Frigo} * \Delta T * t$$

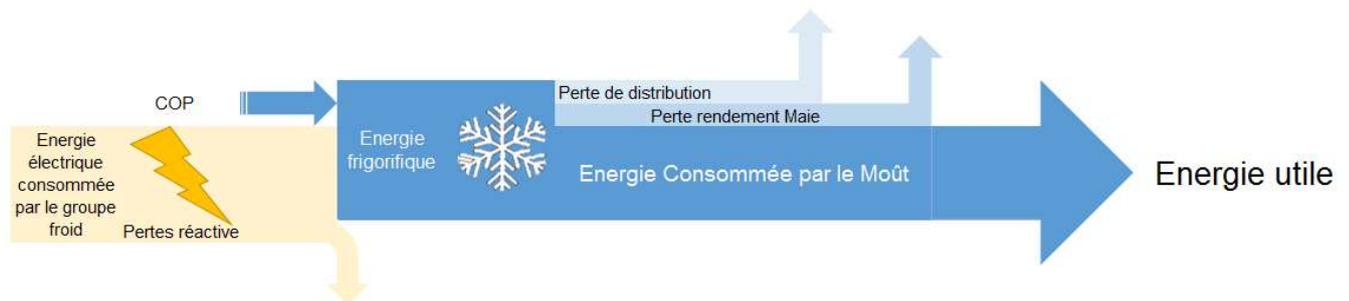
- +  $E_{Cédée\ Fluide\ Frigo}$  l'énergie frigorifique cédée par le fluide frigorifique (en kWh) ;
- +  $\dot{V}$  le débit volumique du fluide frigorifique (en m<sup>3</sup>/s) ;
- +  $\rho_{Fluide\ Frigo}$  la masse volumique du fluide frigorifique (en kg/m<sup>3</sup>) ;
- +  $C_{p\ Fluide\ Frigo}$  la chaleur spécifique du fluide frigorifique (en kJ/(kg.K)) ;
- +  $\Delta T$  l'écart de température du fluide frigorifique en entrée et en sortie de la maie (échangeur) (en K) ;
- +  $t$  le temps d'écoulement du moût (s).

L'énergie totale de production est l'énergie consommée et facturée au client afin de presser et refroidir le moût de raisin. Celle-ci, permet de mettre en perspective le surcout lié au refroidissement au niveau de la production.

Par ailleurs, il serait intéressant de comparer l'énergie total de production à l'énergie de stockage, afin d'avoir une vision globale de la consommation énergétique.

## 2. ENERGIE ELECTRIQUE DU GROUPE FROID

L'énergie électrique de la production de froid, est l'énergie électrique absorbée par le groupe pour produire l'énergie frigorifique. Il s'agit donc de l'énergie facturée au client pour produire du froid afin de refroidir les moûts de raisin.



$$E_{\acute{e}lectrique\ GF} = \frac{E_{Frigorifique\ Moût}}{COP} = \frac{E_{Pertes\ R} + E_{Pertes\ M} + E_{Conso\ Moût}}{COP}$$

Pour réduire la consommation d'énergie électrique, il faut réduire l'énergie frigorifique nécessaire au refroidissement des moûts et/ou augmenter le COP du groupe froid. Pour diminuer l'énergie frigorifique, il faut limiter les déperditions thermiques liées à la de distribution et aux pertes de rendement de la maie.

## 3. ENERGIE ELECTRIQUE DE LA PRESSE

L'énergie électrique de la presse, est l'énergie électrique absorbée par la presse pour produire une énergie mécanique. Il s'agit donc de l'énergie facturée au client pour produire le jus de raisin à refroidir.

$$E_{\acute{e}lectrique\ presse} = P_{\acute{e}lectrique\ presse} * t$$

Où :

- +  $P_{\acute{e}lectrique\ presse}$  : Puissance électrique de la presse en kW ;
- +  $t$  : temps de presse en seconde.

## B. PRINCIPE DE MESURE

Pour mesurer les frigories consommées ou la chaleur absorbées par les différents fluides, deux paramètres sont à suivre :

- + Le débit du fluide frigorigène ou du produit à refroidir (froid ou raisin) ;
- + Les températures du fluide en question (avant / après échange thermique).

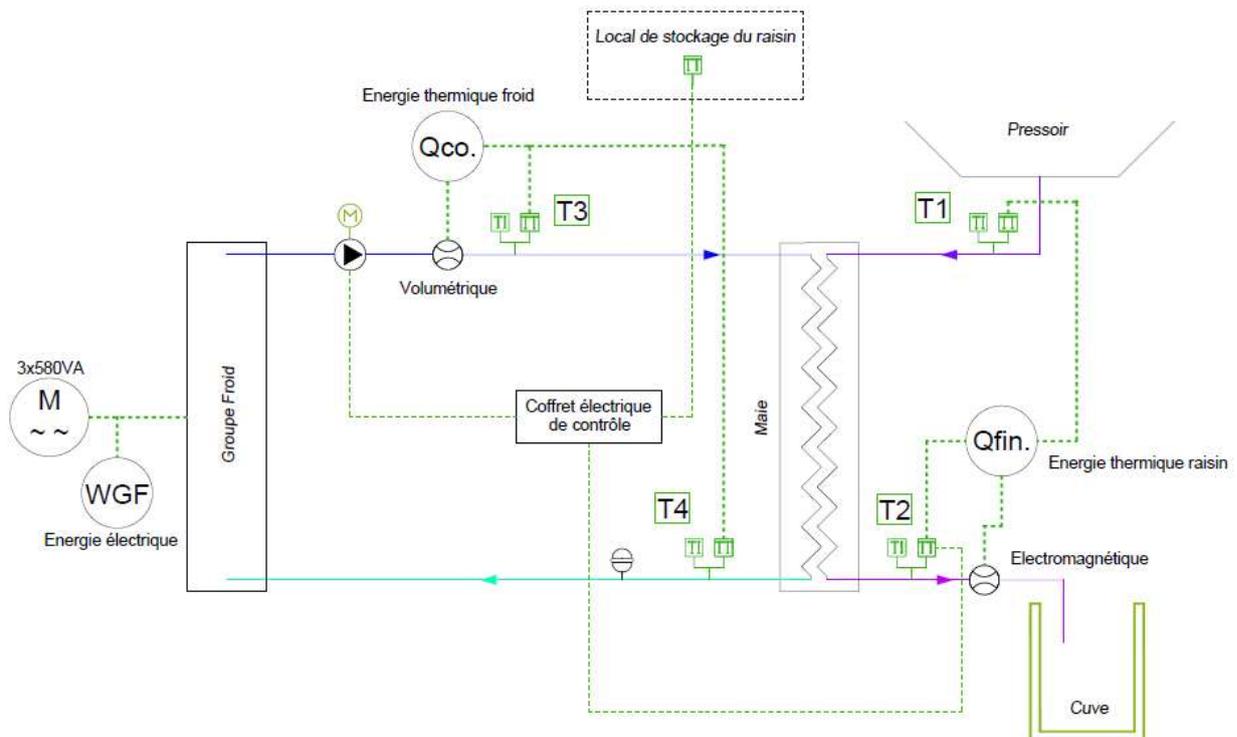
A partir de ces données, la puissance et l'énergie thermique sont établies :

$$P = \text{Débit volumique} * C_{p \text{ fluide}} * \Delta T$$

$$E = \text{Volume} * C_{p \text{ fluide}} * \Delta T$$

+ Où :

- $\Delta T_{\text{fluide}} = (T_{\text{chaud}} - T_{\text{froid}})$  ;
- $C_{p \text{ fluide}}$  : Chaleur spécifique massique du fluide ;
- Débit massique = Masse Volumique  $\rho$  \* Débit volumique.



**Principe de la mesure de la performance énergétique de la maie**

Les mesures portent sur les paramètres suivants :

- + T1 : température du raisin avant refroidissement ;
- + T2 : température du raisin après refroidissement ;
- + T3 : température d'entrée du fluide frigorigène en entrée de la maie ;
- + T4 : température d'entrée du fluide frigorigène en sortie de la maie ;
- +  $Q_{\text{groupe froid}}$  : Débit du fluide frigorigène ;
- +  $Q_{\text{raisin}}$  : Débit du moût de raisin, après refroidissement.

Les pertes de distribution n'apparaissent pas ici, car elles sont considérées comme négligeables (cf. annexe 1 : Calcul pertes réseau).

## C.INDICATEUR PROPOSE

Afin de comparer nos résultats, nous avons créé un indicateur. Cet indicateur correspond à une énergie consommée par unité de volume de moût écoulé et pour un abaissement de température du moût d'un degré Celsius.

Pour faciliter la comparaison des grandeurs physiques obtenues (puissances, énergies) sur les différents sites et entre chaque cycle de pressurage, les grandeurs sont toutes ramenées à un même indicateur (kWh/(hL.°C) ou kWh/(hL.°C)).

Dans ce rapport, il est présenté deux types de consommation énergétique :

- + La consommation frigorifique ;
- + La consommation électrique.

Le choix de ces indicateurs est d'autant justifié plus parce qu'il s'agit de l'indicateur utilisé pour la communication par le CIVC sur la consommation énergétique des pressoirs de la gamme PAI de COQUARD, et parce qu'il s'agit de la consommation facturée aux clients lorsqu'ils utilisent la maie réfrigérée.

### 1.CONSUMMATION FRIGORIFIQUE

La consommation frigorifique est l'énergie utilisée pour comparer les différents dispositifs d'abaissement de température du moût de raisin. Pour l'étude cette énergie est ramenée à la dimension de l'indicateur :

$$E_{Frigorifique} = \frac{V_{frigo} * \rho_{Fluide Frigo} * C_p * \Delta T_{Frigo}}{V_{total d'une presse} * \Delta T_{moût}}$$

- +  $E_{Frigorifique}$  la consommation frigorifique (en kWh/(hL.°C)) ;
- +  $V_{frigo}$  le volume du fluide frigorifique (en m<sup>3</sup>) ;
- +  $\rho_{Fluide Frigo}$  la masse volumique du fluide frigorifique (en kg/m<sup>3</sup>) ;
- +  $C_p$  la chaleur spécifique du fluide frigorifique (en kJ/(kg.K)) ;
- +  $\Delta T_{Frigo}$  l'écart de température du fluide frigorifique en entrée et en sortie de la maie (échangeur) (en K).

Nb : on peut également l'exprimer avec un débit massique (voir annexe 2 : Formulaire)

### 2.CONSUMMATION ELECTRIQUE DU GROUPE FROID

Un groupe froid fait intervenir la notion de COP (cf annexe 2). Après avoir déterminé l'énergie frigorifique, l'énergie électrique du groupe froid peut être obtenue. Il suffit d'utiliser la formule du COP :

$$E_{Elec GF} = \sum W = \frac{|\sum Q|}{COP} ;$$

Comme précédemment, cette énergie est ramenée à la dimension de l'indicateur :

$$E_{Elec GF} = \frac{P_{Frigorifique} + Perte_{Distribution}}{COP * V_{total d'une presse} * \Delta T_{moût}} * t_{presse}$$

Où  $E$  est exprimé en kWh/(hL.°C).

### 3.PERFORMANCES ENERGETIQUES

#### a)De la maie

La performance énergétique (ou rendement) de la maie se traduit par sa capacité à échanger des calories (ou frigories) entre le fluide frigorigène et le moût de raisin. Il s'agit du rapport des énergies thermiques défini au 2.A.1.

$$\eta_m = \frac{E_{Conso\ Moût}}{E_{Cédée\ Fluide\ Frigo}}$$

Remarque :

Le temps t considéré pour l'énergie consommée par le moût et l'énergie cédée par le fluide frigorigène est le même. **Il est considéré seulement lorsqu'il y a écoulement du moût.** En effet, quand il n'y a pas d'écoulement, la maie échange uniquement avec l'air, il n'est donc pas pertinent de calculer son rendement. Dans la réalité, le groupe froid fonctionne plus longtemps du fait qu'il n'est pas régulé et qu'il sert à plusieurs installations (cuve de débouillage, cuve de stockage, etc.).

#### b)Du processus global de refroidissement

La performance énergétique (ou COP) du processus de refroidissement du moût de raisin est le rapport entre l'énergie frigorigène à produire pour refroidir le moût et la quantité d'énergie électrique consommée par le groupe froid :

$$\eta_{gref} = \frac{E_{Frigorigène\ Moût}}{E_{Électrique\ GF}}$$

#### c)Part de consommation liée au refroidissement

Cette dernière est calculée en comparant la consommation du groupe froid avec la consommation totale d'énergie :

$$\tau = \frac{E_{Électrique\ GF}}{E_{Électrique\ GF} + E_{Électrique\ Presse}}$$

## D.CONDITIONS DE MESURES REELLES

### 1.GENERALES

<b>Mout de raisin :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Chargement :</li> <li>+ Propriétés physiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>C_p</math> raisin</li> <li>- <math>\rho</math> raisin</li> </ul> </li> </ul>	Maximal  3638 J/(Kg.°C) 1070 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Groupe froid :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ COP :</li> </ul>	2,72
<b>Prix du kWh électrique</b>	0,15 €

### 2.PAR SITES

Sites Composants	Laruche Troissy	Janisson	Maison Leclerc Briant
<b>Groupe froid :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Types de fluide</li> <li>+ Propriétés physiques <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>C_{pGF}</math></li> <li>- <math>\rho_{GF}</math></li> </ul> </li> <li>+ Distance (GF/PAI)</li> </ul>	MPG 40%  $C_{pGF}$ :3728J/(Kg.°C) $\rho_{GF}$ :1036Kg/m <sup>3</sup>	Bio DKS  $C_{pGF}$ :3014J/(Kg.°C) $\rho_{GF}$ :1317 Kg/m <sup>3</sup>	Eau glycolée 30%  $C_{pGF}$ :3014J/(Kg.°C) $\rho_{GF}$ :1317 Kg/m <sup>3</sup>
	50m	50m	20m
<b>Forme de la maie</b>	Isolé et plane	Maie légèrement incurvée	Maie légèrement incurvée
<b>Température :</b>	18,3°C	4 températures d'étude eau chaude : <ul style="list-style-type: none"> <li>+ 30°C</li> <li>+ 25°C</li> <li>+ 20°C</li> <li>+ 16°C</li> </ul>	19,9°C

L'ensemble des résultats obtenus est disponible en annexe (cf. annexe 3 : Résultats Bruts).

Remarque :

La capacité en eau chaude du site (deux ballons de 170 L), ne permet pas d'effectuer ces mesures sur un laps de temps conséquent pour valider une réelle consommation énergétique.

**Par conséquent, l'analyse des données porte exclusivement sur les sites Coopérative Laruche Troissy et Maison Leclerc Briant.**

## 4. ANALYSE DES DONNEES

### A. ANALYSE TECHNIQUE DE L'ARTICLE DU CIVC

Dans l'article paru, le CIVC présente les consommations énergétiques nécessaires pour un abaissement de 10°C de la température des cuvées. Les chiffres présentés sont les suivants :

Dispositif de refroidissement	Energie consommée	Temps de fonctionnement	Abaissement de température
Maie réfrigérée	3,9 kWh / hL	2h10	10°C
Belon thermo régulé	3,4 kWh / hL	1h40	10°C
Cuve de débourage	1,6 kWh / hL	12h	10°C

Remarques :

- + L'étude mentionne un abaissement de la température des moûts de 10°C. Il est souhaité d'atteindre une température du moût de 18°C après refroidissement. Or, avec l'hypothèse faite, **le moût devrait être à 28°C** ce qui est élevé si l'on considère le climat de la région Champagne pendant la période des vendanges.
- + Le temps de pressurage du raisin dépend des caractéristiques physico-chimiques du raisin qui dépendent elles-mêmes de paramètres extérieurs (conditions climatiques).
- + Du fait que le système de refroidissement de la cuve de débourage est un système statique, alors que les deux autres sont des systèmes dynamiques, la comparaison ne semble pas pertinente.
- + La présence d'un unique indicateur dans l'article ne permet pas de quantifier au mieux le rendement global du processus.
- + **L'article mentionne des indicateurs énergétiques en kWh/hL. Or ce n'est pas homogène à une énergie mais à une puissance (unité de puissance le W). Il aurait fallu l'exprimer en kW/h/hL.**

## B. ANALYSE DES DONNEES MESUREES

### 1. SYNTHESES DES RESULTATS

#### + Coopérative de Troissy :

Voici le tableau récapitulatif du procédé de l'échange thermique et de la consommation électrique :

Procédé de l'échange		Commentaires
Temps des périodes de presse	4h 18min	Pour un marc
Temps de fonctionnement du groupe froid considéré	4h 18 min	
Volume total refroidi	90,5 hL	95% (*) de la capacité de charge sur deux marcs
Température moyenne 1 (moût chaud - entrée maie)	18,3 °C	
Température moyenne 2 (moût refroidi - sortie maie)	13,7 °C	
Température moyenne 3 (aller - eau glycolée)	9,9 °C	Régime d'eau 10/12°C
Température moyenne 4 (retour eau glycolée)	11,0 °C	
Débit moyen du Groupe Froid	5,5 m³/h	
Débit moyen du moût	1,4 m³/h	
Puissance frigorifique moyenne Groupe Froid	6,49 kW	
Consommation frigorifique Groupe Froid	51,28 kWh	
Consommation frigorifique mout	44 kWh	
Pertes	7 kWh	Equivalent à 1,05 €
Consommation électrique maximum presse (hors refroidissement)	32 kWh	Total : Equivalent à 4,84 €
Consommation électrique totale Groupe Froid	19 kWh	51 kWh Equivalent à 2,83 €

(\*) En considérant que le raisin contient 80% de jus et 20% de pépins, pulpe, peau et grappe.

En reprenant l'indicateur introduit précédemment, le tableau suivant a été créé :

Indicateurs comparatifs		
	E indicateur *	Coût indicateur *
Chaleur extraite du moût	0,106 kWh/(hL.°C)	0,016€*
Production froid (Groupe Froid)	<b>0,123 kWh/(hL.°C)</b>	0,019€* <b>Soit 0,00014€ par bouteille produite</b>
Consommation électrique groupe froid	0,045 kWh/(hL.°C)	0,006€*
Rendements :		
+ $\eta_m$	+ 86%	/
+ facteur COP global (procédé)	+ 2.36	

\* Pour un  $\Delta T=4,6^\circ\text{C}$  et 90,5hL.

+ **Maison Leclerc Briant :**

Voici le tableau récapitulatif du procédé de l'échange thermique et de la consommation électrique :

Procédé de l'échange		Commentaires
Temps des périodes de presse	2h18	
Temps de fonctionnement du groupe froid considéré	2h18	
Volume total refroidi	12,7 hL	59% (*) de la capacité de charge sur un marc
Température moyenne 1 (moût chaud - entrée maie)	19,9 °C	
Température moyenne 2 (moût refroidi - sortie maie)	18,9 °C	
Température moyenne 3 (aller - eau glycolée)	12,2 °C	
Température moyenne 4 (retour eau glycolée)	14,2 °C	
Débit moyen du Groupe Froid	0,8 m <sup>3</sup> /h	Débit trop faible
Débit moyen du moût	0,4 m <sup>3</sup> /h	Débit trop faible
Puissance frigorifique moyenne Groupe Froid	1,82 kW	
Consommation frigorifique Groupe Froid	5,7 kWh	
Consommation frigorifique mout	0,9 kWh	
Pertes	4,8 kWh	Equivalent à 0,71 €
Consommation électrique maximum presse (hors refroidissement)	17,3 kWh	Total : 19,4 kWh
Consommation électrique totale Groupe Froid	2,1 kWh	
		Equivalent à 0,31 €

(\*) En considérant que le raisin contient 80% de jus et 20% de pépins, pulpe, peau et grappe.

En reprenant les indicateurs introduit précédemment, le tableau suivant a été créé :

Indicateurs comparatifs		
	E indicateur *	Coût indicateur *
Chaleur extraite du moût	0,064 kWh/(hL.°C)	0,01€
Production froid (Groupe Froid)	<b>0,409 kWh/(hL.°C)</b>	0,061€ <b>Soit 0,00046€ par bouteille produite</b>
Consommation électrique groupe froid	0,154 kWh/(hL.°C)	0,023€
Rendements :		/
+ $\eta_m$	+ 16%	
+ facteur COP global (procédé)	+ 0.42	

\* Pour un  $\Delta T=1,1^\circ\text{C}$  et 12,7hL.

**Une première analyse des données permet de constater que l'absence de calorifuge engendre d'importantes déperditions, baissant significativement le rendement de refroidissement. Cependant, une analyse plus fine permet de mettre également en avant que :**

- + Lorsque le pressoir n'est pas totalement chargé, le rendement de la maie diminue ;
- + La capacité du groupe froid influence fortement la capacité de refroidissement et le rendement.

## 2. ANALYSE CRITIQUE

La consommation frigorifique de la maie isolée du PAI 8 000 s'élève à 0,123 kWh/(hL.°C), alors que celle de la maie du pressoir PAI 4 000 est de 0,409 kWh/(hL.°C).

Ainsi l'ajout d'un calorifuge sur la maie, permet d'économiser **0,286 kWh/(hL.°C)**, soit une réduction de l'ordre de 70%. La consommation d'énergie de la maie réfrigérée est donc fortement réduite par la mise en place du calorifugeage.

Remarque :

- + Plusieurs paramètres influençant la consommation de froid, la comparaison n'est pas totalement significative. En effet, la puissance du groupe froid, le taux de chargement de la presse et la température du moût sont différentes sur les deux sites. Cependant la différence est suffisamment significative pour prouver l'efficacité du calorifugeage de la maie réfrigérée.

## C.COMPARAISON ARTICLE CIVC / DONNEES MESUREES

### 1.HYPOTHESES

Cette partie a pour but de comparer les hypothèses faites par le CIVC et celles faites lors de la réalisation de la mesure de la performance énergétique sur chacun des sites. Le tableau suivant présente les différentes hypothèses émises :

	CIVC PAI 4000	C.A	
		PAI 4000	PAI 8000
Volume de moûts refroidi	21,32 hL	12,7 hL	90,5 hL
Température d'entrée du raisin	28°C	20°C	18°C
$\Delta T$	10°C	1,1°C	4.6°C

D'après le tableau, il est évident que les mesures n'ont pas été réalisées dans les mêmes conditions, d'où l'importance de ramener les résultats obtenus à une base commune afin de pouvoir les comparer entre eux.

### 2.RESULTATS OBTENUS / INDICATEURS

Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus avec ceux publiés par le CIVC, il a donc été décidé de ramener l'ensemble des valeurs en hL refroidi et en °C abaissé.

Pour chacun des sites, les résultats obtenus sont les suivants :

	CIVC (PAI 4000)	PAI 4000	PAI 8000	Cuve de débouillage	Belon
Consommation frigorigère brute (*) kWh/hL	3,9 kWh/hL	0,450 kWh/hL	0,566kWh/hL	1,6kWh/hL	3,4 kWh/hL
Consommation frigorigère corrigée (**) kWh/(hL.°C)	<b>0,390</b> kWh/(hL.°C)	<b>0,401</b> kWh/(hL.°C)	<b>0,123</b> kWh/(hL.°C)	<b>0,160</b> kWh/(hL.°C)	<b>0,340</b> kWh/(hL.°C)
Capacité de chargement	<b>100%</b>	<b>59%</b>	<b>95%</b>	/	/

\* Consommations brutes dans des conditions différentes (volume, température, etc.)

\*\* Consommation ramenée à 1hL avec un abaissement de 1°C.

Après le basculement sur le même indicateur, on peut en déduire que les résultats du CIVC sont en adéquation avec les données relevées sur le terrain. Les différences entre les valeurs sur le PAI 4000 peuvent s'expliquer par la capacité de chargement. En effet, cette donnée joue directement sur l'efficacité du procédé de refroidissement.

On peut également observer que le **calorifugeage de la maie permet diminuer fortement la consommation énergétique**, allant jusqu'à dépasser les performances des autres systèmes étudiés par le CIVC.

## D.CONCLUSION

L'étude a été menée sur plusieurs sites, dans un panel de conditions différentes, sur les différentes étapes de presse d'une cuvée (presses, tailles et rebêche), à des moments différents de la période de vendange, afin d'être la plus **représentative** possible.

La première conclusion de cette étude est que le système de maie réfrigérée, associé à un groupe froid adapté, **assure un refroidissement instantané et de qualité**. En effet, l'ensemble du jus issu de la pressée se retrouve à la température souhaité (18°C) une dizaine de seconde à peine après le pressurage, de manière homogène, garantissant effectivement une **stabilité des caractéristiques biochimiques**.

En effet, le principal avantage de la maie réfrigérée est de réduire la fermentation instantanée des jus, ce qui lui permet de se distinguer des autres technologies notamment du belon thermorégulé et de la cuve de débourbage. Pour rappel :

- + Il est nécessaire de refroidir le plus tôt possible le moût de raisin afin d'éviter la fermentation de celui-ci par inhibition (mort des levures). Ce refroidissement permet aussi de retenir la « fraîcheur » et le fruité des futurs produits. **Le système de maie réfrigérée assure bien ce refroidissement « instantané ».**
- + Le refroidissement dès le pressurage permet de réduire l'oxydation du moût pendant la phase de pressurage et de transfert en cuve, ainsi que d'améliorer les conditions de clarification par un « débourbage à température maîtrisée ». **Le refroidissement par maie réfrigérée dès le pressurage permet une amélioration de la qualité des moûts par une maîtrise de la « chaine du froid ».**

Concernant les performances énergétiques, les résultats ont permis de déterminer les consommations énergétiques réelles des pressoirs équipés de la maie réfrigérée COQUARD. **Les dernières optimisations apportées par COQUARD** (perfectionnement de la planéité de la maie et calorifugeage de cette dernière) ont apporté des améliorations significatives quant à la consommation énergétique du dispositif de refroidissement, **permettant de réduire de l'ordre de 70% ces consommations, et de se positionner comme l'un des dispositifs des plus performants.**

Ces résultats, en plus d'être très positifs, ont permis de mettre en avant d'autres pistes d'optimisation de ce dispositif innovant.

Concernant la comparaison avec les résultats présentés dans l'étude du CIVC, il nous semble difficile à l'heure actuelle de comparer les résultats. En effet ne disposant pas des mesures de terrain détaillées du CIVC, nous ne pouvons juger si les conditions de réalisation sont analogues, et donc si les résultats sont comparables.

**A ce jour, grâce à l'exigence du CIVC au regard des consommations énergétiques et à l'innovation portée par COQUARD, le système PAI avec maie réfrigéré calorifugée permet d'associer performance énergétique et qualité de procédé.**

## 5. MISE EN PERSPECTIVE

Dans cette partie, il s'agit de mettre en avant les facteurs influençant le rendement énergétique du dispositif pensé par COQUARD, et les pistes d'optimisation associées.

### A.FACTEURS D'INFLUENCE ET CONSEQUENCES

Plusieurs facteurs influencent le rendement de la maie à savoir :

- + La planéité de la maie :
  - Assurer une bonne planéité permet d'éviter la création de chemins préférentiels ;
- + L'inclinaison de la maie :
  - Assurer une pente suffisante permet d'éviter l'encrassement par la pulpe et les restes de grappes ;
- + L'isolation de la maie :
  - L'optimisation du calorifugeage permet de réduire encore plus les déperditions thermiques ;
- + La température d'entrée des raisins :
  - La régulation de l'apport en froid à partir de la température du moût refroidit permet d'apporter la juste quantité de froid.
- + Le débit de froid :
  - Le débit de froid doit, d'une part, être suffisamment important pour assurer le refroidissement des moûts lors des fortes chaleurs, et, d'autre part, être régulé pour éviter la surconsommation.
- + Le taux de chargement du pressoir :
  - La durée d'une presse, et donc de fonctionnement du refroidissement (et de la quantité d'énergie consommée), est toujours le même quel que soit le taux de chargement, mais le volume de moût refroidit varie. Plus le taux de chargement est important, plus le rendement est bon.
- + La localisation de la maie :
  - La localisation du pressoir (intérieur ou en extérieur, à l'abris ou au soleil, etc.) influence les déperditions thermiques, et donc le rendement de la maie.

### B.PISTE A PRIVILEGIER

Le calorifugeage et la planéité de la maie ont déjà fait l'objet d'un travail par COQUARD. La piste à privilégier au regard de l'impact sur les rendements serait le travail sur **la régulation de l'apport en fluide frigorifique**. Deux types de régulation peuvent être définis :

- + Sur l'absence d'écoulement des moûts : **Régulation de type Tout ou Rien**
  - Vannes GF ouvertes à 100% ;
  - Si pas d'écoulement sur la maie : On ferme les vannes GF ;
  - Si présence d'écoulement sur la maie : On ouvre les vannes GF ;
- + Sur la température de sortie des moûts : **Régulation de type PID** (Proport. – Intégrale – Dérivée)
  - Définition de la température de consigne ( $T_c=18^{\circ}\text{C}$ )
  - Vannes GF ouvertes à 100% ;
  - 4 cas de figure :
    - Si  $T \ll T_c$  : Vannes GF fermée à 100% ;
    - Si  $T < T_c$  : Fermeture partielle des vannes du groupe froid ;
    - Si  $T > T_c$  : Ouverture partielle des vannes du groupe froid
    - Si  $T \gg T_c$  : Vannes GF ouverte à 100%.

### C.SYNTHESE

Afin d'optimiser la performance énergétique des maies réfrigérées, CIMES ASSISTANCE préconise :

- + D'assurer de la planéité de la maie ;
- + De calorifuger la maie ;
- + De veiller à ce que l'installation de froid (débit de froid) soit suffisamment performante pour répondre aux besoins de froid des différents dispositifs ;
- + De mettre en place une régulation.

## 6. ANNEXES

### Annexe 1 : calcul pertes réseau

Justification du fait que les pertes thermiques de distribution sont négligeables.

Les pertes liées à la distribution, sont les pertes liées à la distance entre le lieu de production du groupe froid et le lieu de consommation frigorifique (la maie).

On peut estimer de manière empirique les pertes de distribution.

#### Hypothèses de calcul :

- + Distance entre groupe froid et pressoir : 50m ;
- + Canalisation de transport : Acier ;
  - DN :20 (26,9 mm  $D_{ext}$ ) ;
  - Epaisseur :2,3 mm ;
- + Type d'isolant : Pas d'isolant ;
- + Débit de froid : 5,5 m<sup>3</sup>/h ;
- + Température d'entrée : 10°C ;
- + Température extérieure : 18°C ;
- + Coefficient de transfert thermique  $k$  : 1,1 W/(m.K) ;

Il s'agit ici d'hypothèses pessimiste afin d'estimer les pertes de distribution maximales. Cela amène à une estimation de 380 W de perte de distribution. Négligeable par rapport aux puissances présentées.

### Annexe 2 : Formulaire

- + Puissance exprimée avec un débit massique :

$$P_{Frigorifique} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T_{moût}$$

- +  $P_{Frigorifique}$  la puissance frigorifique (en kW),
- +  $\dot{m}$  le débit massique du fluide frigorifique (en kg/s),
- +  $C_p$  la chaleur spécifique du fluide frigorifique (en kJ/(kg.K)),
- +  $\Delta T_{moût}$  l'écart de température du fluide frigorifique en entrée et en sortie de la maie (en K).

Cependant, du fait des données mesurées sur site, la formule s'exprimerai plutôt en fonction du débit volumique. Cela donne :

- + COP :

En calculant le rapport de ces différentes énergies, le rendement de l'ensemble (ou COP) de l'équipement est calculé :

$$COP = \frac{\sum E_{Utile}}{\sum E_{Consommée}} = \frac{\sum E_{Frigorifique Moût}}{E_{Électrique GF} + E_{Électrique Presse}}$$

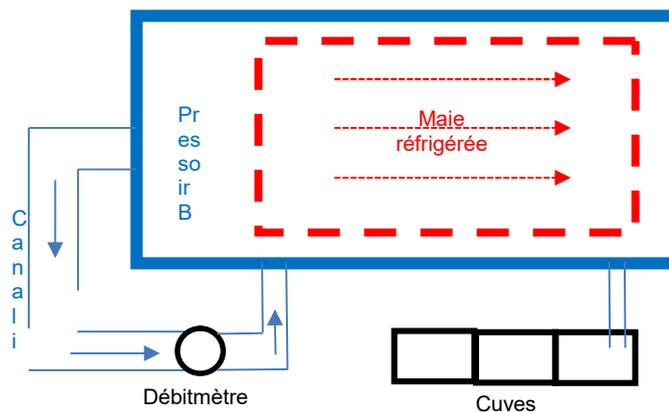
L'étude s'intéressera principalement au bilan thermique de la maie, c'est-à-dire le bilan entre la production frigorifique du groupe froid et la consommation frigorifique du moût. Cependant, le COP introduit précédemment pourra néanmoins mettre en perspective les consommations énergétiques de la maie.

### Annexe 3 : Résultats bruts

Dans cette partie, il sera présenté les résultats bruts obtenus sur chacun des sites après avoir effectuées les mesures. L'énergie mesurée ici, est l'énergie frigorifique cédée aux moûts de raisins pour le refroidir.

#### a) Troissy

Le site est équipé d'un pressoir Bucher pneumatique auquel une maie réfrigérée Coquard a été installée. Le processus de pressurage est donc différent des autres sites. En effet, l'écoulement moût ne se fait pas en pluie comme sur les pressoirs Coquard. Le moût est acheminé via une canalisation depuis la presse jusqu'à la maie réfrigérée. De plus, sur cette canalisation, un débitmètre volumétrique a été installé permettant de comptabiliser le volume cumulé de marc à refroidir.



*Représentation schématique du processus*

Les mesures ont été effectuées le 28 septembre 2016 sur deux pressées. Voici les différentes données obtenues :

- + Volume cumulé : 9050 L ;
- + Débit de marc moyen : 22,6 L/min ;
- + Température moyenne moût refroidie : 13,5°C ;
- +  $\Delta T$  : 4,5°C ;
- + Consommation frigorifique moût : **44,29 kWh**.

Remarque : Concernant les essais en eau chaude, l'installation présente sur place ne permettait pas de réaliser ces essais. En effet, la capacité des ballons d'eau chaude n'était pas suffisante pour réaliser plusieurs gammes de température. De plus, l'absence de vannes d'isolement sur la canalisation en sortie des ballons ne permettait pas d'effectuer le raccordement avec un flexible afin d'acheminer l'eau chaude jusqu'au pressoir.

Paramétrage cycle 1				
Cp Eau glycolée 30%	3650	J/(kg.°C)	Cp Raisin	3638 J/(kg.°C)
$\rho$ (Eau glycolée 30%)	1120	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ moût de raisin	1080 kg/m <sup>3</sup>
Temps de fonctionnement presse	1,10	h	Volume refroidi	2267 L
Consommation électrique de la presse	8,25	kWh		136 m <sup>3</sup>
Débit du GF	31,67	(L/min)	Débit moyen du Marc	34,35 (L/min)
Débit moyen du GF	5,5	(m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen du Marc	2,061 (m <sup>3</sup> /h)
Moyen T 3	9,98	°C	Moyen T 1	15,81 °C
Moyen T 4	11,28	°C	Moyen T 2	15,20 °C
Production frigorifique cumulé GF	8,64	kWh	Consommation frigorifique moût	5,00 kWh
Puissance frigorifique moyenne GF	7,66	kW	Indicateur énergétique	0,504 kWh/hL
COP du GF	2,72		Rendement moyen maie	632
Puissance électrique moyenne électrique GF	2,82	kW	Rendement global maie	582

Paramétrage cycle 2				
Cp Eau glycolée 30%	3650	J/(kg.°C)	Cp Raisin	3638 J/(kg.°C)
$\rho$ (Eau glycolée 30%)	1120	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ moût de raisin	1080 kg/m <sup>3</sup>
Temps de fonctionnement presse	0,52	h	Volume refroidi	674 L
Consommation électrique de la presse	3,88	kWh		40 m <sup>3</sup>
Débit du GF	31,67	(L/min)	Débit moyen du Marc	21,75 (L/min)
Débit moyen du GF	5,5	(m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen du Marc	1,305 (m <sup>3</sup> /h)
Moyen T 3	9,96	°C	Moyen T 1	16,46 °C
Moyen T 4	10,63	°C	Moyen T 2	12,35 °C
Production frigorifique cumulé GF	2,88	kWh	Consommation frigorifique moût	2,98 kWh
Puissance frigorifique moyenne GF	4,30	kW	Indicateur énergétique	0,732 kWh/hL
COP du GF	2,72		Rendement moyen maie	722
Puissance électrique moyenne électrique GF	1,58	kW	Rendement global maie	1002

Paramétrage cycle 3				
Cp Eau glycolée 30%	3650	J/(kg.°C)	Cp Raisin	3638 J/(kg.°C)
$\rho$ (Eau glycolée 30%)	1120	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ moût de raisin	1080 kg/m <sup>3</sup>
Temps de fonctionnement presse	0,40	h	Volume refroidi	354 L
Consommation électrique de la presse	3,00	kWh		21 m <sup>3</sup>
Débit du GF	31,67	(L/min)	Débit moyen du Marc	14,73 (L/min)
Débit moyen du GF	5,5	(m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen du Marc	0,884 (m <sup>3</sup> /h)
Moyen T 3	9,87	°C	Moyen T 1	16,75 °C
Moyen T 4	10,43	°C	Moyen T 2	12,62 °C
Production frigorifique cumulé GF	1,58	kWh	Consommation frigorifique moût	1,53 kWh
Puissance frigorifique moyenne GF	3,63	kW	Indicateur énergétique	1,013 kWh/hL
COP du GF	2,72		Rendement moyen maie	642
Puissance électrique moyenne électrique GF	1,36	kW	Rendement global maie	972

Paramétrage cycle 4				
Cp Eau glycolée 30%	3650	J/(kg.°C)	Cp Raisin	3638 J/(kg.°C)
$\rho$ (Eau glycolée 30%)	1120	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ moût de raisin	1080 kg/m <sup>3</sup>
Temps de fonctionnement presse	0,37	h	Volume refroidi	615 L
Consommation électrique de la presse	2,75	kWh		37 m <sup>3</sup>
Débit du GF	31,67	(L/min)	Débit moyen du Marc	27,96 (L/min)
Débit moyen du GF	5,5	(m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen du Marc	1,678 (m <sup>3</sup> /h)
Moyen T 3	9,83	°C	Moyen T 1	19,72 °C
Moyen T 4	10,41	°C	Moyen T 2	14,42 °C
Production frigorifique cumulé GF	3,23	kWh	Consommation frigorifique moût	3,16 kWh
Puissance frigorifique moyenne GF	3,43	kW	Indicateur énergétique	0,640 kWh/hL
COP du GF	2,72		Rendement moyen maie	662
Puissance électrique moyenne électrique GF	1,26	kW	Rendement global maie	982

Paramétrage cycle 5				
Cp Eau glycolée 30%	3650	J/(kg.°C)	Cp Raisin	3638 J/(kg.°C)
$\rho$ (Eau glycolée 30%)	1120	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ moût de raisin	1080 kg/m <sup>3</sup>
Temps de fonctionnement presse	1,15	h	Volume refroidi	2671 L
Consommation électrique de la presse	8,63	kWh		160 m <sup>3</sup>
Débit du GF	31,67	(L/min)	Débit moyen du Marc	38,71 (L/min)
Débit moyen du GF	5,5	(m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen du Marc	2,322 (m <sup>3</sup> /h)
Moyen T 3	10,06	°C	Moyen T 1	21,63 °C
Moyen T 4	12,92	°C	Moyen T 2	15,57 °C
Production frigorifique cumulé GF	13,33	kWh	Consommation frigorifique moût	16,26 kWh
Puissance frigorifique moyenne GF	16,86	kW	Indicateur énergétique	0,590 kWh/hL
COP du GF	2,72		Rendement moyen maie	742
Puissance électrique moyenne électrique GF	6,20	kW	Rendement global maie	842

### b) Janisson

Les mesures en vendange n'ont pas pu être réalisées du fait, de la réception tardive des équipements de mesure. Le dernier jour de vendange étant le lundi 26 septembre 2016. Cependant, les mesures avec l'eau chaude ont pu être effectuées.

Concernant ces mesures, les résultats obtenus pour les différentes gammes de température sont les suivants :

Gamme de température	Température eau chaude	Température eau refroidie	$\Delta T$	Température retour GF	Débit moyen eau chaude	Conso énergie frigo
30°C	32°C	20°C	12°C	13°C	1,7 m <sup>3</sup> /h	23,69 kWh
25°C	24,6°C	16,5°C	8,1°C	11,3°C	1,2 m <sup>3</sup> /h	11,29 kWh
20°C	20,7°C	16°C	4,7°C	10,8°C	0,84 m <sup>3</sup> /h	4,58 kWh
15°C	16°C	14°C	2°C	9,7°C	0.45 m <sup>3</sup> /h	1,05 kWh

Noter que dans le tableau ci-dessus, il y a deux paramètres variables, la température et le débit. Il est préférable, de fixer un paramètre. Regardons l'évolution des consommations, pour les différentes gammes de température à débit constant.

Pour un débit constant de 22 L/min, le tableau suivant est établi :

Gamme de température	Température eau chaude	Température eau refroidie	$\Delta T$	Température retour GF	Débit moyen eau chaude	Conso énergie frigo
30°C	32°C	20°C	12°C	13°C	1,4 m <sup>3</sup> /h	19,50 kWh
25°C	24,6°C	16,5°C	8,1°C	11,3°C	1,4 m <sup>3</sup> /h	13,17 kWh
20°C	20,7°C	16°C	4,7°C	10,8°C	1,4 m <sup>3</sup> /h	7,64 kWh
15°C	16°C	14°C	2°C	9,7°C	1,4 m <sup>3</sup> /h	3,25 kWh

Remarques :

- + Le débit de froid est insuffisant, en effet, il n'était pas possible de faire une lecture du débit avec le débitmètre utilisé (valeur minimale de fonctionnement 0,6 m<sup>3</sup>/h). Le fait d'avoir un débit faible, impose une augmentation du temps de contact entre les fluides pour abaisser la température. Il s'en suit donc une consommation énergétique plus importante.
- + La capacité en eau chaude du site (deux ballons de 170 L), ne permet pas d'effectuer ces mesures sur un laps de temps conséquent pour valider une réelle consommation énergétique.

### c) Maison Leclerc Briant

Les mesures ont été effectuées le 29 septembre 2016 sur une pressée. Ci-joint en annexe les courbes de température du marc de raisin ainsi que du fluide frigorigène. Les résultats obtenus suite à ces mesures sont les suivants :

- + Volume cumulé : 1266 L ;
- + Débit de marc moyen : 9,2 L/min ;
- + Température moyenne moût refroidie : 18,8°C ;
- +  $\Delta T$  : 1,1°C ;
- + Consommation frigorifique moût : 0,94 kWh.

Remarque : L'abaissement de température est très faible (1°C), ceci est dû au fait que le débit de froid est très bas, ainsi que par le fait que le pressoir ne soit pas entièrement chargé.

### Paramétrage cycle 1

Cp Eau glycolée 30%	3650	J/(kg.°C)	Cp Raisin	3638	J/(kg.°C)
$\rho$ (Eau glycolée 30%)	1120	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ moût de raisin	1080	kg/m <sup>3</sup>
Temps de fonctionnement presse	1,57	h	Volume refroidi	1086	L
Consommation électrique de la presse	11,75	kWh		65	m <sup>3</sup>
Débit du GF	91,67	(L/min)	Débit moyen du Marc	11,55	(L/min)
Débit moyen du GF	5,5	(m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen du Marc	0,693	(m <sup>3</sup> /h)
Moyen T 3	12,23	°C	Moyen T 1	19,50	°C
Moyen T 4	14,67	°C	Moyen T 2	18,88	°C
Production frigorifique cumulé GF	3,48	kWh	Conso frigo cumulé moût	0,69	kWh
Puissance frigorifique moyenne GF	15,26	kW	Indicateur énergétique	1,200	kWh/hL
COP du GF	2,72		Rendement moyen maie	18,7%	
Puissance électrique moyenne électrique GF	5,61	kW	Rendement global maie	19,8%	

### Paramétrage cycle 2

Cp Eau glycolée 30%	3650	J/(kg.°C)	Cp Raisin	3638	J/(kg.°C)
$\rho$ (Eau glycolée 30%)	1120	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ moût de raisin	1080	kg/m <sup>3</sup>
Temps de fonctionnement presse	0,38	h	Volume refroidi	123	L
Consommation électrique de la presse	2,88	kWh		7	m <sup>3</sup>
Débit du GF	91,67	(L/min)	Débit moyen du Marc	5,35	(L/min)
Débit moyen du GF	5,5	(m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen du Marc	0,321	(m <sup>3</sup> /h)
Moyen T 3	12,11	°C	Moyen T 1	19,96	°C
Moyen T 4	13,81	°C	Moyen T 2	18,83	°C
Production frigorifique cumulé GF	0,59	kWh	Conso frigo cumulé moût	0,15	kWh
Puissance frigorifique moyenne GF	1,54	kW	Indicateur énergétique	2,513	kWh/hL
COP du GF	2,72	0	Rendement moyen maie	24,6%	
Puissance électrique moyenne électrique GF	0,57	kW	Rendement global maie	24,7%	

### Paramétrage cycle 3

Cp Eau glycolée 30%	3650	J/(kg.°C)	Cp Raisin	3638	J/(kg.°C)
$\rho$ (Eau glycolée 30%)	1120	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$ moût de raisin	1080	kg/m <sup>3</sup>
Temps de fonctionnement presse	0,35	h	Volume refroidi	57	L
Consommation électrique de la presse	2,63	kWh		3	m <sup>3</sup>
Débit du GF	91,67	(L/min)	Débit moyen du Marc	2,71	(L/min)
Débit moyen du GF	5,5	(m <sup>3</sup> /h)	Débit moyen du Marc	0,163	(m <sup>3</sup> /h)
Moyen T 3	12,20	°C	Moyen T 1	20,82	°C
Moyen T 4	13,54	°C	Moyen T 2	19,02	°C
Production frigorifique cumulé GF	0,43	kWh	Conso frigo cumulé moût	0,11	kWh
Puissance frigorifique moyenne GF	1,22	kW	Indicateur énergétique	4,885	kWh/hL
COP du GF	2,72		Rendement moyen maie	25,6%	
Puissance électrique moyenne électrique GF	0,45	kW	Rendement global maie	26,1%	