Programme "éco énergie lait" - GIE Lait-Viande de Bretagne

ÉVALUATION DES PERFORMANCES ENERGETIQUES DES RECUPERATEURS DE CHALEUR SUR TANK A LAIT

RESULTATS DE LA 1ERE CAMPAGNE D'ESSAIS

1. **Introduction** 2
2. **Conditions d'essais** 3
3. **Présentation des matériels évalués et des conditions d'essai** 5
4. **Méthode d'évaluation globale des récupérateurs de chaleur sur tank à lait** 6
5. **Résultats** 9
6. **Analyse** 10
7. **Conclusion** 15
8. **Contacts** 16
9. **Tables des annexes** 17

Les essais ont été réalisés par le Pôle Cristal de Dinan, centre technique spécialisé dans les techniques du froid et de la climatisation

Avec le soutien de :

Partenaires :

BE Elydhia

1. Introduction

Depuis mi-2009, le GIE Lait-Viande de Bretagne conduit le programme "éco énergie lait", opération de soutien à la diffusion des équipements permettant une réduction de la consommation d'électricité dans les exploitations laitières bretonnes : pré-refroidisseurs de lait et récupérateurs de chaleur sur tank à lait, avec le soutien de l'ADEME et de la Région Bretagne.

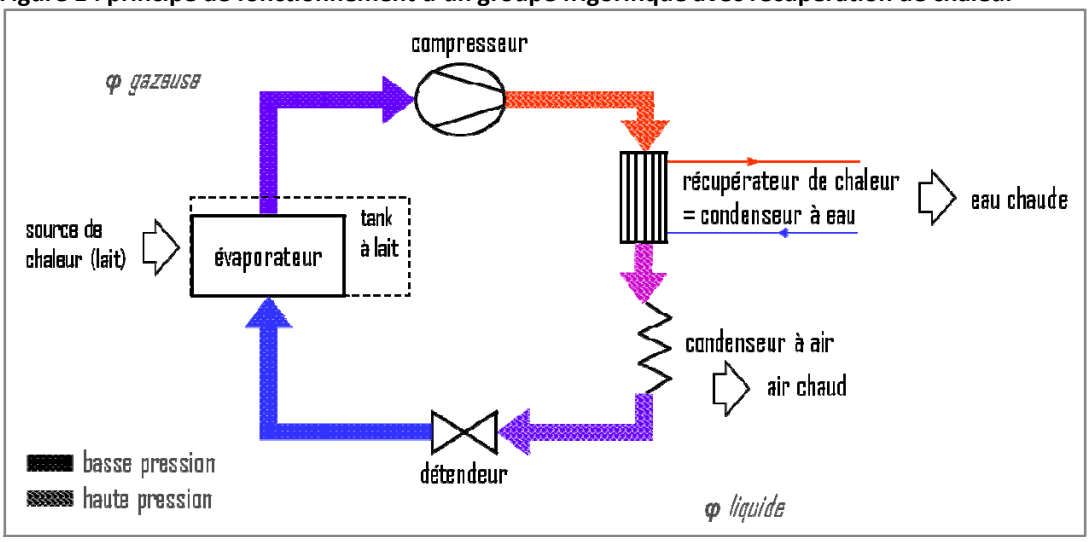
Dans le cadre de cette opération, le Pôle Cristal (centre technique spécialisé dans les techniques du froid et de la climatisation) s'est vu confier la réalisation d'essais destinés à évaluer la performance énergétique des équipements précités.

Ce rapport présente les conditions et résultats de la 1ère campagne d'évaluation des récupérateurs de chaleur sur tank à lait, qui s'est déroulée de mai à septembre 2010.
Cette campagne d'essais a permis d'évaluer 4 modèles différents représentant la majorité des marques présentes sur le marché français, et répartis comme suit :

- 3 récupérateurs de chaleur à plaques (externes) dont un (modèle OPTICOOL – marque GEA) a été évalué dans deux configurations différentes,
- 1 récupérateur de chaleur interne (échangeur intégré à la paroi d'une cuve).

<u>Principe de fonctionnement d'un récupérateur de chaleur sur tank à lait</u>
Implanté sur le groupe frigorifique du tank à lait, en amont du condenseur (cf. Figure 1), le récupérateur de chaleur est un échangeur thermique eau/fluide frigorigène qui permet de préchauffer un volume d'eau froide à une température élevée et ainsi de réduire la consommation initiale d'un chauffe-eau[1] destiné à produire de l'eau chaude sanitaire (ECS) pour le nettoyage des installations de traite (machine à traire et tank à lait).

Figure 1 : principe de fonctionnement d'un groupe frigorifique avec récupération de chaleur



[1]Les consommations associées à la production d'eau chaude sanitaire sont évaluées en considérant des chauffe-eau électriques. Il existe d'autres modes de production qui sont moins représentatifs.

2. Conditions d'essais

Le protocole d'évaluation des matériels (voir annexe 1) a été construit et validé par un Comité Technique constitué d'experts des organismes suivants : Institut de l'Elevage, CROCIT Bretagne, Chambres d'Agriculture de Bretagne, bureau d'études Elydhia, Pôle Cristal et GIE Lait-Viande de Bretagne.

Les essais ont été réalisés dans un contexte maîtrisé permettant d'appliquer aux différents matériels des conditions d'essai identiques (température des fluides, température au niveau du condenseur…), de manière à disposer d'éléments de comparaison fiables.

Voici les principales caractéristiques du banc d'essai :

- tank à lait 2BII de **2 000 litres** (refroidissement de deux traites de 1 000 litres en moins de trois heures), équipé d'un groupe frigorifique de **6 CV**[2] fonctionnant au R404A (un compresseur à pistons avec condenseur mono-ventilateur)
- température ambiante au niveau du condenseur du tank : **+20°C** et **+30°C**
- température du lait introduit dans le tank : **+35°C** (± 1°C)
- volume de lait refroidi : **500 litres** et **1 000 litres**
- volume du ballon de stockage[3] de l'eau : **300 l**
- température de l'eau contenue dans le ballon de stockage : **+12°C** (± 1°C)
- durée de l'essai : temps nécessaire au refroidissement du lait **de +35°C à +4°C**[4]

Chaque matériel s'est vu appliquer deux essais :

- un essai dans des conditions favorables à la récupération de chaleur (voir §2.1),
- un essai dans des conditions moins favorables (intermédiaires) à la récupération de chaleur (voir §2.2).

2.1. Essais réalisés dans des conditions dites « favorables » : 1 000 l / 30°C

Ces essais visent à évaluer le potentiel de récupération de chaleur des matériels dans des conditions qui favorisent la production d'eau chaude :

- Température ambiante élevée au niveau du condenseur (+30°C) donc température de condensation élevée et temps de refroidissement du lait long,
- Refroidissement de 1 000 litres de lait donc quantité de chaleur à évacuer élevée.

De telles conditions peuvent être observées en élevage en période de forte chaleur et/ou de pic de production (le tank à lait est rempli au maximum de sa capacité lors de la collecte).

Ces essais servent également à valider l'absence d'impact sur le temps de fonctionnement des tanks, au regard des exigences de la norme NF EN 13732 (refroidisseurs de lait en vrac à la ferme) en vigueur, qui impose notamment que le lait introduit dans le tank soit refroidi à +4°C en moins de trois heures.

---

[2] Du même ordre de grandeur que la puissance moyenne installée sur les tanks 4BII de 4000 litres

[3] Uniquement pour les échangeurs à plaques. Dans le cas des échangeurs internes, le volume d'eau froide équivaut au volume de la cuve contenant l'échangeur.

[4] Correspond au refroidissement d'une 1ère traite

2.2. Essais réalisés dans des conditions dites « intermédiaires » : 500 l / 20°C

Ces essais visent à apprécier la capacité à produire de l'eau chaude lorsque les conditions ne sont pas particulièrement favorables à la récupération de chaleur :

- Température ambiante moyenne au niveau du condenseur (+20°C) donc température de condensation du fluide frigorigène moins élevée que pour l'essai décrit plus haut et temps de refroidissement du lait plus court,
- Refroidissement de 500 litres de lait donc quantité de chaleur à évacuer plus faible.

De telles conditions peuvent être observées en élevage en période moins chaude ou en période de basse production (le tank à lait n'est pas rempli au maximum de sa capacité lors de la collecte).

Remarque : les conditions de ces deux essais ne constituent pas des bornes haute et basse. Selon la saison et les conditions d'installation du tank (ventilation de la laiterie, position du/des condenseurs dans ou hors de la laiterie, etc.), la température ambiante au niveau du condenseur pourra être supérieure à +30°C ou inférieure à +20°C.

3. Présentation des matériels évalués et des conditions d'essai

Le tableau ci-dessous présente les matériels évalués ainsi que leurs caractéristiques.

Récupérateurs de chaleur évalués			**Système de régulation de la température de l'eau**	**Présence d'un circulateur**	**Système de pilotage de la mise en marche des ventilateurs**
Marque	***Modèle***	***Dimensions***			
Récupérateurs de chaleur à plaques (externes)					
ECOLACTEO	ECOLACTEO AERO	20 plaques	Vanne thermostatique *placée en aval*	oui	Thermostat
GEA	OPTICOOL 10	10 plaques	Calorstat *placé en aval*	oui	Pressostat
GEA	OPTICOOL 10 R	10 plaques	Vanne thermostatique mélangeuse *placée en amont*	oui	Pressostat
SERAP	SERATEMP SP 03	24 plaques	Calorstat *placé en aval*	oui	Pressostat
Récupérateurs de chaleur internes (échangeur intégré à la paroi d'une cuve)					
BOUMATIC	THERMASTOR II-80	Cuve de 300 l	/	non	Pressostat

Observations :

Le **système de régulation de la température de l'eau** consiste à freiner la circulation de l'eau dans l'échangeur tant qu'elle n'a pas atteint une certaine température, au moyen d'une vanne thermostatique[5] standard, mélangeuse ou calorstat[6], suivant le cas, placée en aval ou en amont de l'échangeur (uniquement pour les échangeurs à plaques).

Le **circulateur** permet de faire circuler l'eau dans l'échangeur (uniquement pour les échangeurs à plaques).

Le **système de pilotage de la mise en marche des ventilateurs** consiste à forcer le démarrage ou l'arrêt des ventilateurs à un certain moment. Deux systèmes existent :

- Le pressostat[7] : il déclenche la mise en marche du/des ventilateur(s) lorsque la haute pression (HP) du fluide frigorigène atteint un seuil haut, et son arrêt lorsque cette haute pression atteint un seuil bas.
- Le thermostat[8] : il déclenche la mise en marche du/des ventilateur(s) lorsque l'eau à l'entrée de l'échangeur a atteint une certaine température.

Remarque : dans tous les cas, un pressostat de sécurité ou de régulation intervient en cas d'anomalie pour assurer le refroidissement du lait en toutes circonstances en activant de manière intermittente ou non le/les ventilateur(s). Ces organes de régulation ou de sécurité sont complémentaires à ceux déjà présents sur le groupe frigorifique d'un tank à lait.

NB : Chaque marque possède une gamme de modèles adaptés à différentes puissances frigorifiques. Compte tenu de la configuration du banc d'essai, seul un modèle par gamme a été évalué.

[5] La vanne thermostatique (VT) ne s'ouvre entièrement que lorsque l'eau en circulation a atteint une certaine température, que l'on règle manuellement. La VT mélangeuse permet de mélanger de l'eau froide avec de l'eau préchauffée de façon à ce que la T°C en entrée d'échangeur atteigne la valeur de consigne souhaitée.
[6] Le calorstat fonctionne comme une vanne thermostatique, néanmoins la température-seuil est réglée d'usine
[7] Le pressostat envoie une information électrique lorsque la pression du fluide dépasse un certain seuil (bas et haut)
[8] Le thermostat envoie une information électrique lorsque la température de l'eau a atteint un certain seuil

4. Méthode d'évaluation globale des récupérateurs de chaleur sur tank à lait

Les récupérateurs de chaleur sont principalement évalués au regard de leur performance énergétique sur l'eau chaude sanitaire. D'autres critères permettent d'apprécier les matériels dans leur globalité : l'impact sur les consommations électriques, la modification de la charge en fluide frigorigène ou encore la facilité d'installation.

Ces différents critères sont ensuite rassemblés dans un radar de synthèse, dont la méthode de réalisation est également décrite ci-après.

4.1. Performance énergétique sur l'eau chaude sanitaire (ECS)

La performance énergétique des matériels (**PE**) correspond à l'économie d'électricité générée par le récupérateur de chaleur par rapport à une consommation électrique de référence. La consommation électrique des auxiliaires nécessaires au fonctionnement du récupérateur de chaleur (circulateur) est prise en compte dans le calcul.

La quantité d'énergie de référence (**Énergie_Réf_Eau**) est exprimée en joules et est calculée selon la formule suivante ci-dessous. Il s'agit de l'énergie nécessaire au chauffage du ballon de 300 litres présent sur le banc d'essai de +12°C (±1°C) à +65°C, valeur de température recommandée pour assurer un lavage correct de l'installation de traite.

$$\textbf{Energie_Réf_Eau} = m \times Cp \times \Delta T = m \times Cp \times (T_f - T_i)$$

m : masse en kg du volume d'eau à chauffer (ballon de 300 litres)
Cp : chaleur massique de l'eau (J/kg.K)
ΔT : différence entre la température initiale (T_i= +12°C ±1°C) et la température finale (T_f = +65°C)

La quantité d'énergie récupérée par l'échangeur thermique (le récupérateur de chaleur) est définie par **Énergie_Récup_Eau**. Elle permet d'élever la température de l'eau contenue dans le ballon d'eau chaude sanitaire (ECS) à la température finale **T_f'**. Plus **T_f'** est élevée, moins le chauffe-eau électrique devra fournir d'énergie pour faire l'appoint jusqu'à la température de consigne.

On obtient ainsi :

$$\textbf{Énergie_Récup_Eau} = m \times Cp \times (T_f' - T_i)$$

Enfin, il convient de prendre en compte l'énergie nécessaire au fonctionnement des équipements auxiliaires **Énergie_Aux** comme le circulateur, qui sont indissociables de l'échangeur.

La performance énergétique sur l'eau chaude sanitaire, exprimée en pourcentage, est donc calculée de la façon suivante :

$$PE = \frac{(Energie_{Récup_{Eau}} - Energie_{Aux})}{Energie_Réf_{Eau}}$$

4.2. Impact de la récupération de chaleur sur la consommation électrique du tank à lait

Une fois installé, le récupérateur de chaleur fait partie intégrante du circuit frigorifique du tank à lait. Il constitue un échangeur de chaleur supplémentaire au condenseur déjà présent, ce qui entraîne une modification du fonctionnement du groupe frigorifique et a des conséquences sur la consommation électrique de ce dernier.
Exprimé en pourcentage, le critère « impact sur la consommation électrique du tank » **(Impact Conso Tank)** indique la sur ou sous consommation éventuelle du tank liée à la récupération de chaleur.

La formule de calcul est la suivante :

$$Impact\ Conso\ Tank = \frac{Conso\ tank\ avec\ récupérateur\ de\ chaleur\ (Wh/l\ lait)}{Conso\ tank\ sans\ récupérateur\ de\ chaleur\ (Wh/l\ lait)}$$

Les consommations de référence du tank à lait sans récupérateur de chaleur ont été mesurées en amont de la campagne d'essais. Elles sont les suivantes :

- Dans les conditions d'essais dites « favorables » (+30°C au condenseur, traite de 1 000 litres) : **17,02 Wh/l lait**,
- Dans les conditions d'essais dites « intermédiaires » (+20°C au condenseur, traite de 500 litres) : **15,08 Wh/ l lait**.

4.3. Facilité d'installation et d'utilisation

La facilité d'installation et d'utilisation **(IU)** est jugée notamment au regard du temps passé à la mise en place du matériel, du nombre et de la qualité des raccords, de la présence ou non de purges sur les circuits du fluide frigorigène et de l'eau, etc.,

4.4. Modification de la charge en fluide frigorigène

L'implantation d'un récupérateur de chaleur sur le groupe frigorifique d'un tank à lait nécessite d'augmenter la charge en fluide frigorigène initiale. La quantité de fluide rajoutée varie en fonction du type d'échangeur, de son lieu d'implantation (compact ou déporté) ainsi que du modèle.

Ce critère **(FF)** donne une indication sur la quantité de fluide frigorigène qui a été rajoutée lors des essais. Bien entendu, cette surcharge dépend des conditions d'installation et se réfère dans le cas présent aux conditions d'essais qui sont les suivantes :

- Groupe frigorifique déporté (pour les besoins des essais),
- Implantation du récupérateur de chaleur déportée.

$$\mathrm{FF} = \frac{Charge\ en\ fluide\ frigorigène\ effectuée\ pour\ les\ essais(kg)}{Charge\ en\ fluide\ frigorigène\ initiale\ (kg)}$$

NB : la charge initiale en fluide frigorigène tient déjà compte de la déportation du groupe frigorifique. Par ailleurs, tous les échangeurs ont été installés à une distance du groupe froid équivalente.

4.5. Radar de synthèse

Chaque récupérateur de chaleur est évalué selon les quatre critères évoqués ci-dessus, qui sont ensuite rassemblés dans un radar composé de 4 branches dont l'échelle varie de 0 à 1 (le point central correspond à la valeur 0).

Le sens donné à chaque axe est indiqué ci-dessous :

	0 → **1**	
PE	faible	élevée
Impact conso tank	consommation augmentée	consommation réduite
IU	mauvaise	bonne
Surcharge FF	élevée	faible

L'évaluation globale d'un équipement est d'autant plus positive que l'aire totale du radar est importante (voir exemples ci-dessous).

Figure 2 : exemple de radar de synthèse pour un récupérateur de chaleur dont l'évaluation est globalement positive

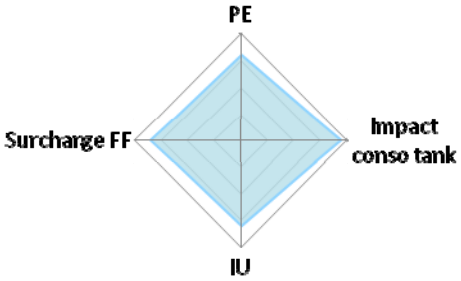
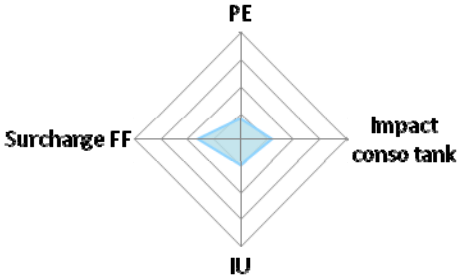


Figure 3 : exemple de radar de synthèse pour un récupérateur de chaleur dont l'évaluation est globalement négative



5. Résultats

À chaque matériel sont associés deux résultats ; l'un correspond à l'essai réalisé dans des conditions dites « favorables » et l'autre correspond à l'essai réalisé dans des conditions dites « intermédiaires ». Les résultats sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous et présentés par ailleurs dans des fiches de synthèse (voir table des annexes).

Type d'échangeur	*Marque*	*Modèle*	*Conditions d'essai*	*T°C finale eau (T_f')*	*PE : performance énergétique sur l'eau chaude sanitaire*	*Consommation auxiliaires (Wh/l lait)*	*Consommation tank* [9]		*Temps de refroidissement*	
							(Wh/l lait)	*écart / tank réf*	*(minutes)*	*écart / tank réf*
A plaques (externe)	**ECOLACTEO**	**ECOLACTEO AERO**	*Favorables*	67,2°C	**103,3 %** [10]	0,17	15,51	*- 8 %*	143	*+ 1%*
			Intermédiaires	53,0°C	76,1 %	0,16	13,19	*- 13 %*	67	*- 2 %*
	GEA	**OPTICOOL 10**	*Favorables*	60,3°C	**91,6 %**	0,09	15,81	*- 7 %*	142	*- 1 %*
			Intermédiaires	41,6°C	55,9 %	0,07	13,54	*- 10 %*	63	*- 6 %*
	GEA	**OPTICOOL 10 R**	*Favorables*	56,9°C	**85,6 %**	0,08	15,66	*- 8 %*	132	*- 11 %*
			Intermédiaires	31,7°C	37,9 %	0,08	13,97	*- 7 %*	63	*- 6 %*
	SERAP	**SERATEMP SP 03**	*Favorables*	60,3°C	**91,4 %**	0,06	15,47	*- 9 %*	144	*+ 1%*
			Intermédiaires	45,1°C	61,5 %	0,06	15,17	*+ 1 %*	74	*+ 5%*
Interne (intégré à la cuve)	**BOUMATIC**	**THERMASTOR II-80**	*Favorables*	57,7°C	**85,6 %**	/	16,20	*- 5 %*	135	*- 8 %*
			Intermédiaires	36,2°C	45,5 %	/	14,08	*- 7 %*	63	*- 6 %*

Important : ces résultats sont indissociables des conditions d'essai dans lesquelles les équipements ont été évalués. Leurs valeurs absolues ne doivent pas être considérées hors de ce contexte.

[9] La valeur indiquée ne tient pas compte de la consommation inter-traite de 0,64 Wh/l lait

[10] La performance est supérieure à 100% car l'eau a été chauffée à une température supérieure à la valeur de référence (+65°C)

6. Analyse

La performance énergétique[1] des matériels testés est comprise **entre 86 % et 103 %** pour les essais réalisés en conditions dites « favorables », et entre **76 % et 38 %** pour les essais réalisés en conditions dites « intermédiaires ». Les valeurs moyennes s'élèvent respectivement à **92 % et 55 %**.

6.1. Remarques générales

- Retour sur les conditions d'essais

Les matériels ont tous subi deux essais : le premier dans des conditions dites « favorables » et le second dans des conditions dites « intermédiaires », dans l'objectif d'évaluer la capacité de récupération de chaleur dans des conditions significativement différentes (cf Annexe 1 page 3).

Selon la saison et le taux de remplissage du tank à lait, les performances énergétiques des matériels en élevage se rapprocheront plus ou moins de l'une ou l'autre de ces deux situations.
Bien entendu, elles pourront les dépasser en périodes de forte chaleur, lorsque la température au condenseur dépasse les +30°C. A l'inverse, les performances pourront être inférieures aux résultats les plus bas présentés dans ce rapport en périodes hivernales, lorsque les températures extérieures sont basses (l'effet de la température extérieure sera encore plus marqué dans les cas où le/les condenseur(s) sont placés en extérieur).

D'une façon générale, plus la température au niveau du condenseur (en lien avec la température extérieure) est élevée, et plus la quantité de lait à refroidir est élevée au regard de la quantité d'eau à préchauffer, plus la récupération de chaleur sera importante.

- Consommation du chauffe-eau sanitaire

L'objectif premier d'un récupérateur de chaleur est de préchauffer l'eau chaude sanitaire afin de réduire la quantité d'énergie nécessaire au chauffe-eau pour atteindre la température voulue (+65°C en règles générales).
Il est à noter que :

- La consommation de référence utilisée pour le calcul de la performance énergétique est celle d'un chauffe-eau électrique (situation la plus fréquemment rencontrée en élevages laitiers). Dans les cas où le chauffage de l'eau sanitaire est assuré par autre système (gaz, solaire, etc), l'économie générée par le récupérateur de chaleur pourra être différente.
- Cette consommation électrique de référence ne tient pas compte des conditions de stockage et d'utilisation de l'eau chaude ; par conséquent elle n'intègre pas les déperditions de chaleur et l'éventuelle baisse de performance du chauffe-eau liée à la durée de vie (dépôts de tartre…). Selon les cas, la consommation réelle du chauffe-eau (à capacité égale) pourra différer de cette valeur de référence, en fonction de la nature du chauffe-eau mais également de la consommation journalière d'eau chaude au regard de sa capacité.
- La consommation électrique de référence du chauffe-eau est une valeur *théorique*. En raison de la stratification thermique observée dans un chauffe-eau, la consommation nécessaire pour faire l'appoint sera influencée par la hauteur d'introduction de l'eau préchauffée dans le chauffe-eau.

[1] La performance énergétique tient compte des consommations auxiliaires liées au récupérateur de chaleur (circulateur)

6.2. Impact du récupérateur de chaleur sur le fonctionnement du tank à lait

Le tank à lait utilisé pour les essais a été instrumenté de façon à connaître précisément l'impact des récupérateurs de chaleur sur son fonctionnement. Ainsi, les pressions de fonctionnement, durée de refroidissement du lait ou encore consommation électrique ont été comparées avec les valeurs d'essais menés sans récupérateur de chaleur.

Dans la grande majorité des cas constatés lors des essais, l'implantation d'un récupérateur de chaleur sur le groupe frigorifique du tank à lait a conduit à :

- **Une baisse des pressions de fonctionnement** de ce dernier de l'ordre de 1,4 bar en moyenne
  Exemple : dans les conditions dites favorables, la pression de refoulement (HP) moyenne en présence de récupérateur était inférieure de 4,2 bars à la HP relevée en absence de récupérateur de chaleur (valeurs observées pour une température de « lait » comprise entre +35°C et +20°C). Dans les conditions dites intermédiaires cette valeur passe à 1,4 bars.
- **Une diminution du temps de refroidissement du lait** de 3,3 minutes en moyenne, plus marquée dans les conditions d'essai « intermédiaires » que dans celles « favorables ».
- **Une réduction de la consommation électrique du tank** de 7% en moyenne (valeur maximale observée : 13% de réduction).

Ces observations permettent de dire que les récupérateurs de chaleur – sous réserve qu'ils soient correctement implantés – améliorent les conditions de fonctionnement du tank à lait et au-delà, réduisent les risques d'usure et de casse des compresseurs.

6.3. Facteurs d'influence sur la performance énergétique des récupérateurs de chaleur

Les essais ont permis de mettre en évidence les principaux facteurs qui influent sur la performance énergétique des récupérateurs de chaleur.

- La température ambiante au niveau du condenseur

Une température ambiante élevée au niveau du condenseur du groupe frigorifique implique une température de condensation du fluide frigorigène élevée et donc des pressions de fonctionnement plus élevées, ce qui se traduit par un temps de refroidissement plus long (et en conséquence, par une augmentation de la consommation électrique).

Pour tous les modèles, ces conditions favorisent la récupération de chaleur. Il ne faut néanmoins pas perdre de vue que la vocation première d'un tank à lait est de refroidir le lait le plus rapidement possible, et non pas de produire de l'eau chaude. Par conséquent la récupération de chaleur ne doit pas être un motif pour pénaliser le fonctionnement du tank, ce qui serait par ailleurs préjudiciable pour ce dernier.
Les essais montrent que les performances des récupérateurs sont bonnes sans qu'il y ait besoin de modifier le fonctionnement du tank. A contrario, le récupérateur de chaleur permet d'en améliorer les conditions : pressions de fonctionnement plus basses, durée de refroidissement réduite.

- Le ratio lait à refroidir / eau à préchauffer

L'énergie récupérée par le récupérateur de chaleur provient des calories contenues dans le lait. Plus la quantité de lait à refroidir est élevée au regard de la quantité d'eau à préchauffer, plus celle-ci atteindra une température élevée en fin de refroidissement du lait.

La quantité d'eau utilisée pour le nettoyage des installations étant relativement constante au cours de l'année, on peut en déduire que la performance énergétique du récupérateur de chaleur sera a priori meilleure en période de pic de production, lorsque le ratio lait à refroidir / eau à préchauffer est plus élevé.

NB : lorsque le lait est pré-refroidi avant d'être introduit dans le tank, il contient moins de calories et le potentiel de récupération est donc plus faible.

- La surface d'échange

La surface d'échange d'un échangeur thermique est l'un des facteurs qui impacte la performance d'un récupérateur de chaleur : les essais montrent que les matériels ayant les plus grandes surfaces d'échange obtiennent de meilleures performances que les plus petits (cas des échangeurs à plaques), notamment dans les conditions dites « intermédiaires ».

- La température de l'eau à l'entrée de l'échangeur

La récupération de chaleur est favorisée par un écart de température important entre le fluide frigorigène et l'eau introduite dans l'échangeur.
Dans les cas des échangeurs à plaques équipés d'un système de régulation de la température de l'eau placé en aval de l'échangeur (vanne thermostatique ou calorstat), la température de l'eau à l'entrée de l'échangeur correspond à la température de l'eau prélevée dans le ballon de stockage. Tant que cette température est basse (environ +12°C), l'élévation de température est de l'ordre de 40°C en moyenne. Dès que la température à l'entrée de l'échangeur augmente (mélange d'eau froide et d'eau déjà préchauffée), l'élévation de température diminue régulièrement.

Les dimensions du ballon de stockage doivent être adaptées au besoin en eau chaude sanitaire de l'élevage : si les besoins sont faibles au regard de la quantité de lait refroidie on pourra obtenir une eau très chaude puisque l'eau contenue dans le ballon de stockage passera plus d'une fois dans l'échangeur.

- Le débit de l'eau dans l'échangeur (uniquement pour les modèles à plaques)

Dans le cas des récupérateurs de chaleur à plaques, la circulation de l'eau dans l'échangeur est assurée par un circulateur placé en aval.
La vitesse du circulateur est fixe, mais le débit de l'eau peut varier au cours du cycle de refroidissement en fonction des pertes de charges, liées notamment au système de régulation de la température de l'eau (calorstat, vanne thermostatique…) et son emplacement sur le circuit.

La mise en circulation de l'eau permet d'évacuer les calories qui lui sont transmises au sein de l'échangeur. Plus le débit est important, plus vite les calories sont évacuées et l'eau préchauffée remplacée par de l'eau froide, et meilleur est l'échange thermique car le différentiel de température reste élevé (à surface d'échange et température d'entrée de l'eau égale).
Il est à noter que, contrairement au cas des pré-refroidisseurs de lait, l'échange thermique de la récupération de chaleur fonctionne en circuit fermé. Cela implique que la température de l'eau à l'entrée de l'échangeur évolue lorsque la totalité de l'eau contenue dans le ballon de stockage est passée une première fois dans l'échangeur. L'intérêt du système de régulation de la température de l'eau est de réguler le débit d'eau.

6.4. Fonctionnement des différents systèmes de récupération de chaleur

- Le récupérateur de chaleur : un deuxième échangeur de chaleur pour évacuer les calories du fluide frigorigène

Un récupérateur de chaleur joue le rôle de deuxième échangeur de chaleur entre le compresseur et le détendeur (voir Figure 1 : principe de fonctionnement d'un groupe frigorifique avec récupération de chaleur).

Il a été observé sur le banc d'essai que tous les modèles évalués récupèrent de la chaleur du fluide frigorigène pendant la phase de désurchauffe (lorsque le fluide frigorigène est à l'état de vapeurs surchauffées).
En phase de condensation et tant qu'il reste de l'eau froide dans le ballon de stockage, un seul modèle récupère la totalité de la chaleur car les ventilateurs sont volontairement mis à l'arrêt. Sur les autres modèles, la chaleur est récupérée plus ou moins partiellement ; le condenseur ventilé termine la condensation des gaz qui n'auraient pas été condensés dans l'échangeur.
Lorsque la condensation a été complète dans l'échangeur, les ventilateurs peuvent éventuellement s'arrêter momentanément, ceci en fonction du système de régulation ainsi que des conditions ambiantes.

Dans tous les cas constatés lors des essais, la présence d'un récupérateur de chaleur permet d'augmenter la capacité de condensation du fluide frigorigène et par là entraîne une baisse des pressions de fonctionnement du tank à lait. La conséquence directe de ce phénomène est une baisse de la consommation électrique du tank, et à plus long terme une moindre usure du ou des compresseur(s).

- Evolution de la température de l'eau au cours du refroidissement

La température de l'eau préchauffée évolue différemment selon le type d'échangeur et le système de régulation choisi.
NB : d'autres facteurs interviennent également dans l'évolution de la température de l'eau.

- Dans le cas des **échangeurs à plaques**, on fait passer l'eau contenue dans le ballon de stockage dans l'échangeur à plaques au moyen d'un circulateur. Sur le banc d'essai, l'eau est soutirée en bas du ballon de stockage et réintroduite en haut de celui-ci. Lorsque la quasi-totalité de l'eau contenue dans le ballon est passée une première fois dans l'échangeur, le volume d'eau est préchauffé et la température de l'eau à l'entrée de l'échangeur s'élève. L'échange de chaleur entre l'eau et le fluide frigorigène devient moins efficace et la récupération de chaleur est moindre. La température de l'eau qui circule dans l'échangeur continue néanmoins à s'élever. Ainsi, plus le volume du ballon est petit au regard de la puissance du groupe frigorifique, plus vite l'eau sera préchauffée et plus élevée sera sa température finale.
NB : le fonctionnement est légèrement différent lorsque la régulation de la température est effectuée au moyen d'une vanne thermostatique mélangeuse.

Illustration : en conditions dites « favorables », on obtient dès les premières minutes du refroidissement du lait une eau préchauffée *en sortie d'échangeur* à une température comprise entre 46°C et 60°C selon les modèles. Cette température augmente progressivement pour atteindre entre 59°C et 68°C selon les modèles en fin de refroidissement.

En conditions dites « intermédiaires », on obtient respectivement des températures comprises entre 48°C et 55°C et entre 41°C et 55°C ; elles sont restées stables tout au long du refroidissement pour les deux modèles régulés par un calorstat, tandis qu'elles ont varié à la hausse pour le modèle régulé par une vanne thermostatique et à la baisse pour le modèle régulé par une vanne thermostatique mélangeuse.

- Dans le cas des **échangeurs internes**, intégrés à la paroi du ballon, il est plus difficile d'appréhender précisément le mode de fonctionnement au cours du refroidissement du lait. L'échange thermique a lieu au niveau de la paroi où est situé l'échangeur (en général dans la partie basse du ballon). L'élévation de la température de l'eau au contact du fluide frigorigène chaud entraîne une diminution de sa masse volumique et ainsi une circulation du volume d'eau : l'eau chaude, moins dense, progressera vers le haut du ballon et sera remplacée par de l'eau plus froide (phénomène de convection naturelle).

6.5. Charge en fluide frigorigène

L'implantation d'un récupérateur de chaleur sur tank à lait nécessite d'augmenter la quantité de fluide frigorigène présente dans le circuit frigorifique. La charge supplémentaire doit prendre en compte le volume de l'échangeur ainsi que les modifications apportées au circuit (canalisations plus longues, coudes, réservoir liquide, etc.).

Une attention particulière devra être portée lors de l'installation du récupérateur de chaleur sur le complément de charge en fluide frigorigène à apporter. En effet, une charge insuffisante est préjudiciable au bon fonctionnement du tank à lait (elle entraîne notamment une augmentation du temps de refroidissement du lait). L'utilisation d'un indicateur de charge (du type voyant liquide) peut, dans certains cas, permettre de détecter une insuffisance de charge.

7. Conclusion

7.1. Retour sur les essais

Les essais réalisés au Pôle Cristal ont vocation à évaluer les performances énergétiques des matériels sur une base commune, et au-delà, à identifier leurs spécificités et variables d'ajustement.

Les différents matériels ont tous subi deux essais : l'un réalisé dans des conditions plutôt favorables à la récupération de chaleur (température élevée au condenseur, quantité de lait refroidi importante), l'autre dans des conditions moins favorables/intermédiaires (température au condenseur plus basse, quantité de lait refroidi plus faible). L'objectif était d'évaluer le potentiel de récupération de chaleur des matériels, ainsi que leur capacité à préchauffer l'eau chaude sanitaire dans des conditions a priori moins propices à la récupération de chaleur.

L'instrumentation en place a permis de mesurer l'impact des matériels sur le fonctionnement du tank à lait. Les résultats obtenus pourront répondre aux nombreuses interrogations qui existent à ce sujet.

La majorité des essais a montré que la détermination de la charge optimale était délicate, et pourtant très influente sur les résultats. Les préconisations de complément de charge en valeur fixe semblent insuffisantes, et mériteraient d'être complétées par des protocoles de validation intégrant des mesures sur site pour vérifier ce paramètre (par exemple : utilisation des voyants liquides).

7.2. Conclusion générale

De façon générale, les essais réalisés au cours de cette première campagne d'évaluation des récupérateurs de chaleur ont révélé de bons résultats en termes de performance énergétique : l'économie d'énergie sur le chauffage de l'eau est de **92% en moyenne** (valeurs comprises entre 86% et 103% selon les modèles) dans des conditions plutôt favorables à la récupération de chaleur, et de 55% en moyenne (valeurs comprises entre 38% et 76% selon les modèles) dans des conditions intermédiaires.

Dans les conditions d'essais, les récupérateurs de chaleur ont permis de préchauffer les 300 litres du ballon de stockage à une **température moyenne de +60°C** [57°C-67°C] (conditions « favorables »). Cette moyenne passe à +42°C [32°C-53°C] lorsque les conditions sont moins favorables à la récupération de chaleur.

Au-delà de la performance énergétique sur le chauffage de l'eau sanitaire, les récupérateurs de chaleur ont conduit à une diminution de la durée de refroidissement du lait, associée à une **réduction de la consommation électrique du tank à lait**. Cela résulte d'une baisse des pressions de fonctionnement du tank à lait, qui indique par ailleurs une moindre usure des compresseurs du groupe frigorifique.

Bien entendu, les performances indiquées dans ce rapport correspondent à des conditions d'essai précises (cf protocole d'essai en annexe 1) ; aussi leurs valeurs absolues devront-elles systématiquement être replacées dans leur contexte. **Une transposition directe en élevage des performances mesurées conduirait à des erreurs qui peuvent être significatives.**

Les fiches synthèse individuelles permettent d'apprécier les matériels au travers d'autres critères que leur seule performance énergétique (voir annexe 2). Dans tous les cas, l'état des lieux de la situation en élevage est nécessaire pour la prescription du matériel le plus adapté : dimensionnement, accessoires, etc.

8. Contacts

- Coordination du programme "éco énergie lait" : GIE Lait-Viande de Bretagne
  Mélanie LOOBUYCK – Chargée de mission
  Tel : 02 23 48 29 00
  Mél : eco.energie.lait@gielaitviandebretagne.fr

- Réalisation des essais : Pôle Cristal de Dinan
  Frédéric BAZANTAY – Directeur
  Maël PERON – Ingénieur études et projets
  Tel : 02 96 87 20 00
  Mél : contact@pole-cristal.tm.fr

9. Tables des annexes

Annexe 1 : protocole d'évaluation des performances énergétiques des récupérateurs de chaleur sur tank à lait

Annexes suivantes: fiches de synthèse des résultats d'essais

Récupérateurs de chaleur sur tank à lait évalués			**N° annexe**
Marque	**Modèle**	**Type échangeur**	
BOUMATIC	THERMASTOR II-80	Interne (cuve de 303 l)	RC_1
ECOLACTEO	ECOLACTEO AERO	à plaques (20)	RC_2
GEA	OPTICOOL 10	à plaques (10)	RC_3
GEA	OPTICOOL 10 R	à plaques (10)	RC_4
SERAP	SERATEMP SP 03	à plaques (24)	RC_5

Annexe 1

Programme "éco énergie lait" - GIE Lait-Viande de Bretagne

PROTOCOLE TECHNIQUE D'EVALUATION DES PERFORMANCES ENERGETIQUES DES RECUPERATEURS DE CHALEUR SUR TANK A LAIT

VERSION 2

1) Matériel en test 2

2) Banc d'essai 2

3) Déroulement des essais 3

3.1) Installation et démontage 3

3.2) Essais réalisés 3

3.3) Durée des essais 3

3.4) Mesures effectuées 3

4) Évaluation des performances énergétiques 4

5) Schéma de l'installation 5

La réalisation des essais est confiée au Pôle Cristal de Dinan, centre technique spécialisé dans les technologies du froid et de la climatisation

Avec le soutien de :

Partenaires :

BE Elydhia

1) Matériel en test

Le kit mis à disposition par les constructeurs/distributeurs doit contenir le récupérateur de chaleur, interne ou externe (à plaques), ainsi que l'ensemble des accessoires nécessaires au raccordement du matériel au refroidisseur de lait (se référer au matériel en présence sur le banc d'essai) ainsi qu'à son bon fonctionnement, compte tenu de la configuration du banc d'essai proposée.

Tous les éléments contenus dans le kit doivent être des appareils de série, identiques à ceux distribués en France.

Le kit en essai doit impérativement être livré avec une documentation technique détaillée incluant les notices d'installation, d'utilisation et d'entretien.

2) Banc d'essai

Côté « lait » :

Matériel en présence :

- Un tank à lait de 2 000 litres de catégorie 2 BII (refroidissement de deux traites de 1 000 litres en moins de trois heures) équipé d'un groupe frigorifique d'une puissance de 6 CV fonctionnant au R404 et d'un ventilateur,
- Une solution de « lait » composée d'eau et de THERMERA AC respectivement dans les proportions suivantes : 59% et 41% (la solution est caractérisée par une viscosité et une conductivité thermique proches de celles du lait),
- Une pompe à chaleur réversible pour maintenir la solution de lait à une température de +35°C (+/-1°C),
- Une cuve de 2 000 litres pour stocker la solution de lait,
- Une pompe de circulation permettant le retour de la solution de lait du tank vers la cuve de stockage.

Côté groupe frigorifique :

Matériel en présence :

- Un ballon de 300 litres pour le stockage de l'eau (dédié aux systèmes à plaques),
- Une chambre frigorifique permettant de maintenir une température constante autour du condenseur.

Côté eau « du réseau » :

Matériel en présence :

- L'eau est fournie à une température de +12°C (+/-1°C).

3) Déroulement des essais

3.1) Installation et démontage

L'installation et le démontage du kit contenant le récupérateur de chaleur sur tank à lait sont effectués conjointement par un technicien du Pôle Cristal et un technicien de la marque en essai. Toutes les interventions sur le circuit frigorifique sont exclusivement effectuées par un technicien du Pôle Cristal.

Le récupérateur de chaleur en test doit être conforme aux prescriptions habituellement faites en fonction de la puissance du groupe frigorifique proposée sur le banc d'essai (tank 2BII avec groupe de 6 CV).

NB : lors des essais il n'est pas tenu compte de l'encrassement des plaques par l'eau chargée en particules

3.2) Essais réalisés

Pour tous les essais, il s'agira de refroidir un volume de lait de +35°C à +4°C, correspondant à une première traite.

Deux essais sont proposés pour déterminer les performances du kit en essai :

	Volume de la traite	Température d'entrée d'air au condenseur
Essai 1	1 000 litres	**+ 30°C** (+/-1°C)
Essai 2	500 litres	**+ 20°C** (+/-1°C)

3.3) Durée des essais

La durée totale d'évaluation d'un matériel est estimée à trois jours :

- 1 journée d'installation,
- 1 ½ journée de tests et récupération de données,
- ½ journée de démontage.

Cette durée est susceptible de varier selon les matériels et les aléas rencontrés.

3.4) Mesures effectuées

- Durée de refroidissement de la solution de lait de +35°C à +4°C,
- Consommation électrique du tank (pour comparaison avec la situation sans récupérateur de chaleur),
- Températures et pression sur circuit frigorifique :
  - Aspiration compresseur,
  - Refoulement compresseur,
  - Sortie récupérateur de chaleur,
  - Liquide avant détente,
- Température de l'eau à l'entrée et à la sortie du récupérateur de chaleur,
- Température de l'eau dans le ballon,
- Débit d'eau en sortie du récupérateur de chaleur.

4) Évaluation des performances énergétiques

Il s'agit de performances énergétiques *théoriques*, basées sur des mesures effectuées dans des conditions fixes. Il est bien entendu que les performances réelles des matériels observées in situ pourront être soumises à d'autres facteurs.

La quantité de chaleur récupérée lors d'un cycle de fonctionnement sera déterminée en fonction du débit et de la température moyenne de l'eau en sortie du ballon de stockage lors d'une vidange totale.

Les mesures effectuées et cette quantité de chaleur seront exploitées pour déterminer plusieurs indicateurs pris en compte dans l'évaluation globale du récupérateur de chaleur :

- Quantité de chaleur récupérée,
- Température finale de l'eau préchauffée,
- Coefficient de performance du récupérateur de chaleur :

$$\frac{\text{Quantité de chaleur récupérée}}{\text{Consommation du tank + Consommations auxiliaires}}$$

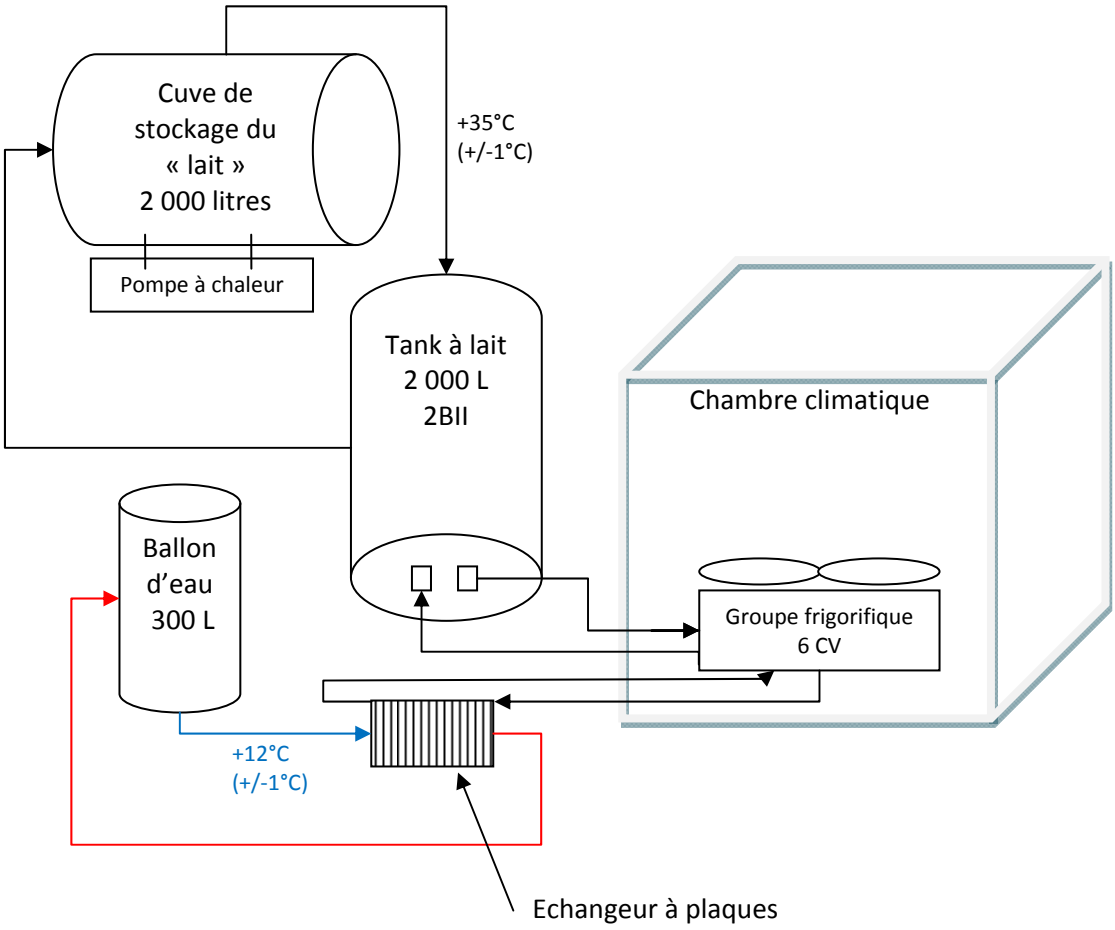
- Influence sur la consommation électrique du tank (en fonction des courbes de référence),
- Influence sur le régime de fonctionnement du cycle frigorifique,
- Facilité d'installation, d'utilisation et de maintenance du matériel.

La performance énergétique du récupérateur de chaleur sera exprimée en pourcentage d'économie électrique sur le chauffage de l'eau sanitaire à +65°C (température de référence : eau à +12°C).

Les résultats d'essai seront présentés dans deux documents distincts : une fiche de résultats et un rapport d'essai.

Les éléments contenus dans ce document sont susceptibles d'être modifiés à l'issue des campagnes d'essais de validation, et en fonction des arbitrages du comité technique et du comité de pilotage.

5) Schéma de l'installation



<u>Cas des échangeurs de chaleur internes :</u>
Le ballon contenant l'échangeur est installé à la place de l'échangeur à plaques sur le schéma. Le ballon de 300 L n'est pas utilisé.

Fiches de synthèse des résultats d'essais

réalisés sur les récupérateurs de chaleur sur tank à lait

Récupérateurs de chaleur sur tank à lait évalués			**N° annexe**
Marque	**Modèle**	**Type échangeur**	
BOUMATIC	THERMASTOR II-80	Interne (cuve de 303 l)	RC_1
ECOLACTEO	ECOLACTEO AERO	à plaques (20)	RC_2
GEA	OPTICOOL 10	à plaques (10)	RC_3
GEA	OPTICOOL 10 R	à plaques (10)	RC_4
SERAP	SERATEMP SP 03	à plaques (24)	RC_5

Evaluation des performances énergétiques des récupérateurs de chaleur sur tank à lait

RC_1

Fiche synthèse de résultats

Descriptif du récupérateur de chaleur sur tank à lait

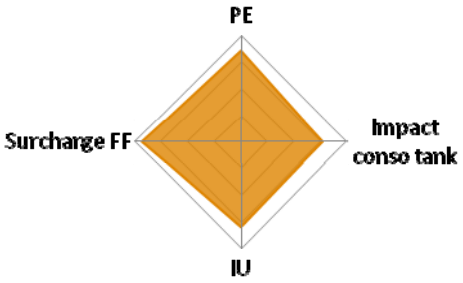
Marque	**BOUMATIC**
Modèle	**THERMASTOR II-80** (cuve de 303 litres)
Caractéristiques	Echangeur intégré à la cuve de stockage, pressostat

Conditions d'essais et résultats

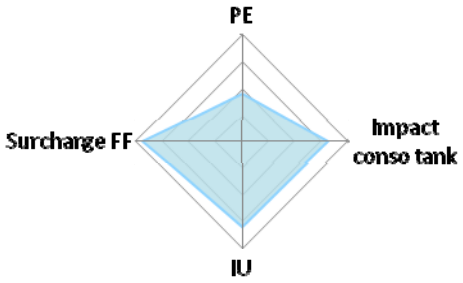
Les résultats complets sont présentés dans le rapport d'essais		**Essai 1** Situation « favorable »	**Essai 2** Situation « intermédiaire »
Conditions d'essais	Volume de traite refroidi *(dans un tank 2BII de 2000 litres, 1 groupe de 6 CV)*	1 000 litres	500 litres
	T°C ambiante au niveau du condenseur	+30°C	+ 20°C
Résultats	T°C finale de l'eau préchauffée	57,7 °C	36,2 °C
	Performance énergétique sur la production d'ECS *(référence : 300 litres d'eau chauffés de 12°C à 65°C)*	**85,6 %**	**45,5 %**

Évaluation multi-factorielle

Situation « favorable »



Situation « intermédiaire »



ECS : eau chaude sanitaire ----- **PE** : performance énergétique sur la production d'ECS (intègre la consommation éventuelle du circulateur) ----- **Impact conso tank** : impact du récupérateur de chaleur sur la consommation électrique du tank à lait ----- **IU** : facilité d'installation et d'utilisation ----- **Surcharge FF** : surcharge en fluide frigorigène liée au récupérateur de chaleur

Les performances indiquées sont des performances théoriques, mesurées dans des conditions précises*
Compte tenu de la variabilité des conditions rencontrées dans les élevages laitiers, une transposition directe des résultats en élevage serait erronée

** le protocole d'essai est disponible sur simple demande auprès du GIE Lait-Viande de Bretagne*

Contacts :

- Coordination du programme "éco énergie lait" :
  GIE Lait-Viande de Bretagne
  02 23 48 29 00
  eco.energie.lait@gielaitviandebretagne.fr
- Réalisation des essais :
  Pôle Cristal de Dinan
  02 96 87 20 00
  contact@pole-cristal.tm.fr

Partenaires techniques et financiers :

BE Elydhia

Version Janvier 2011

Evaluation des performances énergétiques des récupérateurs de chaleur sur tank à lait

RC_2

Fiche synthèse de résultats

Descriptif du récupérateur de chaleur sur tank à lait

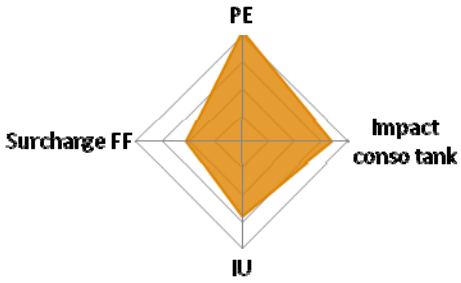
Marque	**ECOLACTEO**
Modèle	**ECOLACTEO AERO** (20 plaques)
Caractéristiques	Circulateur, vanne thermostatique + thermostat, réservoir liquide

Conditions d'essais et résultats

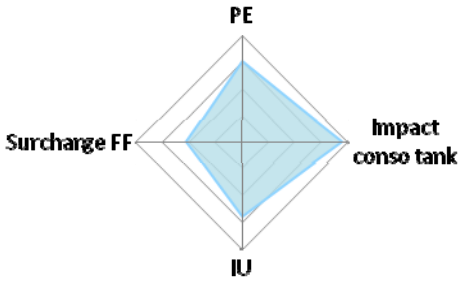
Les résultats complets sont présentés dans le rapport d'essais		**Essai 1** Situation « favorable »	**Essai 2** Situation « intermédiaire »
Conditions d'essais	Volume de traite refroidi *(dans un tank 2BII de 2000 litres, 1 groupe de 6 ch)*	1 000 litres	500 litres
	T°C ambiante au niveau du condenseur	+30°C	+ 20°C
Résultats	T°C finale de l'eau préchauffée	67,2 °C	53,0 °C
	Performance énergétique sur la production d'ECS *(référence : 300 litres d'eau chauffés de 12°C à 65°C)*	**103,3 %**	**76,1 %**

Évaluation multi-factorielle

Situation « favorable »



Situation « intermédiaire »



ECS : eau chaude sanitaire ----- **PE** : performance énergétique sur la production d'ECS (intègre la consommation éventuelle du circulateur) ----- **Impact conso tank** : impact du récupérateur de chaleur sur la consommation électrique du tank à lait ----- **IU** : facilité d'installation et d'utilisation ----- **Surcharge FF** : surcharge en fluide frigorigène liée au récupérateur de chaleur

Les performances indiquées sont des performances théoriques, mesurées dans des conditions précises*
Compte tenu de la variabilité des conditions rencontrées dans les élevages laitiers, une transposition directe des résultats en élevage serait erronée

** le protocole d'essai est disponible sur simple demande auprès du GIE Lait-Viande de Bretagne*

Contacts :

- Coordination du programme "éco énergie lait" :
  GIE Lait-Viande de Bretagne
  02 23 48 29 00
  eco.energie.lait@gielaitviandebretagne.fr
- Réalisation des essais :
  Pôle Cristal de Dinan
  02 96 87 20 00
  contact@pole-cristal.tm.fr

Partenaires techniques et financiers :

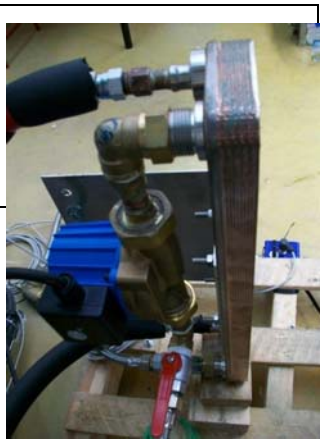
BE Elydhia

Version Janvier 2011

RC_3

Evaluation des performances énergétiques des récupérateurs de chaleur sur tank à lait

Fiche synthèse de résultats



Descriptif du récupérateur de chaleur sur tank à lait

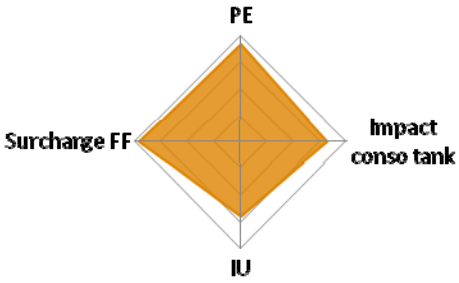
Marque	**GEA Farm Technologies**
Modèle	**OPTICOOL 10** (10 plaques)
Caractéristiques	Circulateur, calorstat + pressostat

Conditions d'essais et résultats

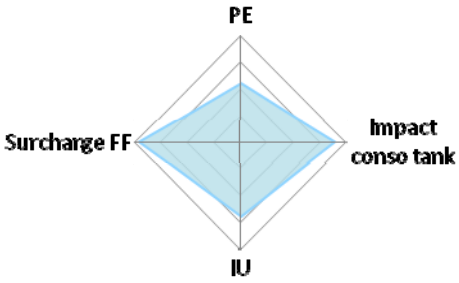
Les résultats complets sont présentés dans le rapport d'essais		**Essai 1** Situation « favorable »	**Essai 2** Situation « intermédiaire »
Conditions d'essais	Volume de traite refroidi *(dans un tank 2BII de 2000 litres, 1 groupe de 6 ch)*	1 000 litres	500 litres
	T°C ambiante au niveau du condenseur	+30°C	+ 20°C
Résultats	T°C finale de l'eau préchauffée	60,3 °C	41,6 °C
	Performance énergétique sur la production d'ECS *(référence : 300 litres d'eau chauffés de 12°C à 65°C)*	**91,6 %**	**55,9 %**

Évaluation multi-factorielle

Situation « favorable »



Situation « intermédiaire »



ECS : eau chaude sanitaire ----- **PE** : performance énergétique sur la production d'ECS (intègre la consommation éventuelle du circulateur) ----- **Impact conso tank** : impact du récupérateur de chaleur sur la consommation électrique du tank à lait ----- **IU** : facilité d'installation et d'utilisation ----- **Surcharge FF** : surcharge en fluide frigorigène liée au récupérateur de chaleur

Les performances indiquées sont des performances théoriques, mesurées dans des conditions précises*
Compte tenu de la variabilité des conditions rencontrées dans les élevages laitiers, une transposition directe des résultats en élevage serait erronée

** le protocole d'essai est disponible sur simple demande auprès du GIE Lait-Viande de Bretagne*

Contacts :

- Coordination du programme "éco énergie lait" :
  GIE Lait-Viande de Bretagne
  02 23 48 29 00
  eco.energie.lait@gielaitviandebretagne.fr
- Réalisation des essais :
  Pôle Cristal de Dinan
  02 96 87 20 00
  contact@pole-cristal.tm.fr

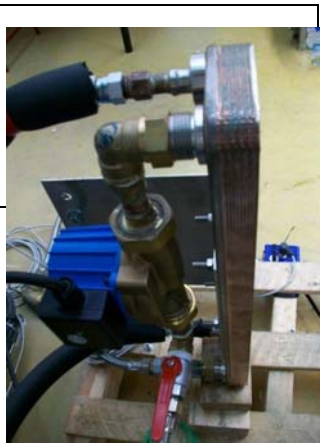
Partenaires techniques et financiers :

BE Elydhia

RC_4

Evaluation des performances énergétiques des récupérateurs de chaleur sur tank à lait

Fiche synthèse de résultats



Descriptif du récupérateur de chaleur sur tank à lait

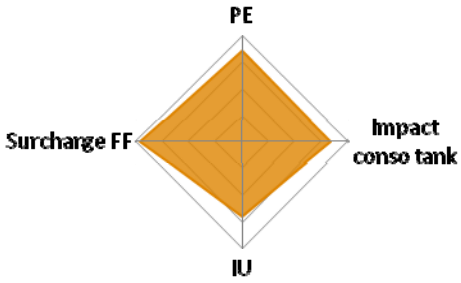
Marque	**GEA Farm Technologies**
Modèle	**OPTICOOL 10R** (10 plaques)
Caractéristiques	Circulateur, vanne thermostatique mélangeuse + pressostat

Conditions d'essais et résultats

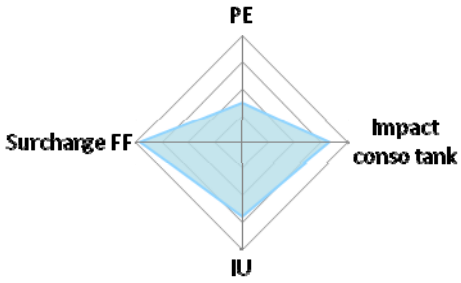
Les résultats complets sont présentés dans le rapport d'essais		**Essai 1** Situation « favorable »	**Essai 2** Situation « intermédiaire »
Conditions d'essais	Volume de traite refroidi *(dans un tank 2BII de 2000 litres, 1 groupe de 6 ch)*	1 000 litres	500 litres
	T°C ambiante au niveau du condenseur	+30°C	+ 20°C
Résultats	T°C finale de l'eau préchauffée	56,9 °C	31,7 °C
	Performance énergétique sur la production d'ECS *(référence : 300 litres d'eau chauffés de 12°C à 65°C)*	**85,6 %**	**37,9 %**

Évaluation multi-factorielle

Situation « favorable »



Situation « intermédiaire »



ECS : eau chaude sanitaire ----- **PE** : performance énergétique sur la production d'ECS (intègre la consommation éventuelle du circulateur) ----- **Impact conso tank** : impact du récupérateur de chaleur sur la consommation électrique du tank à lait ----- **IU** : facilité d'installation et d'utilisation ----- **Surcharge FF** : surcharge en fluide frigorigène liée au récupérateur de chaleur

Les performances indiquées sont des performances théoriques, mesurées dans des conditions précises*
Compte tenu de la variabilité des conditions rencontrées dans les élevages laitiers, une transposition directe des résultats en élevage serait erronée

** le protocole d'essai est disponible sur simple demande auprès du GIE Lait-Viande de Bretagne*

Contacts :

- Coordination du programme "éco énergie lait" :
  GIE Lait-Viande de Bretagne
  02 23 48 29 00
  eco.energie.lait@gielaitviandebretagne.fr
- Réalisation des essais :
  Pôle Cristal de Dinan
  02 96 87 20 00
  contact@pole-cristal.tm.fr

Partenaires techniques et financiers :

BE Elydhia

Version Janvier 2011

Evaluation des performances énergétiques des récupérateurs de chaleur sur tank à lait

RC_5

Fiche synthèse de résultats

Descriptif du récupérateur de chaleur sur tank à lait

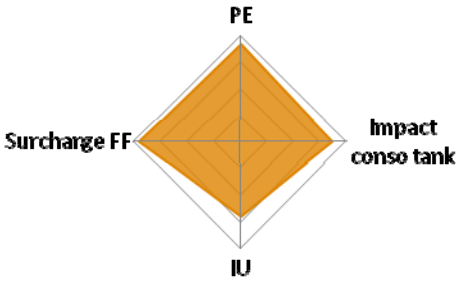
Marque	**SERAP**
Modèle	**SERATEMP SP03** (24 plaques)
Caractéristiques	Circulateur, calorstat + pressostat

Conditions d'essais et résultats

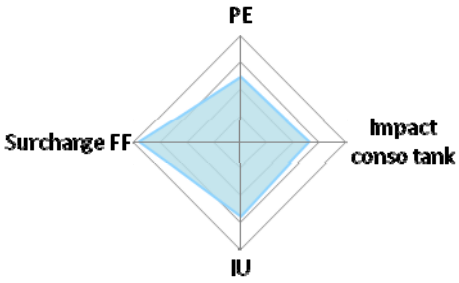
Les résultats complets sont présentés dans le rapport d'essais		**Essai 1** Situation « favorable »	**Essai 2** Situation « intermédiaire »
Conditions d'essais	Volume de traite refroidi *(dans un tank 2BII de 2000 litres, 1 groupe de 6 ch)*	1 000 litres	500 litres
	T°C ambiante au niveau du condenseur	+30°C	+ 20°C
Résultats	T°C finale de l'eau préchauffée	60,3 °C	45,1 °C
	Performance énergétique sur la production d'ECS *(référence : 300 litres d'eau chauffés de 12°C à 65°C)*	**91,4 %**	**61,5 %**

Évaluation multi-factorielle

Situation « favorable »



Situation « intermédiaire »



ECS : eau chaude sanitaire ----- **PE** : performance énergétique sur la production d'ECS (intègre la consommation éventuelle du circulateur) ----- **Impact conso tank** : impact du récupérateur de chaleur sur la consommation électrique du tank à lait ----- **IU** : facilité d'installation et d'utilisation ----- **Surcharge FF** : surcharge en fluide frigorigène liée au récupérateur de chaleur

Les performances indiquées sont des performances théoriques, mesurées dans des conditions précises*
Compte tenu de la variabilité des conditions rencontrées dans les élevages laitiers, une transposition directe des résultats en élevage serait erronée

** le protocole d'essai est disponible sur simple demande auprès du GIE Lait-Viande de Bretagne*

Contacts :

- Coordination du programme "éco énergie lait" :
  GIE Lait-Viande de Bretagne
  02 23 48 29 00
  eco.energie.lait@gielaitviandebretagne.fr
- Réalisation des essais :
  Pôle Cristal de Dinan
  02 96 87 20 00
  contact@pole-cristal.tm.fr

Partenaires techniques et financiers :

BE Elydhia