

Réduire la consommation électrique du chauffe-eau grâce au récupérateur de chaleur sur tank à lait



- > Principe de fonctionnement
- > Les différents types de récupérateurs de chaleur
- > Le rôle du ballon de stockage
- > Points clés pour une installation réussie
- > Comment choisir son équipement

En élevage laitier, le bloc traite est le premier poste de consommation d'électricité, avec en moyenne 85 % sur un total de l'ordre de 400 à 500 kWh/vache/an. Ce niveau de consommation peut varier d'un élevage à l'autre en fonction des équipements (caractéristiques, dimensions) et de la conception du bloc de traite (orientation, ventilation). Néanmoins, dans la plupart des situations, on constate que les trois quarts des consommations se concentrent sur deux postes: le refroidissement du lait et la production d'eau chaude pour le nettoyage des équipements. Ce dernier poste nécessite d'importantes quantités d'énergie, qu'il s'agisse d'électricité (chauffe-eau électrique) ou d'énergie fossile (chaudières gaz ou fuel).

Le chauffe-eau électrique reste le mode de production d'eau chaude le plus répandu en élevage laitier. Sa consommation est parfois sous-estimée alors qu'il peut être plus énergivore que le tank à lait, notamment dans les exploitations produisant moins de 300 000 litres de lait par an. Elle varie entre 10 et 30 Wh/litre de lait, en fonction des pratiques de nettoyage (quantité d'eau chaude consommée) mais aussi du type de chauffe-eau employé (industriel ou domestique), de son dimensionnement, de son emplacement et isolation ou encore de son âge et entretien.

De fait, le bloc traite présente la particularité de nécessiter du froid d'une part (pour le refroidissement du lait), et de la chaleur d'autre part (pour la production d'eau chaude), et ce tout au long de l'année.

Cette situation est favorable à la récupération de chaleur! Le principe consiste à transférer les calories du lait vers l'eau plutôt que de les évacuer dans l'air via les condenseurs du tank à lait. Le résultat: le chauffe-eau doit fournir beaucoup moins d'énergie pour porter l'eau à sa température de consigne et voit sa consommation réduite de 60 à 90 %.

En dépit d'une simplicité apparente, les récupérateurs de chaleur sur tank à lait méritent une attention particulière. Le choix d'un modèle adapté et l'installation par un professionnel du froid à la ferme participeront à la réussite de l'investissement.



Récupérateur de chaleur interne



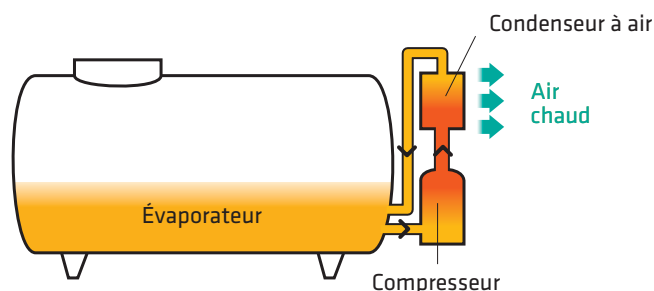
Récupérateur de chaleur à plaques

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN RÉCUPÉRATEUR DE CHALEUR SUR TANK À LAIT

> Le fonctionnement du tank à lait SANS récupérateur de chaleur

Le tank à lait a deux fonctions essentielles : refroidir le lait issu de la traite à une température de 3-4 °C en moins de trois heures, puis le maintenir à cette température jusqu'au passage du camion de collecte. Pour cela, le groupe frigorifique est chargé d'évacuer les calories contenues dans le lait.

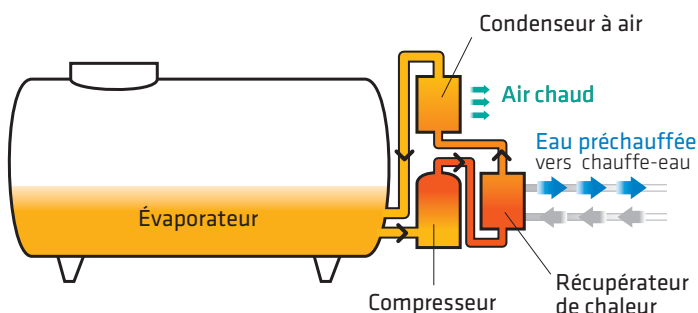
Principe de fonctionnement d'un tank à lait sans récupérateur de chaleur



En temps normal, le lait cède ses calories au fluide frigorigène au niveau de l'évaporateur du tank qui constitue le fond de la cuve de stockage. Le fluide est ensuite comprimé (sa température et sa pression augmentent tandis que son volume diminue) puis cède à son tour ses calories au milieu ambiant au niveau du condenseur à air. Des ventilateurs présents sur les condenseurs favorisent l'échange thermique entre le fluide frigorigène chaud et l'air ambiant.

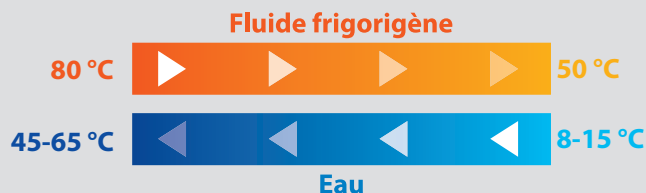
> Le fonctionnement du tank à lait AVEC récupérateur de chaleur

Principe de fonctionnement d'un tank à lait avec récupérateur de chaleur



L'échangeur du récupérateur de chaleur est inséré entre le compresseur et le condenseur et joue le rôle de « pré-condenseur » : le fluide cède ses calories à l'eau dans cet échangeur, puis les calories résiduelles sont évacuées au niveau du condenseur à air. L'eau ainsi préchauffée peut atteindre plus de 50 °C.

Lors d'un échange thermique, le fluide le plus chaud cède ses calories au fluide le plus froid



> Le ratio eau à préchauffer / lait à refroidir

La consommation d'eau chaude par litre de lait varie entre 0,20 et 0,40, en fonction des pratiques de nettoyage mais aussi de la taille de l'élevage. Elle est plus élevée pour les petits troupeaux que pour les grands du fait des économies d'échelle. Moins les besoins en eau chaude sont élevés par rapport à la quantité de lait produite et plus l'économie d'énergie sera importante.

Les élevages ayant un ratio eau chaude / lait élevé devront se tourner vers les matériels les plus performants afin de récupérer suffisamment de calories pour le préchauffage de l'eau.

N.B. : lorsque la température du lait a été préalablement abaissée par un pré-refroidisseur de lait, il y a moins de calories à récupérer. Le choix d'un équipement de récupération de chaleur performant devient prépondérant pour les petits et moyens élevages dans ce cas.

> Quel impact sur le fonctionnement du tank à lait

L'eau qui capte les calories au niveau de l'échangeur est généralement plus fraîche que l'air situé à l'aspiration du condenseur à air ; l'échange thermique y est donc généralement meilleur.

Cela permet au tank de fonctionner à des pressions moindres, ce qui entraîne une réduction de sa consommation électrique et de la durée de refroidissement du lait. Dès lors qu'il est installé correctement et bien réglé, le récupérateur de chaleur a donc un impact positif sur le fonctionnement du tank à lait. Certains frigoristes constatent même qu'il contribue à limiter les risques d'arrêt du tank lors des périodes de fortes chaleurs.

Le tank à lait est avant tout un refroidisseur

La température ambiante a une influence sur la durée de fonctionnement du tank et donc sur la récupération de chaleur, qui sera plus importante en période estivale qu'en hiver. Pour autant, le bon fonctionnement et la maîtrise des consommations électriques du tank restent la priorité en toute saison. Pour ce faire, il convient d'assurer une bonne ventilation pour obtenir une température qui soit la plus basse possible à proximité du groupe frigorifique.

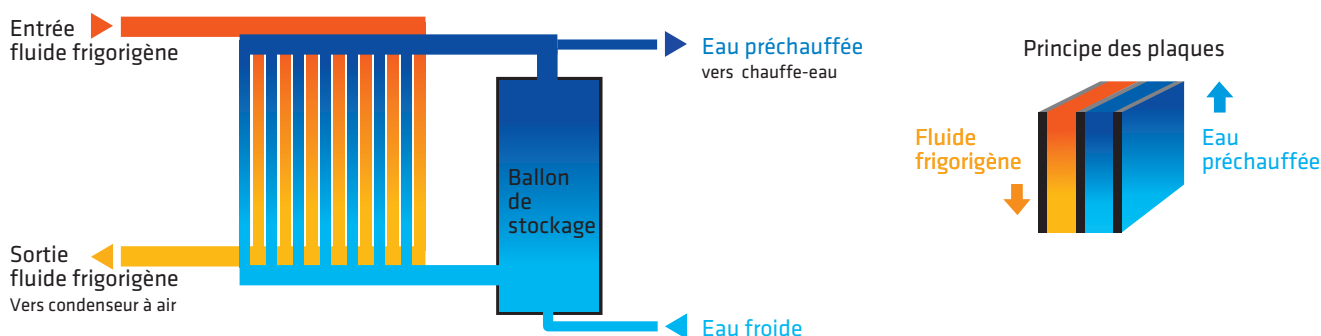
LES DIFFÉRENTS TYPES DE RÉCUPÉRATEURS DE CHALEUR ET LEURS SPÉCIFICITÉS

> Les récupérateurs de chaleur à plaques

Il s'agit d'un empilement de plaques en inox entre lesquelles l'eau et le fluide frigorigène circulent à contre-courant. Le fluide frigorigène circule grâce au compresseur du tank tandis que l'eau est mise en mouvement par un circulateur placé le plus souvent en aval de l'échangeur. Le circuit « eau » de l'échangeur est relié à un ballon de

stockage lui-même raccordé en série au chauffe-eau. L'eau qui entre dans le récupérateur de chaleur est prélevée au point bas du ballon tandis que l'eau préchauffée qui sort du récupérateur est réintroduite dans la partie haute du ballon.

Principe de fonctionnement du récupérateur de chaleur à plaques



On trouve également sur le marché des cuves spécifiques faisant simultanément office de ballon de stockage et de chauffe-eau. Dans ce cas, le volume de la cuve est plus important que le chauffe-eau qu'elle remplace. Une résistance implantée aux 2/3 de sa hauteur permet de faire l'appoint de chauffe.

La circulation de l'eau dans l'échangeur peut être réglée au moyen d'un calorstat ou d'une vanne thermostatique, qui ne s'ouvre entièrement que lorsque l'eau préchauffée a atteint une certaine température (50 à 55 °C environ). La valeur-seuil du calorstat est fixe tandis que celle de la vanne thermostatique présente l'intérêt de pouvoir être réglée manuellement.



Avec un récupérateur de chaleur à plaques, la filtration de l'eau est recommandée

Comme tout échangeur à plaques, ce type de récupérateur de chaleur est sensible à l'encrassement. Il faudra donc veiller à filtrer l'eau qui y circule si elle est chargée en particules (fer, manganèse) et à effectuer un détartrage régulier (ou installer un adoucisseur) si l'eau est calcaire (voir tableau p.7) – ce d'autant qu'elle peut atteindre des températures supérieures à 60 °C dans l'échangeur.

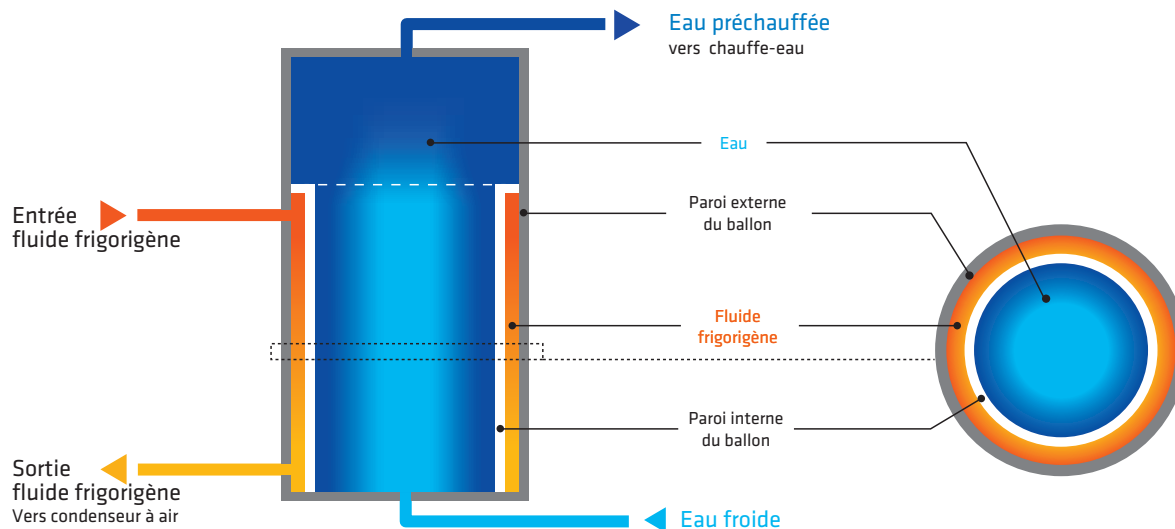


Les tanks à lait peuvent être pré-équipés d'un récupérateur de chaleur à plaques en usine. Cette option permet de s'équiper à moindre coût car l'intervention sur le circuit frigorifique en élevage est évitée. Une fois le tank pré-équipé installé, il ne reste plus qu'à raccorder le circuit d'eau du récupérateur de chaleur et à mettre en route le circulateur.

> Les récupérateurs de chaleur internes

Échangeur intégré à la paroi d'un ballon de stockage

Principe de fonctionnement du récupérateur de chaleur intégré à la paroi d'un ballon de stockage



La partie basse de la paroi du ballon contient un échangeur dans lequel circule le fluide frigorigène. L'eau se réchauffe au contact de la paroi et se dirige vers le haut du ballon par effet de convection naturelle.

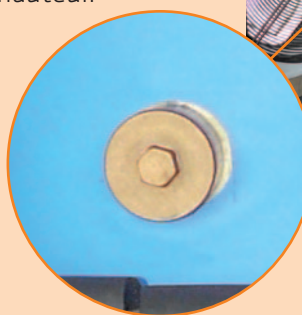
En général, ce ballon est relié à un chauffe-eau chargé de faire l'appoint en température. Il existe toutefois des cas où le ballon de stockage contient une résistance dans sa partie haute ; il joue alors le double rôle de stockage-chauffe et devra par conséquent être de dimensions supérieures au chauffe-eau qu'il remplace.

Échangeur en serpentín dans un ballon de stockage

Un serpentín tubulaire, qui est une élongation du circuit frigorifique du tank, est inséré dans un ballon de stockage. L'eau se réchauffe au contact du serpentín et « monte » vers le haut du ballon par effet de convection naturelle. Là encore, le ballon de stockage est relié à un chauffe-eau chargé de faire l'appoint en température.

Récupérateur de chaleur interne équipé d'une résistance :

la récupération de chaleur a lieu dans la partie basse, où l'échangeur est intégré à la paroi, et l'appoint de chauffe est effectué dans la partie haute du ballon grâce à la résistance implantée aux 2/3 de sa hauteur.



Résistance effectuant l'appoint de chauffe

Votre chauffe-eau fonctionne en heures creuses ?

Si votre abonnement double tarif (heures pleines / heures creuses) ne se justifie que par la présence du chauffe-eau, il peut être opportun d'envisager de passer en abonnement simple tarif (« base »), moins cher. En effet, en présence d'un récupérateur de chaleur, le chauffe-eau fonctionnera beaucoup moins longtemps. De plus, il sera possible d'optimiser son fonctionnement en positionnant les périodes de chauffe complémentaires juste avant les périodes d'utilisation, c'est-à-dire avant la traite (nettoyage de la machine à traire) et la collecte (nettoyage du tank).

LE RÔLE DU BALLON DE STOCKAGE

> Quelle utilité

Positionné entre le récupérateur de chaleur et le chauffe-eau, le ballon de stockage permet de contenir une réserve d'eau « tampon » froide à tiède en début de refroidissement. Cette eau augmentera progressivement de température au fur et à mesure de la récupération de chaleur, et alimentera ensuite le chauffe-eau en eau préchauffée.

Dans la plupart des cas, ce ballon de stockage est un chauffe-eau électrique dont la résistance n'est pas branchée; c'est souvent la solution la moins coûteuse. Comme ce dernier, il devra être correctement isolé.

À la fin du refroidissement, l'eau contenue dans le ballon de stockage aura été préchauffée à une température élevée, pouvant atteindre 45° à 65 °C.

> Comment le raccorder au chauffe-eau

L'eau chaude étant moins dense que l'eau froide, elle a tendance à se placer au-dessus, formant des couches d'eau de température différente selon la position dans un ballon. Ce phénomène est appelé stratification thermique. Pour ne pas bouleverser cette stratification thermique, il convient de soutirer l'eau froide qui alimente le récupérateur de chaleur au point bas du ballon de stockage et de réintroduire l'eau préchauffée au point haut. L'eau préchauffée doit ensuite être introduite dans le chauffe-eau en-dessous de la résistance, donc au point bas.

N.B. : Si le ballon de stockage possède une résistance, il faudra alors introduire l'eau préchauffée en-dessous afin de ne pas refroidir l'eau chaude.

> Comment le dimensionner

Il est recommandé d'adapter les dimensions du ballon de stockage aux besoins en eau chaude de l'exploitation. Un sur-dimensionnement est possible et permettra de pallier le sous-dimensionnement du chauffe-eau, le cas échéant. En revanche, il est déconseillé d'utiliser un ballon de stockage trop petit car dans ce cas le récupérateur de chaleur serait vite alimenté en eau préchauffée et sa performance s'en verrait diminuée.

Deux cas de figure peuvent se présenter :

Le récupérateur de chaleur est implanté sur un tank :	Le ballon de stockage devra couvrir les besoins en eau chaude correspondant à :
à détente directe (fonctionnement 2 fois / jour)	1 traite (lavettes, lavage machine à traire) + 1 lavage de tank
à eau glacée (fonctionnement 1 fois / jour)	1 journée : c'est-à-dire 2 traites + 1 lavage de tank

Dans certains cas, la fonction stockage et la fonction chauffe sont contenues dans un même ballon qui est équipé d'une résistance introduite aux 2/3 de sa hauteur. Sa capacité devra être plus importante que le chauffe-eau qu'il remplace afin de ne pas solliciter la résistance outre mesure, et ainsi se priver des économies générées par le récupérateur de chaleur.

Mieux maîtriser ses consommations en eau

Et si vous profitez de l'intervention sur le circuit d'eau pour équiper votre chauffe-eau d'un compteur d'eau froide en entrée. Peu coûteux, il s'avère être un bon allié pour traquer les fuites et maîtriser ses consommations.



Situé entre le récupérateur et le chauffe-eau, le ballon de stockage doit être bien dimensionné

Plus d'eau chaude disponible

La présence du ballon de stockage, en plus du chauffe-eau, augmente la disponibilité en eau chaude qui peut faire défaut notamment les jours de collecte, lorsque le tank est à nettoyer. N'oublions pas que le bon nettoyage de la machine à traire et du tank préserve la qualité du lait !



POINTS CLÉS POUR UNE INSTALLATION RÉUSSIE

> Installation par un professionnel du froid à la ferme

L'implantation d'un récupérateur de chaleur sur le tank à lait nécessite d'intervenir sur le circuit frigorifique et implique donc de manipuler les fluides frigorigènes. La réglementation impose que l'installation soit réalisée par un professionnel du froid disposant d'une attestation d'aptitude de catégorie I. Cela vaut également dans les cas où le récupérateur est monté d'usine, car le frigoriste devra vérifier que le matériel ne perturbe pas le fonctionnement du tank, et fera éventuellement quelques réglages si nécessaire.

Le frigoriste est également chargé d'indiquer sur le tank à lait de façon lisible et indélébile, la nouvelle quantité de fluide frigorigène que contient l'ensemble tank + récupérateur.

Exemple de vignette à utiliser pour noter toute intervention sur le groupe frigorifique du tank à lait

Marque :	
Type :	
N° de cuve :	
Type de fluide :	
Charge :	
Contrôle annuel d'étanchéité	
Opérateur	Date

Lorsque le tank appartient à la laiterie, deux cas de figure peuvent se présenter : soit la laiterie acquiert le matériel, soit c'est le producteur qui réalise lui-même l'investissement. Quel que soit le cas, il est souhaitable de préciser les responsabilités engagées pour chacune des parties au moyen d'une convention.

À signaler : dans l'ouest de la France, l'interprofession laitière (CILOuest) a établi un manuel présentant des propositions pour encadrer la mise en place des récupérateurs de chaleur dans les élevages laitiers.

> La conception de l'installation

• Dimensionnement de l'échangeur

Le récupérateur de chaleur doit être adapté à la puissance frigorifique du groupe auquel il est raccordé. Un sous-dimensionnement n'aura pas d'impact sur le fonctionnement du tank mais créera des pertes de charge et pénalisera la récupération de chaleur.

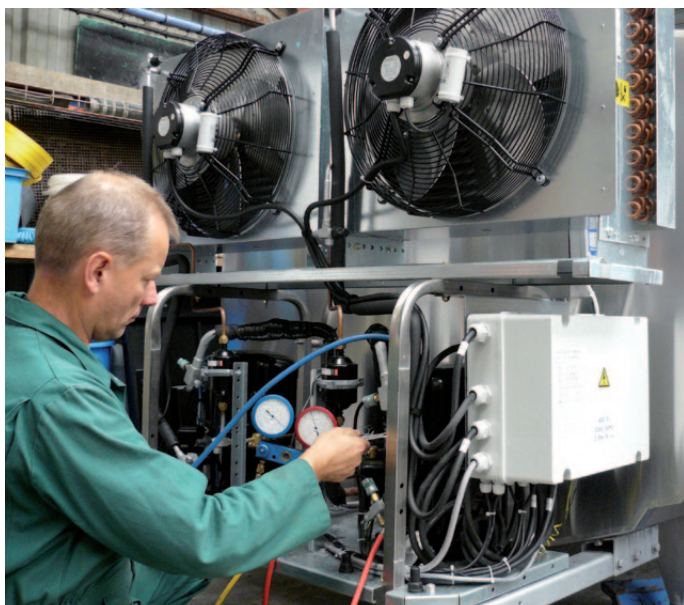
Par contre, un sur-dimensionnement n'est pas souhaitable car cela peut faire chuter la pression de condensation en hiver, entraînant une mauvaise réfrigération du lait sans pour autant augmenter les quantités d'eau préchauffées.

• Mise hors gel et qualité de l'eau

Les échangeurs à plaques sont plus sensibles que les échangeurs internes à tout ce qui a trait à l'eau, car l'espace entre les plaques est réduit. Il est indispensable de placer l'échangeur et les canalisations d'eau dans un endroit protégé du gel. Par ailleurs, l'eau qui y circule doit être exempte de particules (fer, manganèse...), de tartre ou autres souillures. La filtration de l'eau en amont est vivement recommandée.

• Distance de montage

Il est important de limiter la distance entre le récupérateur de chaleur et le tank à lait, pour des raisons de coût (distance allongée = plus de cuivre, plus de fluide frigorigène), pour limiter les pertes de charges et donc les pertes d'énergie, et enfin pour réduire les risques de fuite ou de dégradation des tubes.



Le récupérateur de chaleur doit être installé par un professionnel

> L'accord de la laiterie : indispensable si le tank lui appartient

Dans certaines régions françaises, les tanks à lait appartiennent aux laiteries qui les mettent à disposition des producteurs de lait et en assurent l'entretien selon un système de location. Les producteurs ayant un projet d'investissement et se trouvant dans cette situation, doivent impérativement en informer leur laiterie et obtenir son accord avant de mettre en place un récupérateur sur le tank.

Les canalisations qui relient le récupérateur au compresseur devront être isolées pour limiter les pertes de calories mais surtout éviter tout risque de brûlure. La température du fluide qui y circule peut dépasser 70 °C !



> L'entretien

L'entretien diffère en fonction du type d'échangeur. Le tableau ci-dessous présente les principales tâches d'entretien à effectuer et la fréquence recommandée. Dans un souci économique, il est conseillé d'associer l'entretien du récupérateur de chaleur au contrôle annuel du tank à lait. Un contrat de maintenance peut être établi avec le frigoriste au moment de l'installation.

La fréquence de détartrage est à adapter en fonction de la dureté de l'eau. Les caractéristiques de l'eau peuvent être très différentes suivant les régions et le type d'alimentation (réseau public, captage privé); c'est pourquoi il est important de connaître la valeur du titre hydrotimétrique sur son exploitation. Certains modèles de récupérateurs sont équipés de vannes de vidange implantées sur le circuit d'eau qui facilitent l'opération de détartrage.

Type d'échangeur		Tâche à effectuer	Fréquence	Commentaires
À plaques	Interne			
X	X	Contrôle d'étanchéité du circuit frigorifique	1 fois par an	À associer de préférence au contrôle annuel du tank (obligatoire, cf. décret 2007-737)
X		Détartrage : suppression des dépôts de tartre au moyen d'une solution acide.	Fréquence à adapter en fonction de la dureté de l'eau (voir tableau ci-dessous)	Pas nécessaire si présence d'un adoucisseur ou eau peu dure
X	X	Nettoyage filtre à eau	Dès que nécessaire, fréquence à adapter en fonction de l'usure	Les anodes ont pour fonction de protéger l'intérieur des cuves métalliques des éléments corrosifs
X		Remplacement pièces : calorstat, circulateur, etc.		
	X	Remplacement de l'anode sacrificielle (galvanique) ou Vérification de l'anode à courant imposé (ACI)		



L'anode sacrificielle se corrode dans le temps et doit être changée à intervalle régulier en fonction de la qualité de l'eau



L'anode à courant imposé doit être vérifiée régulièrement

Dureté de l'eau (Titre Hydrotimétrique) et recommandations de détartrage

Dureté de l'eau / TH (en °F)		Détartrage
0 à 7	Eau très douce	Pas nécessaire
7 à 15	Eau douce	Fortement conseillé (fréquence à adapter selon les cas) Envisager la mise en place d'un système antitartre si le circuit paraît encrassé lors du premier détartrage
15 à 25	Eau moyennement dure	Mise en place d'un système antitartre
25 à 42	Eau dure	Détartrage indispensable, à faire au bout de 6 mois la première fois puis adapter la fréquence de renouvellement de l'opération en fonction de l'entartrage constaté
> 42	Eau très dure	

COMMENT CHOISIR SON ÉQUIPEMENT

Il n'existe pas de récupérateur de chaleur idéal qui convienne à toutes les situations. Un équilibre doit être trouvé entre la performance énergétique du matériel, les contraintes d'utilisation et d'entretien et le montant de l'investissement. Dans tous les cas, la mise en place du matériel doit être confiée à un professionnel du froid à la ferme.

Les matériels présents sur le marché français diffèrent par de nombreux aspects : type d'échangeur, dimensions, coût, mais aussi performance énergétique. Les différents critères doivent être appréciés les uns par rapport aux autres ; ainsi certains matériels plus performants ou nécessitant moins d'entretien sont également plus coûteux.

Quel que soit le modèle choisi, il importe de bien dimensionner le ballon de stockage qui constituera la source d'eau froide en fonction des besoins en eau chaude, et d'être rigoureux vis-à-vis de l'entretien préconisé par le fabricant (détartrage, changement de l'anode, etc.). La durée de vie des matériels s'en verra allongée et les performances maintenues.

Enfin, la présence d'un pré-refroidisseur de lait est à prendre en compte dans le projet d'investissement. En-deçà d'un seuil estimé entre 600 000 et 700 000 litres de lait annuels, le double équipement risque de pénaliser la performance du récupérateur de chaleur.

Les différents critères de choix d'un récupérateur de chaleur sur tank à lait

	Échangeurs à plaques	Échangeurs internes
CARACTÉRISTIQUES		
Le tank peut être pré-équipé d'usine	oui	non
Nombre de groupes froid pouvant être raccordés à l'échangeur	1	1 ou 2 selon le modèle
Stockage de l'eau préchauffée	dans un ballon relié au chauffe-eau* circulateur, calorstat ou vanne thermostatique, pressostat de régulation	dans la cuve qui contient l'échangeur* pressostat de régulation
Accessoires à prévoir	faible	selon capacité de la cuve
Encombrement de l'échangeur	selon capacité du ballon	/
PRIX MOYENS OBSERVES (HT)		
Prix de l'échangeur	800 à 2 000 €	2 000 à 3 000 €
Prix du ballon de stockage	300 à 1 000 € *	
Prix des accessoires (circulateur, calorstat, filtre, anode...)	100 à quelques centaines d'€	
Prix de la pose	200 à 1 000 € (échangeur équipé d'usine ou pas)	500 à 1 000 €
Prix total (matériel et pose)	1 000 à 3 000 €	2 500 à 4 000 €
FACTEURS DE REUSSITE		
Installation par un professionnel du froid ferme	impératif	
Accord formel de la laiterie	oui, si le tank lui appartient	
Bonne qualité de l'eau	primordiale	préférable
Entretien	détartrage, changement filtres	surveillance anode(s) du ballon de stockage

* dans certains cas, le ballon de stockage est équipé d'une résistance insérée aux 2/3 de sa hauteur et peut faire office de chauffe-eau. Il doit alors être surdimensionné par rapport au chauffe-eau qu'il remplace.

DOCUMENT ÉDITÉ PAR :



www.gielaitviandedebretagne.fr



www.idele.fr



Les informations mentionnées dans ce document sont pour partie issues des travaux conduits dans le cadre du programme «éco énergie lait» par le Pôle Cristal de Dinan, qui évalue sur banc d'essais la performance énergétique des récupérateurs de chaleur commercialisés sur le marché français. Les résultats de ces essais sont disponibles en ligne (voir adresse du site ci-contre).

Avec le soutien financier de :



Rédaction : Mélanie Loobuyck (GIE Lait-Viande de Bretagne), Vincent Corbet (Institut de l'Élevage)
Avec le concours de : Jean-Pierre Limousin (BE-Elydhia), Olivier Rosat (GIE Lait-Viande de Bretagne)

Crédits photos : GIE Lait-Viande de Bretagne – Institut de l'Élevage
Dépôt légal 3^e trimestre 2011 – ISBN 978-2-36343-121-9 – Référence IE 001131020
© Tous droits réservés au GIE Lait-Viande de Bretagne et à l'Institut de l'Élevage

Document imprimé sur papier recyclé

