

Réduire la consommation électrique du tank

grâce au pré-refroidissement du lait

- > Principe de fonctionnement
- > Les différents types de pré-refroidisseurs
- > Points clés pour une installation réussie
- > Valorisation de l'eau
- > 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 peut varier d'un élevage à l'autre en fonction du type d'équipement et de la conception du bloc traite. Néanmoins, dans la plupart des situations, le refroidissement du lait est responsable de près de la moitié de la consommation électrique, devant le chauffe-eau et la pompe à vide.

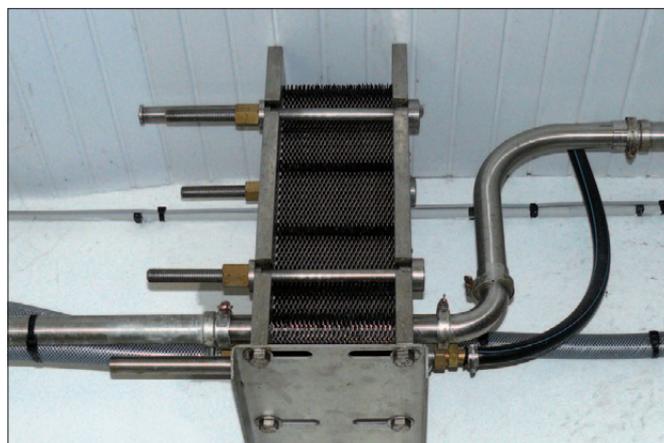
Des aménagements adaptés et un entretien régulier contribuent de manière importante à limiter la consommation électrique du tank à lait.



Pré-refroidisseur tubulaire

L'aération du local de stockage du lait, le positionnement du tank ou du groupe frigorifique, si ce dernier est séparé de la cuve, et le nettoyage des condenseurs sont autant de solutions simples qui peuvent assurer jusqu'à 40% d'économies.

Au-delà, des équipements offrent la possibilité d'aller plus loin dans la réduction de la facture énergétique. C'est le cas des pré-refroidisseurs de lait, qui en diminuant la température d'entrée du lait dans le tank, permettent d'en réduire le temps de fonctionnement et d'économiser 35 à 50 % de sa consommation électrique.



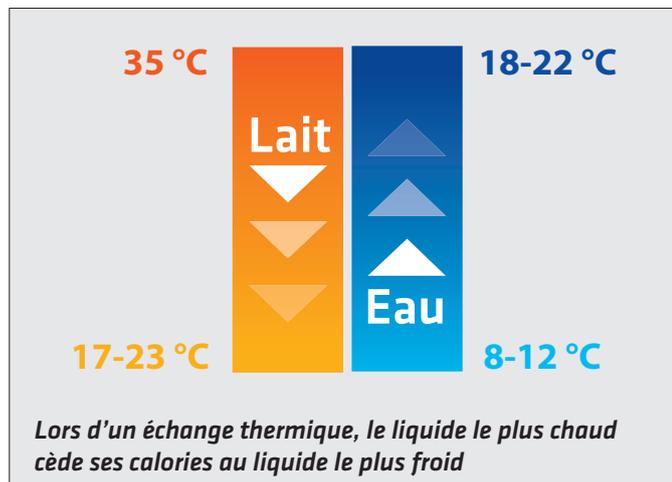
Pré-refroidisseur à plaques

Malgré une apparente simplicité de mise en œuvre, ces matériels méritent une attention particulière. Le choix d'un modèle adapté et la valorisation de l'eau tiédie participeront à la réussite de l'investissement.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN PRÉ-REFROIDISSEUR DE LAIT

> Principe général : l'échange thermique

Un pré-refroidisseur de lait est un échangeur thermique dans lequel deux fluides (le lait chaud et l'eau froide), circulent à contre-courant dans des circuits adjacents.



Cet échangeur permet à l'eau d'extraire les calories du lait trait et donc d'abaisser sa température avant qu'il n'entre dans le tank. La température du lait pré-refroidi est comprise entre 17°C et 23°C, tandis que l'eau tiédie peut atteindre 18°C à 22°C.

La consommation du tank à lait, de 22 Wh/litre de lait en moyenne, est proportionnelle à la température d'entrée du lait dans celui-ci (environ 35°C en temps normal). Ainsi, une réduction de la température du lait de 1°C entraîne une diminution de la consommation du tank de 0,5 Wh/litre. L'économie d'énergie permise par le pré-refroidissement est donc directement liée à la diminution de la température du lait obtenue par son passage dans l'échangeur.



La consommation du tank est liée à la température du lait qui y est introduit

> Optimiser le ratio eau/lait instantané

Les échanges thermiques ont lieu principalement lorsque les deux fluides sont en mouvement dans l'échangeur ; c'est à dire à chaque déclenchement de la pompe à lait. À ce moment là, il est essentiel que le ratio instantané eau/lait soit maximum afin d'assurer l'efficacité des échanges thermiques. Le ratio global eau/lait sur toute la durée d'une traite, terme souvent employé, ne reflète pas l'efficacité de l'échange compte tenu du fait que le temps de fonctionnement réel de la pompe à lait (et donc les périodes d'échanges thermiques) ne représente que 10% du temps d'une traite.

Ratio eau /lait

Ce ratio exprime le rapport entre la quantité d'eau et la quantité de lait qui circulent dans le pré-refroidisseur. On distingue le ratio global (mesuré sur la durée d'une traite) du ratio instantané (mesuré lorsque les fluides sont en mouvement).

> Des économies d'énergie, mais pas seulement

L'installation d'un pré-refroidisseur permet de réduire le temps de fonctionnement du tank. Au-delà d'une économie d'électricité, cela implique aussi une réduction des nuisances sonores dues à son fonctionnement et, à plus long terme, une moindre usure des groupes frigorifiques.

En diminuant les chocs thermiques lorsque le lait est introduit dans le tank, le pré-refroidissement du lait entraîne également une réduction de la lipolyse induite. En cas de panne du tank, le lait pré-refroidi sera soumis à moins de risques de dégradation de la qualité, jusqu'à la remise en route des groupes frigorifiques.

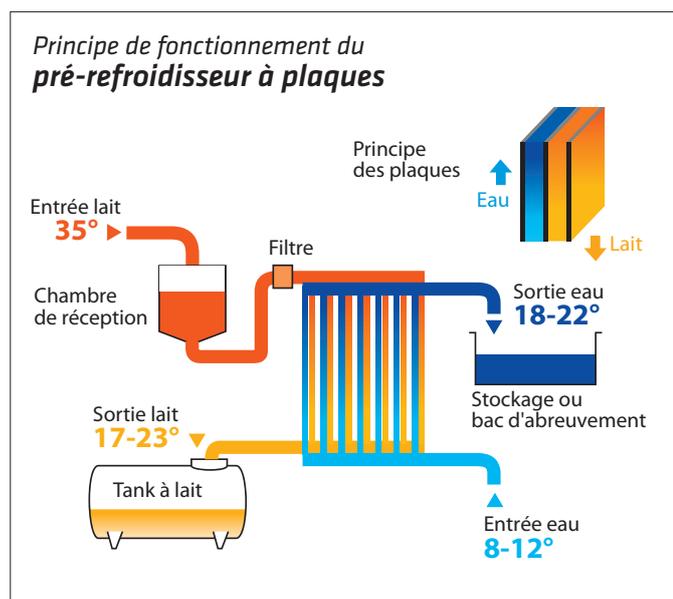
Enfin, d'un point de vue collectif, une diffusion massive des pré-refroidisseurs dans les élevages laitiers contribuera à diminuer la demande d'électricité au moment des pointes de grande consommation dans lesquelles s'inscrivent aussi les horaires de traite.



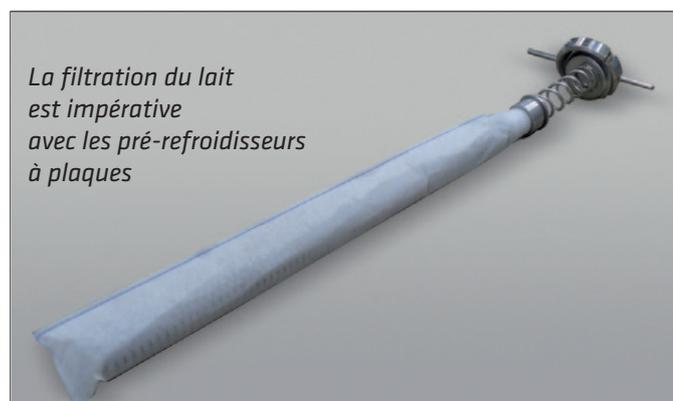
LES DIFFÉRENTS TYPES DE PRÉ-REFROIDISSEURS ET LEURS SPÉCIFICITÉS

> Les pré-refroidisseurs à plaques

Les pré-refroidisseurs à plaques sont constitués d'un empilement de plaques dans lesquelles le lait et l'eau circulent à contre courant. La dimension et le nombre de plaques varient d'un modèle à un autre. Ce type de pré-refroidisseur est peu encombrant et modulable ; il est théoriquement possible d'y rajouter des plaques en cas d'agrandissement du troupeau.



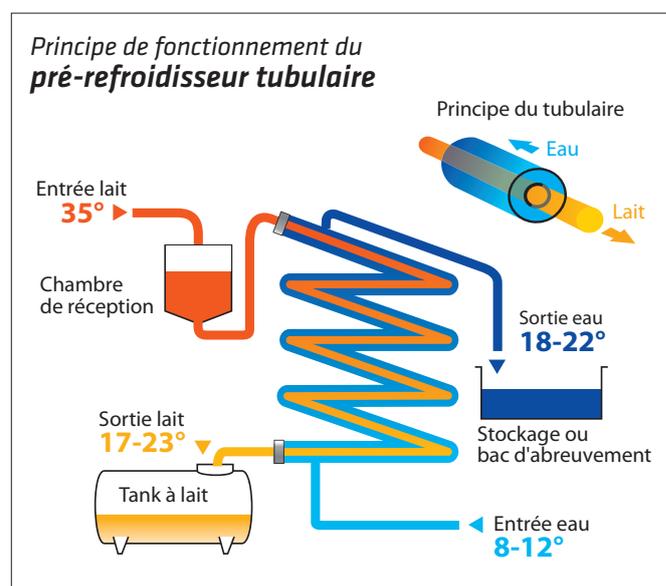
Leur surface d'échange est importante, malgré un volume interne réduit (1,5 à 2,5 l de lait, à l'exception de certains modèles qui ont une contenance supérieure à 7 l). Sensibles à l'encrassement, les pré-refroidisseurs à plaques doivent impérativement être assortis d'un filtre à lait, qui empêchera le dépôt d'impuretés (poils, paille...) dans les interstices. De la même façon, il conviendra de prendre les dispositions nécessaires pour éviter le dépôt des particules contenues dans l'eau (fer et manganèse notamment ou calcaire).



> Les pré-refroidisseurs tubulaires coaxiaux

Les pré-refroidisseurs tubulaires coaxiaux se composent de deux tubes imbriqués l'un dans l'autre : le lait circule dans le tube interne tandis que l'eau circule à contre courant dans le tube externe.

Les deux tubes peuvent être cintrés en serpentin, ou linéaires et soudés les uns aux autres. Dans ce dernier cas le nombre de tubes peut être évolutif. La longueur, la section et le nombre de tubes en parallèle varient d'un modèle à un autre.



D'une façon générale, les pré-refroidisseurs tubulaires ont un volume interne supérieur aux modèles à plaques, ce qui leur confère une capacité de stockage du lait plus grande entre deux envois de pompe à lait (et donc un temps d'échange plus long). Ils sont néanmoins plus encombrants.

Il existe également un autre type de pré-refroidisseur tubulaire, qui est constitué de plusieurs tubes linéaires contenant le lait, immergés dans une calandre contenant l'eau.

Pertes de charges et nettoyage

On attribue souvent aux pré-refroidisseurs à plaques des pertes de charges élevées préjudiciables à un bon nettoyage. En réalité, certains pré-refroidisseurs tubulaires freinent tout autant la circulation de la solution de lavage. Suivant le cas il pourra être nécessaire de compenser ces pertes de charges par une pompe à lait adaptée ou un système by-pass (voir page 5).

POINTS CLÉS DE L'INSTALLATION ET FACTEURS DE RÉUSSITE

> Alimentation en eau

L'eau est un facteur essentiel pour l'efficacité d'un pré-refroidisseur. Sa température, son débit, son système d'alimentation sont autant de paramètres qui vont influencer sur la capacité d'abaissement de la température du lait.

> La température

Un échange thermique est d'autant plus efficace que l'écart de température entre les deux fluides est grand : il faut donc fournir une eau qui soit la plus froide possible. La provenance de l'eau utilisée pour le pré-refroidissement a une incidence sur la performance énergétique. En règle générale, la température d'une eau de forage reste relativement stable au cours de l'année, tandis que l'eau du réseau est soumise aux fluctuations saisonnières. Dans tous les cas, mieux vaut enterrer les canalisations ou les isoler, de façon à minimiser l'impact de la température extérieure (risque de gel en hiver, réchauffement en été).

> Le débit

Le débit dépend de la pression d'eau disponible (section et longueur des canalisations) et des pertes de charges générées par le pré-refroidisseur.

Plus le débit d'eau instantané est important, plus l'eau tiédie sera renouvelée par de l'eau froide au sein du pré-refroidisseur, et meilleure sera la performance thermique. Ce paramètre est essentiel, en particulier pour les pré-refroidisseurs de faible volume interne, car le temps d'échange entre l'eau et le lait est plus court. Il faudra dans ce cas s'assurer d'un débit au moins égal à 30 litres/minute.

Effacité

Pour vérifier l'efficacité d'un pré-refroidisseur, on peut mesurer la température de l'eau à sa sortie. Une eau trop chaude signifiera que le débit était insuffisant dans le pré-refroidisseur (sauf s'il y a une vanne thermostatique). Par ailleurs, une eau trop froide signifiera que l'on peut réduire la durée de temporisation.

> Le système d'alimentation en eau

L'échange thermique est optimal lorsque les deux fluides (l'eau et le lait) sont en mouvement. Par conséquent, mieux vaut privilégier la circulation de l'eau pendant que le lait est en mouvement, c'est-à-dire lorsque la pompe à lait se déclenche.

Une alimentation en continu, gérée au moyen d'une vanne manuelle actionnée en début de traite, génère

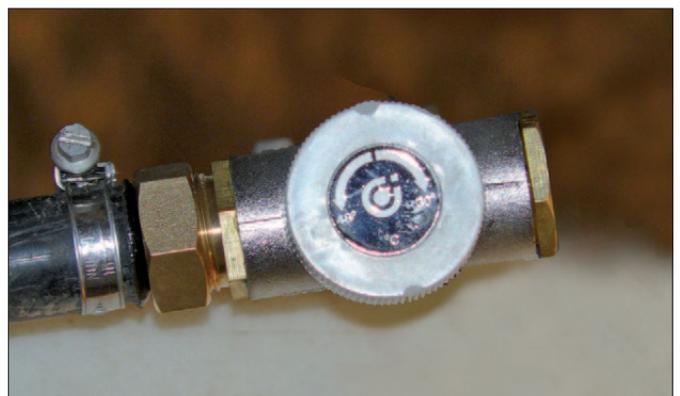
des consommations d'eau très importantes. Il est donc préférable d'opter pour un système de régulation, qui permet à la fois d'optimiser les échanges et de limiter les consommations d'eau.

Il existe plusieurs systèmes de pilotage de l'alimentation en eau :

- **L'électrovanne** asservie à la pompe à lait, qui déclenche l'arrivée d'eau au moment où le lait est extrait hors de la chambre de réception. Une temporisation permet de prolonger la circulation d'eau de quelques secondes après l'arrêt de la pompe à lait, et éventuellement d'ajuster les quantités d'eau utilisées en fonction des besoins. Rien ne sert d'augmenter à outrance la temporisation lorsque le volume interne du pré-refroidisseur est faible (pré-refroidisseur à plaques), puisque seule une quantité résiduelle de lait pourra y être stockée et continuera d'être pré-refroidie.



- **La vanne thermostatique**, composée d'une vanne couplée à une sonde de température. Placée à la sortie du pré-refroidisseur, elle ne s'ouvre entièrement que lorsque l'eau a atteint une certaine température. Ainsi, le débit de l'eau est réduit lorsque l'extraction de l'énergie thermique du lait devient trop faible.



> Alimentation en lait

Plus le débit du lait est faible, plus son temps de séjour dans le pré-refroidisseur est long et meilleur est l'échange de calories. Cela vaut notamment pour les pré-refroidisseurs de faible capacité (ils ne pourront stocker qu'une partie du lait extrait hors de la chambre de réception), car l'échange thermique aura lieu essentiellement quand le lait sera en mouvement.

Certains constructeurs proposent des systèmes qui réduisent le débit du lait pendant la traite (par exemple au moyen d'une vanne de réduction, qui sera ouverte pendant le nettoyage) ou encore le volume extrait hors de la chambre de réception (exemple : variateur de vitesse sur la pompe à lait, permettant de fragmenter les vidanges). Dans tous les cas, il est primordial que la circulation retrouve un régime normal pendant le nettoyage afin qu'il ne soit pas pénalisé par des pertes de charges trop importantes ou un engorgement de la chambre de réception.

Dimensionnement de la pompe à lait

La pompe à lait est dimensionnée à la fois pour évacuer le lait de la chambre de réception vers le tank via le lactoduc d'extraction, mais aussi pour faire circuler la solution de nettoyage de la chambre de réception vers le bac de lavage de l'installation. La mise en place d'un pré-refroidisseur allonge le circuit et augmente les pertes de charges. Dans certains cas, il sera nécessaire de remplacer la pompe par une autre de puissance supérieure.

> Vidange des circuits

A la fin de la traite, le pré-refroidisseur contient une quantité résiduelle d'eau et de lait. Il est nécessaire de pouvoir purger les deux circuits :

- Celui du lait pour éviter que le lait résiduel ne soit mélangé à l'eau de rinçage,
- Celui de l'eau pour ne pas refroidir la solution de lavage, mais aussi pour mettre le pré-refroidisseur hors gel en hiver.

Le système de purge peut être manuel ou automatisé.

**Kit de purge manuelle
du circuit lait**

Source : FrigéLait

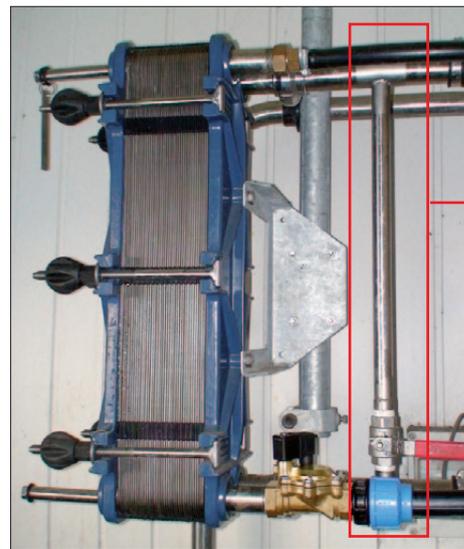


> Nettoyage de l'installation de traite

Le pré-refroidisseur fait partie intégrante de l'installation de traite. Par conséquent, il doit être pris en compte dans le calcul des besoins en eau chaude pour le nettoyage de celle-ci. En règle générale, il convient d'ajouter un volume d'eau chaude équivalent à celui du pré-refroidisseur et de majorer la quantité de produit en proportion. Il est également nécessaire de vérifier que la puissance de la pompe à lait permet toujours d'assurer une circulation suffisante de la solution dans les canalisations et les équipements de l'installation. Pour s'en assurer, la meilleure solution reste de réaliser un cycle test de nettoyage à l'issue de la pose du pré-refroidisseur, en surveillant le niveau du vide et la circulation de l'eau.

> Système de by-pass pour le nettoyage

Si nécessaire, la mise en place d'un système by-pass pour le nettoyage de l'installation de traite, permet de dévier une partie de la solution de lavage (environ les 2/3) hors du pré-refroidisseur afin de ne pas ralentir sa circulation et sa turbulence nécessaires pour un lavage efficace. Certaines dispositions peuvent, le cas échéant, permettre de s'en affranchir (exemple : vanne de coupure d'aspiration au niveau du bac de lavage).



*Système
de nettoyage
en « by-pass »*

> Entretien

Si les pré-refroidisseurs tubulaires nécessitent peu d'entretien, les pré-refroidisseurs à plaques méritent eux une attention particulière. Il conviendra de vérifier régulièrement l'absence d'encrassement et de faire nettoyer les plaques par un professionnel, conformément aux prescriptions du constructeur.

Au-delà, le suivi de la qualité de l'eau et, le cas échéant, le changement du filtre à lait à chaque traite contribueront au bon fonctionnement du matériel dans le temps.

VALORISER L'EAU : OBJECTIF VALORISATION TOTALE

Repères de consommation d'eau pour le pré-refroidissement

Production laitière		Volume d'eau à valoriser par traite	
annuelle	par traite	avec régularisation automatisée (1,5 l eau/l lait)	avec régulation manuelle (2,5 l eau/l lait)
300 000 l/an	410 l	0,6 m ³ eau/traites	1 m ³ eau/traites
500 000 l/an	690 l	1 m ³ eau/traites	1,7 m ³ eau/traites
700 000 l/an	960 l	1,4 m ³ eau/traites	2,4 m ³ eau/traites

Selon son système de régulation de l'alimentation en eau, un pré-refroidisseur peut consommer en eau 1,5 à 2,5 fois le volume de lait à pré-refroidir. La valorisation de l'eau tiédie est à envisager dès la conception du projet, afin qu'elle ne devienne pas un facteur limitant les performances de l'installation ou une source de gaspillage. **Dans tous les cas, la consommation de l'eau issue du pré-refroidissement doit être prioritaire par rapport à l'eau complémentaire provenant directement du réseau.** Ceci évitera d'avoir à arrêter le pré-refroidissement en cas de débordement de la cuve de stockage ou des bacs d'abreuvement par exemple.

> Destiner l'eau à l'abreuvement des animaux

Globalement, la quantité d'eau issue du pré-refroidissement est cohérente avec la consommation d'eau de boisson des vaches laitières (70 à 90 l par jour en moyenne pour une vache en production). Ainsi, la distribution de l'eau tiédie aux animaux demeure la meilleure solution pour une valorisation complète, sous réserve que tout soit mis en œuvre pour favoriser sa consommation (y compris pendant les périodes de pâturage). Bien entendu, la qualité de l'eau devra être apte à l'abreuvement.

> Bac de grande capacité ou stockage intermédiaire ?

En sortie de pré-refroidisseur, l'eau peut être directement envoyée dans un ou plusieurs bacs d'abreuvement situés en sortie de salle de traite, ou bien stockée dans une cuve placée en hauteur qui alimente par gravité un ou plusieurs abreuvoirs à niveaux constants.

L'avantage du stockage intermédiaire est de disposer de l'intervalle entre deux traites pour valoriser l'eau. Ce système permet également de limiter la taille des abreuvoirs qui seront plus faciles à entretenir.

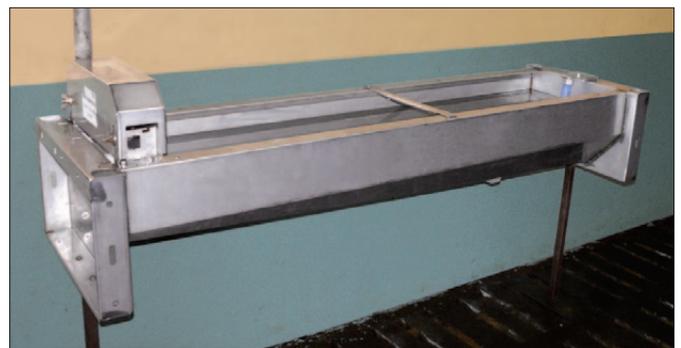
Une attention particulière devra être portée à l'hygiène de stockage, afin d'éviter toute prolifération bactérienne ou verdissement. Le choix de l'emplacement ainsi qu'un entretien régulier permettront de limiter les risques de dégradation de la qualité de l'eau.



Cuves de stockage alimentant des bacs d'abreuvement par gravité

Quelques conseils pour la gestion des bacs d'abreuvement :

- Prévoir deux flotteurs par bac, un de niveau haut pour éviter tout débordement, et l'autre de niveau bas relié au réseau pour assurer une alimentation permanente .
- Disposer d'une capacité totale suffisante afin que l'eau puisse circuler dans le pré-refroidisseur pendant toute la durée de la traite.



Abreuvoir à double niveau constant

Dimension et accès aux abreuvoirs

Le ou les abreuvoir(s) doivent permettre à plusieurs animaux d'y accéder simultanément, et ce, d'autant plus s'il s'agit d'un bassin d'abreuvement. Le débit de l'eau doit par ailleurs être suffisamment important. La mise en place d'un bassin d'abreuvement en sortie de salle de traite peut nécessiter une modification du nombre ou du positionnement des autres abreuvoirs afin de favoriser sa fréquentation.

> Des risques de sous valorisation surtout en périodes de pâturage

Les animaux fréquentent moins le bâtiment d'élevage et leur consommation en eau à l'intérieur de la stabulation est souvent insuffisante à la réutilisation de toute l'eau tiédie. L'utilisation du pré-refroidisseur est parfois suspendue lors des périodes estivales, afin de ne pas gaspiller l'eau qui s'accumule sans être réutilisée. Les économies d'énergie sur le fonctionnement du tank à cette période sont alors nulles. Il est donc important de prévoir dès l'installation d'autres modes de valorisation si la configuration du bâtiment d'élevage ne permet pas la consommation de la totalité de l'eau tiédie par l'abreuvement.



En période de pâturage, les vaches s'abreuvent moins dans le bâtiment

> Nettoyage des quais et rinçage de la machine à traire

> **Le lavage des sols** (quais et aire d'attente) constitue un autre usage intéressant pour la valorisation de l'eau issue du pré-refroidisseur. Pendant la traite, l'eau tiédie est envoyée dans une cuve de stockage, directement raccordée au surpresseur. La quantité d'eau pouvant être réutilisée est très variable en fonction des pratiques de nettoyage et de la configuration de l'installation.

Repères de consommation d'eau nécessaire au lavage des sols après chaque traite

Nombre de postes	Surface quai et aire d'attente	Volumes d'eau nécessaires	
		Consommation très économe (2,5 l/m ²)	Consommation standard (4 l/m ²)
Salle de traite épi double équipement			
2 X 5	87 m ²	218 l	348 l
2 X 10	163 m ²	408 l	652 l
Salle de traite arrière double équipement			
2 X 8	166 m ²	415 l	663 l
2 X 12	242 m ²	605 l	968 l

> **Le premier rinçage de la machine à traire** avec l'eau tiédie est également une solution complémentaire. Selon les exploitations, les besoins sont de

50 à 120 l d'eau/traite. L'utilisation de l'eau issue du pré-refroidissement peut garantir un certain niveau de température de l'eau, assurant ainsi une meilleure efficacité qu'un pré-lavage réalisé à l'eau froide.



Afin de combiner plusieurs solutions de valorisation, les circuits d'évacuation de l'eau du pré-refroidisseur doivent être conçus de manière à la répartir entre les différents postes. Cela est possible en jouant sur les diamètres de tuyauteries employés ainsi qu'en équipant les différentes cuves de stockage de flotteurs.

> Bâtiment neuf ou rénovation : créer un circuit fermé

Un moyen envisageable pour s'affranchir de la valorisation de l'eau et avoir une pratique économe en eau, est de fonctionner en circuit fermé. C'est à dire que l'eau utilisée pour le pré-refroidissement est toujours la même. Pour cela, il faut prévoir un circuit qui permette à l'eau tiédie en sortie de pré-refroidisseur d'être refroidie jusqu'à sa prochaine utilisation. Le refroidissement peut se faire par le sol, mais les canalisations doivent être suffisamment isolées. Il est également possible d'utiliser l'eau d'une réserve incendie pour approvisionner le pré-refroidisseur. Ces possibilités, si elles nécessitent plus d'investissements au départ, permettent de s'affranchir de la valorisation de l'eau ultérieurement.

Eau tiède pour l'abreuvement

Même si la préférence des animaux pour de l'eau tiédie (environ 18°C) est avérée, aucune étude n'a prouvé d'effets positifs d'une eau tiède sur la production des vaches laitières. Cependant, une eau trop froide, de l'ordre de 3°C, peut avoir des conséquences négatives sur la production laitière. La distribution d'eau tiédie comme eau de buvée, assure un bon abreuvement des vaches laitières et prémunit d'une éventuelle baisse de production lors de rudes conditions hivernales.

COMMENT CHOISIR SON ÉQUIPEMENT ?

Il n'existe pas de pré-refroidisseur idéal qui convienne à toutes les situations. Un équilibre doit être trouvé entre la performance énergétique du matériel au regard des caractéristiques de l'installation, la valorisation de l'eau tiédie et bien entendu le montant de l'investissement. La mise en place de ce matériel doit être confiée à un spécialiste de la machine à traire.

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 modèles plus performants sont également plus coûteux.

Quelque soit le modèle choisi, la valorisation de l'eau doit être un objectif pris en compte dès le début du projet. Des aménagements plus ou moins coûteux permettent d'y parvenir. Dans certains cas, une simple réduction de la température suffit pour ajuster les quantités d'eau utilisées en fonction des besoins, sans pénaliser la performance du pré-refroidisseur.

Les différents critères de choix d'un pré-refroidisseur de lait

	Échangeurs à plaques	Échangeurs tubulaires
CARACTÉRISTIQUES		
Volume interne	faible à moyen	moyen à important
Modulable	oui	non (sauf modèles linéaires)
PRIX MOYENS OBSERVÉS (HT)		
Prix du pré-refroidisseur	2 000 à 3 000 €	2 000 à 5 000 €
Prix des accessoires (régulation eau, purges, filtre...)	1 000 à 1 500 €	500 à 1 000 €
Prix total	3 500 à 6 000 € (matériel + pose)	
Coût de l'équipement pour la valorisation totale de l'eau	Équipement simple (canalisations + bac) : 500 à 1 000 € Équipement complet envisageable en cas d'installation neuve (canalisations + stockage + mise en pression) : 2 000 à 4 000 €	
FACTEURS DE RÉUSSITE		
Filtration du lait obligatoire	oui	non
Débit d'eau disponible	important	moyen à important
Débit du lait	faible	faible à important
Quantité d'eau à rajouter pour le nettoyage de l'installation de traite (par cycle)	0 à 5 litres	5 à 20 litres

DOCUMENT ÉDITÉ PAR :



www.gie-elevages-bretagne.fr



www.idele.fr

Les informations mentionnées dans ce document sont pour partie issues des travaux conduits dans le cadre des programmes :

> « Eco Energie Lait Bretagne », avec le Pôle Cristal de Dinan,



> CASDAR « Maitrise des consommations d'eau en élevage »,
> FranceAgriMer « Appui technique CPER ».

Avec le soutien financier de :



Rédaction : Mélanie Loobuyck (GIE Elevages de Bretagne), Marie-Cécile Prévost (Institut de l'Élevage)

Avec le concours de : Vincent Corbet, Jean-Luc Ménard (Institut de l'Élevage), Olivier Rosat (GIE Elevages de Bretagne)

Crédits photos : GIE Elevages de Bretagne - Institut de l'Élevage

Dépôt légal 3^e trimestre 2010 - ISBN 978-2-84148-947-3 - Référence IE 001031025

© Tous droits réservés au GIE Elevages de Bretagne et à l'Institut de l'Élevage

Document imprimé sur papier recyclé

