

Ademe

2, square La Fayette
BP 406 49004 Angers Cedex 01
Tél. 02 41 20 41 20
Adresses des délégations régionales sur le site :
www.ademe.fr

Demande des diagnostics et synthèse à :

Dominique Fourtune
Ademe Département Mde
500, route des Lucioles
06565 Valbonne Cedex

Institut de l'Élevage

149, rue de Bercy 75595 Paris Cedex 12
tél. 01 40 04 51 50
www.inst-elevage.asso.fr

Liste non exhaustive de fournisseurs

Serap

Route de Fougères
53120 Gorron

Westfalia/Japy

BP 18
21850 St Apollinaire

Packo France

Z.I.
76440 Forges les Eaux

Frigélaït

Guérin
35370 Argentré du Plessis

Sommaire

- Présentation de l'opération
- Analyse des consommations annuelles
- Tableau des solutions pour les économies d'énergie
- Installation d'un pré-refroidisseur
- Optimisation d'un pré-refroidisseur existant
- Installation d'un récupérateur de chaleur
- Optimisation des conditions de fonctionnement du tank
- Optimisation de la pompe à vide
- Tableau des solutions pour diminuer les chutes de tension
- Remplacement d'un tank à détente directe par un tank à eau glacée
- Équilibrage et amélioration de l'installation électrique
- Diminution du courant de démarrage des moteurs électriques
- Lavage de la salle de traite
- Programmation de la production d'eau chaude sur ballon électrique
- Autres modes de production d'eau chaude
- Installation d'un pré-refroidisseur avec décalage du tank
- Conclusions

Maîtrise de la Demande d'Électricité

■ *Économies d'énergie*

■ *Réduction des chutes de tension*

De nombreuses solutions dans les exploitations laitières



Rédaction Fr2e
12, place de la Dauversière
49000 Angers



■ Des diagnostics pour maîtriser la demande en énergie

Les exploitations laitières françaises consomment environ 1 300 000 MWh (Source Agreste enquête 1992) électriques par an, soit 24 % du secteur agricole. Elles sont raccordées au réseau basse tension et subissent parfois des chutes de tension.

L'ADEME a fait réaliser une méthode de diagnostic spécifique aux exploitations laitières, expérimentée en 2001 sur 8 sites. Les résultats obtenus sont résumés dans cette brochure.

Outils d'aide à la décision, les diagnostics proposent un ensemble de travaux dont ils décrivent la faisabilité technique et présentent leur analyse énergétique et financière.

Ils peuvent être regroupés en 2 catégories selon l'objectif recherché :

■ 1. Réaliser des économies financières en économisant l'énergie (cas des sites 1,2,4,5,6 et 7),

■ 2. Résoudre des problèmes de chutes de tension bien identifiés sur le réseau basse tension (cas des sites 3 et 8).

Au cours de cette expérimentation, des mesures de consommation et de puissance appelée ont été réalisées sur les principaux appareils du bloc de traite: le tank à lait, le chauffe-eau et la pompe à vide. La température de la laiterie a également été enregistrée.

Les solutions proposées sont regroupées dans les tableaux des pages 4 et 11 et les principales sont décrites plus en détail



L'efficacité de certaines techniques est complètement validée; d'autres doivent être encore approfondies pour en préciser la faisabilité.

C'est pourquoi dans la suite de cette brochure, les solutions correspondant aux 2 catégories ci-dessus sont repérées de la manière suivante :

- Économies d'énergie (solutions validées)
- Économies d'énergie (solutions à approfondir)
- Réduction chutes de tension (solutions validées)
- Réduction des chutes de tension (solutions à approfondir)

Le tableau ci-contre rappelle la répartition du nombre des exploitations et de la production laitière annuelle en France suivant plusieurs classes. La production de chaque site est donnée à titre indicatif.

	Les exploitations laitières en 2001			Site expérimental	
	Classes (Production en 1 000 litres)	Exploitations %	Production %	N°	(Production en 1 000 litres)
1	0 - 150	44,5	20,0		
2	151 - 200	18,4	17,7	5	184
				6	189
3	201 - 250	14,0	17,0	7	222
4	251 - 400	17,3	29,2	2	302
				3	354
				1	367
5	+ de 400	5,7	16,1	8	640
				4	902

Source Onilait

■ Analyse des consommations annuelles

Les consommations électriques sont analysées sur 6 élevages, à partir des factures EDF. La production laitière annuelle est déterminée sur la même période de 12 mois.

Les consommations des principaux appareils sont estimées suivant plusieurs approches, détaillées dans les rapports de diagnostic individuels et dans leur synthèse. Les personnes intéressées peuvent se les procurer à l'adresse indiquée en dernière page de couverture.

Ces consommations sont portées sur les graphiques ci-contre.

La rubrique « autres » comprend les autres usages du bloc de traite et de l'exploitation agricole, par exemple : pompe à lait, pompe de puits, éclairage.

Parmi les 6 élevages, il y a 2 cas particuliers :

- l'élevage 2, équipé d'un récupérateur de chaleur sur le condenseur du tank, n'a pas de chauffe-eau électrique.
- la consommation « Autres » du N° 7 est très faible car le compteur EDF est affecté au bloc de traite seul.

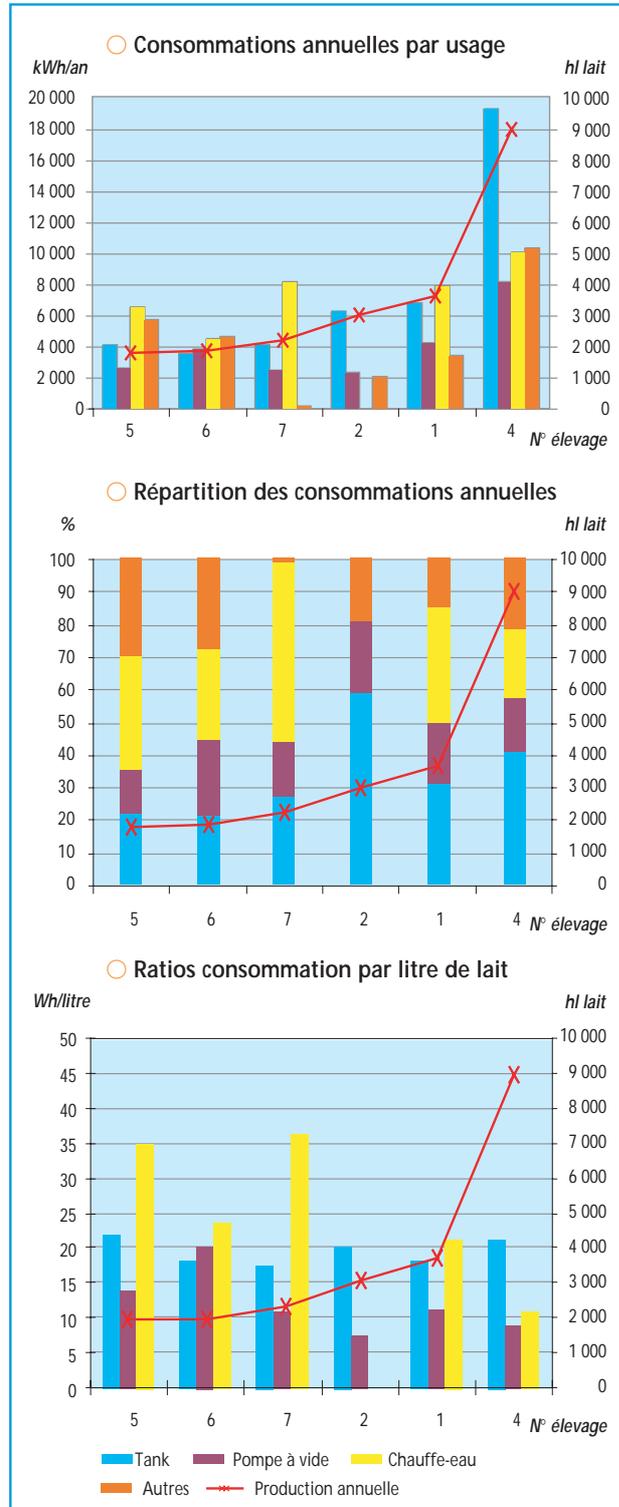
Le 3^e graphe indique les consommations par litre de lait produit des 3 principaux appareils.

Il ressort que le chauffe-eau est l'appareil le plus consommateur dans les petits élevages. Au fur et à mesure que la taille de l'élevage augmente, la consommation du tank devient prépondérante.

Un diagnostic permet également de repérer tout ratio « anormal ».

Par exemple sur le site 7, une fuite d'eau chaude a été relevée, elle accentue la part de la consommation électrique du chauffe-eau.

Sur le site 5, une température d'utilisation élevée (75 °C) a les mêmes conséquences.



■ Solutions validées pour les économies énergétiques et/ou financières

■ Économies d'énergie électrique

Solution	Efficacité	Critères de faisabilité	page
<ul style="list-style-type: none"> Installation d'un prérefroidisseur 	<ul style="list-style-type: none"> Bonne. Environ 50% d'économies d'électricité sur la consommation du tank 	<ul style="list-style-type: none"> Disposer de l'emplacement nécessaire. Récupération de l'eau tiédie pour l'abreuvement. Approvisionnement en eau suffisant 	6
<ul style="list-style-type: none"> Optimisation du rendement d'un prérefroidisseur existant 	<ul style="list-style-type: none"> Bonne. Temps de retour rapide. 	<ul style="list-style-type: none"> A voir avec le fournisseur ou l'installateur. 	7
<ul style="list-style-type: none"> Installation d'un récupérateur de chaleur sur le condenseur du tank pour la production d'eau chaude 	<ul style="list-style-type: none"> Bonne efficacité technique 	<ul style="list-style-type: none"> Disposer de l'emplacement nécessaire. A mettre en place avec l'accord des spécialistes concernés et de la laiterie. 	8
<ul style="list-style-type: none"> Système de lavage économe du tank 	<ul style="list-style-type: none"> Bonne 	<ul style="list-style-type: none"> Option du fabricant permettant de diminuer la durée du lavage et la consommation d'eau 	

■ Production locale d'énergie thermique ou électrique

Les solutions suivantes, d'un usage plus souple qu'un ballon électrique à accumulation fonctionnant en heures creuses, ne sont pas développées en

détail dans ce document. On peut se reporter par exemple à des fiches existantes de l'ADEME sur les énergies renouvelables.

Solution	Efficacité	Critères de faisabilité
<ul style="list-style-type: none"> Chaudière propane ou fioul assurant le chauffage de l'habitation, la production d'eau chaude pour l'habitation et le bloc de traite. 	<ul style="list-style-type: none"> Permet de fournir instantanément la quantité d'eau chaude souhaitée 	<ul style="list-style-type: none"> Dépend de la distance entre l'habitation et le bloc de traite et des possibilités de raccordement dans le cas d'une installation existante.
<ul style="list-style-type: none"> Chaudière bois à plaquettes 	<ul style="list-style-type: none"> Bonne. Conseillée dans le cadre d'une filière bois locale. 	
<ul style="list-style-type: none"> Chauffe-eau solaire 	<ul style="list-style-type: none"> Bonne Nécessite un appoint 	<ul style="list-style-type: none"> Optimiser les apports solaires (orientation, inclinaison). Tenir compte du potentiel solaire pour le calcul économique.
<ul style="list-style-type: none"> Centrale photovoltaïque 	<ul style="list-style-type: none"> Puissance faible mais bon complément de l'énergie éolienne 	<ul style="list-style-type: none"> Idem chauffe-eau solaire. Investissement initial élevé.
<ul style="list-style-type: none"> Aérogénérateur 	<ul style="list-style-type: none"> Choisir un matériel adapté aux vitesses de vents les plus fréquentes (souvent faibles) 	<ul style="list-style-type: none"> Tenir compte des caractéristiques du site. Investissement initial élevé.

■ Economies financières

Elles peuvent être obtenues dans les 4 cas suivants :

- En faisant des économies d'énergie électrique, solutions du tableau page 4,
- En choisissant une énergie ayant un coût de kWh plus faible que celui de l'électricité, par exemple, bois en plaquettes,
- En choisissant des périodes de fonctionnement où

le coût du kWh est plus faible, par exemple en remplaçant un tank à détente directe par un tank à eau glacée (voir page 12) fonctionnant en heures creuses, ou en programmant la production d'eau chaude hors des heures de pointe mobile des tarifs EJP (ou des heures pleines jours rouges Tempo),

- En diminuant la pointe de puissance appelée de manière à souscrire un abonnement plus économique, solutions des tableaux pages 11 et 12.

□ Solutions à approfondir pour les économies d'énergie

Ces solutions doivent encore être testées pour mieux chiffrer leur efficacité et définir leurs critères de faisabilité.

Solution	Efficacité	Critères de faisabilité	page
• Optimisation des conditions de fonctionnement du tank	• Jusqu'à 25% d'économies d'électricité	• A étudier avec les installateurs	10
• Optimisation du débit de la pompe à vide	• Gains possibles très importants mais coûts d'investissement élevés	• A étudier avec les spécialistes de la filière	10
• Optimisation de la conduite du lavage de la machine à traire (1)	• Dépend : <ul style="list-style-type: none">• de la baisse de la température de consigne du chauffe-eau• de la durée des cycles	• Choisir les produits de lavage en fonction de la température de l'eau	
• Optimisation du volume tank	• Par diminution des déperditions	• Adapter le volume du tank en tenant compte des variations saisonnières de la production	

(1) Un pré-lavage à eau tiède (30 à 35 °C) offre deux avantages :

- mieux éliminer la matière grasse que l'eau froide qui a tendance à solidifier les graisses,
- préchauffer les tuyauteries pour le lavage, d'où une température en fin de cycle plus élevée. On peut alors envisager de diminuer la température de consigne du chauffe-eau. En effet, plus elle est faible, plus les économies d'énergie sont conséquentes (voir page 2 l'importance de sa consommation).

Toutefois, la température de l'eau doit être adaptée aux produits utilisés pour maintenir la qualité du lavage.

L'usage d'un récupérateur de chaleur est d'autant plus intéressant que la température de l'eau de lavage se rapproche de 50 °C.

■ Installation d'un prérefroidisseur

Le prérefroidisseur est un échangeur de chaleur entre le lait et l'eau froide.

Sa mise en place, après la pompe à lait, permet d'envoyer dans le tank un lait prérefroidi entre 13 et 20 °C en moyenne.

L'économie d'énergie sur la consommation du tank atteint en général 50 %. Elle dépend de la température d'entrée de l'eau et des débits de lait et d'eau.

D'autres avantages sont intéressants mais difficilement quantifiables économiquement. On peut citer l'amélioration de la sécurité de la production en cas de panne du tank, la production d'eau tiède utilisable pour l'abreuvement des vaches en hiver, une possible diminution de la lipolyse.

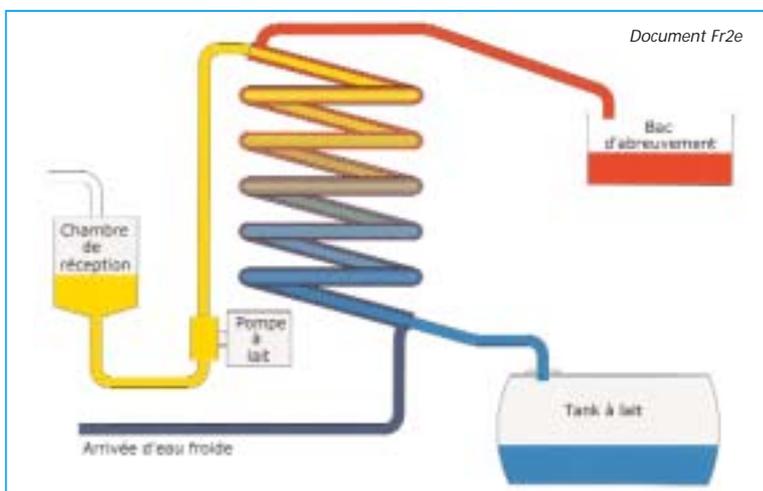
Il existe deux types de prérefroidisseurs sur le marché : les tubulaires et ceux à plaques.

Le schéma de principe ci-dessous décrit le **modèle tubulaire**. Il est composé d'un échangeur coaxial entre deux circuits : à l'intérieur, celui du lait qui cède de la chaleur (jaune vers bleu) et à l'extérieur, celui de l'eau qui se réchauffe (bleu vers rouge).

Deux produits existent sur le marché mais aucun essai comparatif des performances de ces 2 appareils n'a été réalisé à ce jour, notamment sur la quantité d'eau nécessaire pour refroidir un litre de lait à une température donnée :

1. le PRT 32-24 de Frigélaït, qui a une section du tube intérieur de 8 cm², une longueur de 24 m et une surface d'échange de 7680 cm². Le débit d'eau est régulé par une vanne thermostatique suivant la température de l'eau souhaitée en sortie. Pour les élevages très importants, à partir de 2x8 postes de traite, il est conseillé d'en installer 2 en parallèle. Son coût installé est d'environ 3300 € HT.

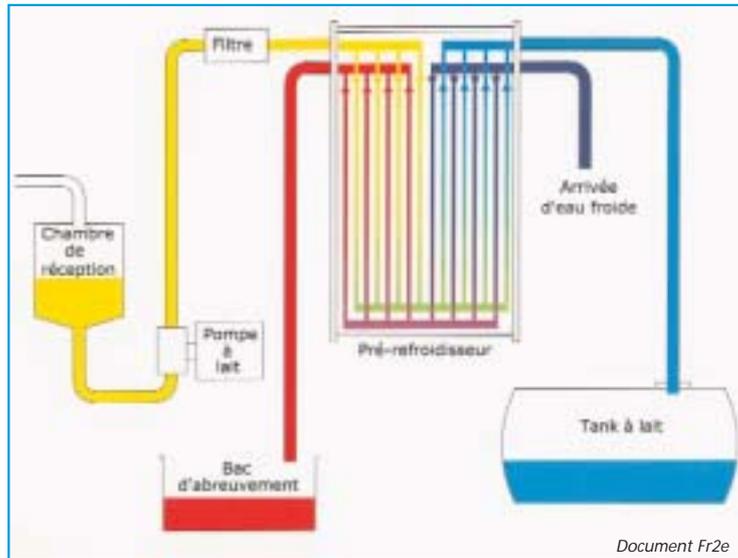
2. le Compact Cooler de Packo, composé de 2 circuits de 16 m en parallèle avec une section des tubes intérieurs de 2 cm² chacun et une surface d'échange totale de 5120 cm². Deux prérefroidisseurs sont conseillés à partir de 2x6 postes. Une électrovanne avec temporisation réglable, actionnée à chaque déclenchement de la pompe à lait, laisse passer la quantité d'eau souhaitée. Son coût installé est d'environ 2700 € HT.



Le prérefroidisseur à plaques, schéma ci-contre, est constitué d'un empilement de plaques laissant passer alternativement l'eau et le lait à contre courant.

Le filtre à lait est indispensable pour éviter le colmatage entre les plaques. Leur démontage est possible et nécessaire, entre autres si l'eau est trop minéralisée.

Ce matériel existe en différentes tailles chez plusieurs fournisseurs. Le prix moyen installé pour un modèle 32 plaques est de 2700 € HT.



■ Comparaison des 2 types de prérefroidisseur

La faible épaisseur entre les plaques entraîne des pertes de charge beaucoup plus importantes que dans les modèles tubulaires. Ce point est à prendre en compte dans le choix de la pompe à lait. Pour la même raison, un grand nombre de laiteries signale un risque d'encrassement. Toutefois, certains éleveurs les utilisent depuis longtemps, sans problème de qualité du lait.

L'encombrement des prérefroidisseurs à plaques est nettement plus faible.

■ Analyse économique

Pour une production annuelle de 360 000 litres de lait et une consommation moyenne du tank de 20 Wh/litre, la consommation annuelle est de 7 200 kWh.

L'économie d'énergie peut atteindre 3 600 kWh, soit 324 € HT/an pour un prix du kWh de 0,09 €. On peut espérer un temps de retour entre **8 et 10 ans**.

Ce temps de retour est ramené entre **5 et 6 ans** pour une production annuelle de 600 000 litres.

Attention : si un récupérateur de chaleur est déjà installé sur le condenseur du tank, l'installation d'un prérefroidisseur diminuera la quantité de chaleur récupérable.

Lors de l'installation du circuit d'abreuvement, le risque de gel doit être pris en compte.

■ Optimisation du rendement d'un prérefroidisseur existant

L'économie d'énergie de 50 % est atteinte à condition d'effectuer un réglage optimal du débit d'eau pour obtenir une température du lait comprise entre 12 et 20 °C (suivant la température de l'eau froide).

Pour le site 1 par exemple, la température du lait est de 23 °C en sortie de prérefroidisseur. La modification du débit d'eau, en réglant sa durée d'écoulement, doit apporter une amélioration.

Dans le cas du site 3, la température du lait varie de

22 °C à 29 °C en sortie de prérefroidisseur car l'alimentation en eau froide est commandée par une vanne 1/4 de tour, peu précise. Les modèles actuels de ce fabricant sont équipés d'une régulation thermostatique maintenant la température de l'eau en sortie à une valeur choisie, système qu'il est possible d'installer sur les appareils de 1^{re} génération. La température du lait devrait alors être ramenée vers 20 °C.

Coût de cette modification : 250 €HT.

■ Installation d'un récupérateur de chaleur sur le condenseur du tank

Lors du fonctionnement du tank à lait, une quantité de chaleur importante est produite au niveau du condenseur. Elle est évacuée le plus souvent par circulation d'air.

Il est intéressant de récupérer une partie de cette chaleur pour le préchauffage de l'eau de lavage de la machine à traire et du tank, le réchauffage de l'eau des abreuvoirs, ou comme appoint pour le chauffage de locaux (à basse température).

Deux systèmes de récupérateurs existent actuellement sur le marché, et il semble qu'aucun essai comparatif n'ait été réalisé.

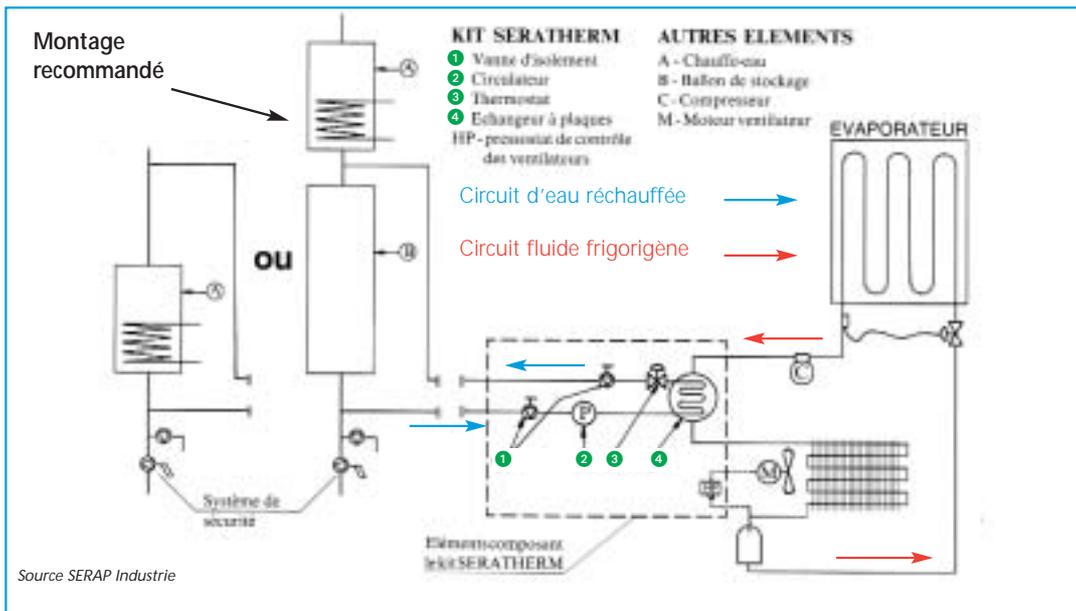
Dans les 2 cas, l'échangeur de chaleur est raccordé en série entre le condenseur et le compresseur du groupe froid.

■ Système avec échangeur à plaques (Serap, Packo, DeLaval ou autre)

Il a une capacité de récupération permettant de porter environ 3/4 de litre d'eau froide de 15 à 55 °C par litre de lait refroidi de 35 à 4 °C. Un chauffe-eau d'appoint est nécessaire pour obtenir une température supérieure.

Le kit Sératherm décrit ci-dessous comprend :

- un échangeur à plaques ④,
- une pompe de circulation ② entre l'échangeur et le ballon d'eau chaude,
- un thermostat ③ qui s'ouvre quand la température de l'eau en sortie de l'échangeur atteint 50 °C,
- un pressostat qui enclenche les ventilateurs du condenseur quand l'eau atteint la température de 55 à 60 °C,
- 2 vannes d'arrêt pour l'isolement et le détartrage de l'échangeur.



Remarque: en zone tempérée, le meilleur rendement du groupe froid est obtenu pour une température ambiante voisine de 10 °C. Avec récupérateur, ce sera également le cas si la température de l'eau est de 10 °C.

Suggestion d'un fabricant: avant la traite, il peut être intéressant de vider l'eau chaude restant dans le ballon.

Dans ce cas, un bac de récupération des eaux pour le lavage des sols est conseillé.

Cette économie d'énergie supplémentaire, liée à l'amélioration du rendement du groupe froid est actuellement difficile à évaluer, faute de mesures.

Il existe plusieurs modèles, de 900 à 1 200 € HT non installé, à choisir suivant la taille du tank et le volume d'eau à réchauffer.

■ Système à ballon de stockage avec échangeur interne (Japy, Packo ou autre)

Ce récupérateur de calories est un ballon isolé de 200 à 700 litres, équipé d'un échangeur thermique adapté au passage du fluide frigorigène provenant du groupe froid du tank.

Le schéma ci-dessous montre la simplicité du système.

Le site N° 2 est équipé d'un modèle 200 litres mais sans chauffe-eau d'appoint. Lors des mesures (réalisées en période chaude), la température de l'eau était comprise entre 62 et 72 °C après l'arrêt du tank.

L'éleveur précise que, pendant les périodes de faible production laitière, elle peut descendre à 50 °C

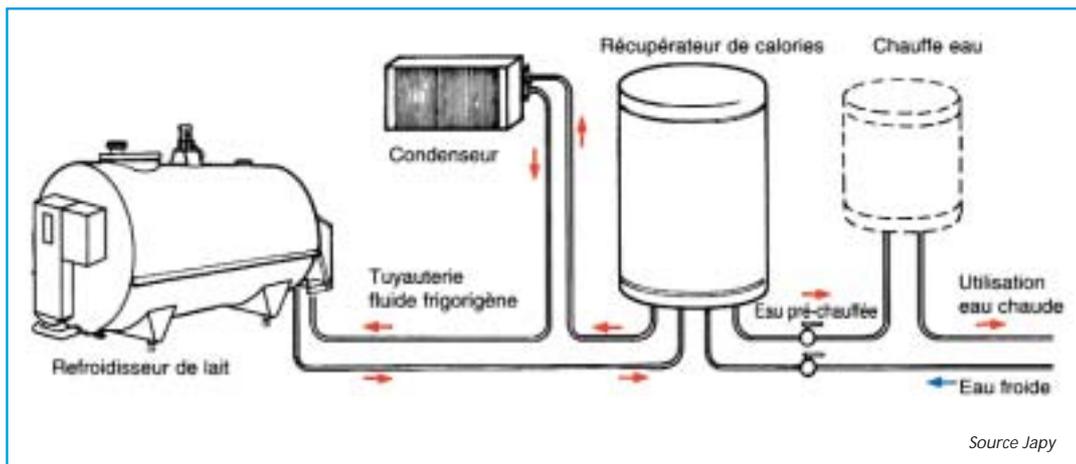
Bien que ces températures soient inférieures à ce qui est généralement pratiqué, la qualité du lavage

est correcte, comme le confirment les analyses de lait. Il est important de noter le faible volume d'eau chaude prélevé par jour : 70 à 120 litres (avec lavage du tank). Pour des volumes plus importants, un chauffe-eau d'appoint serait nécessaire.

Dans la version de base (sans pressostat ou régulateur) on peut porter environ 1/2 litre d'eau froide de 15 à 55 °C par litre de lait refroidi de 35 à 4 °C. Dans ce cas, les ventilateurs du condenseur fonctionnent en permanence et les calories qui ne sont pas immédiatement récupérées sont évacuées par le circuit d'air.

Si un pressostat est installé pour commander les ventilateurs, une quantité plus grande de chaleur est récupérée.

Le prix indicatif non installé de ces appareils varie de 1400 à 6900 € HT.



■ Economies envisageables

Prenons le cas d'un chauffe-eau de 300 litres à 65 °C. La température de l'eau froide de 10 °C sera portée à 55 °C par le récupérateur, soit 82 % des besoins, ce qui représente l'économie réalisable sur la production d'eau chaude.

L'énergie électrique consommée annuellement pour amener l'eau de 10 à 65 °C est estimée à **7823 kWh**. L'économie attendue est de **6415 kWh**, soit **371 € HT** (pour un coût moyen de **0,0579 €/kWh**).

Pour un récupérateur à plaques avec ballon de stockage, d'un coût installé d'environ 1800 € HT, le temps de retour serait de **4,9 ans**.

Attention, ces chiffres résultent d'estimations qu'il serait intéressant de conforter par des mesures précises.

Optimisation des conditions de fonctionnement du tank

Les enregistrements de température réalisés dans 4 laiteries ont confirmé la forte élévation ressentie à la mise en route du tank à lait. Les hausses dépassent souvent 10 °C.

Dans la plupart des cas, l'aération de la laiterie est insuffisante, ce qui provoque une surconsommation du tank.

Une première solution consiste à réaliser un conduit entre le condenseur et l'extérieur pour évacuer l'air chaud ; il peut être enlevé aux périodes très froides.

Le condenseur peut aussi être installé à l'extérieur en prenant quelques précautions surtout dans les régions froides.

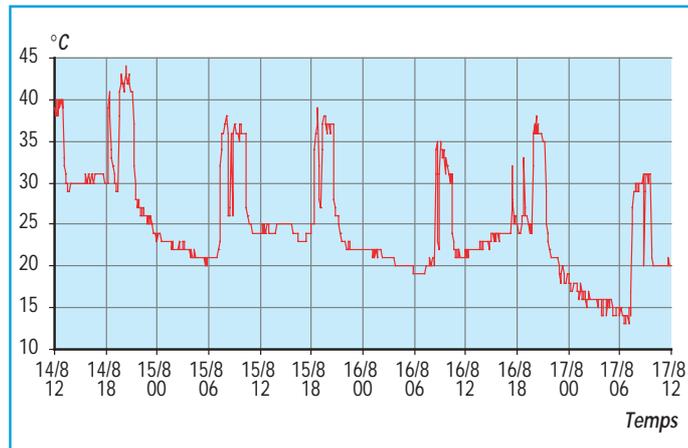
Dans les 2 cas, l'installateur doit être consulté.

Le graphe ci-contre permet d'évaluer les économies possibles : une diminution de la température de 30 à 25 °C entraîne un gain de 5 Wh/l, soit 14 %.

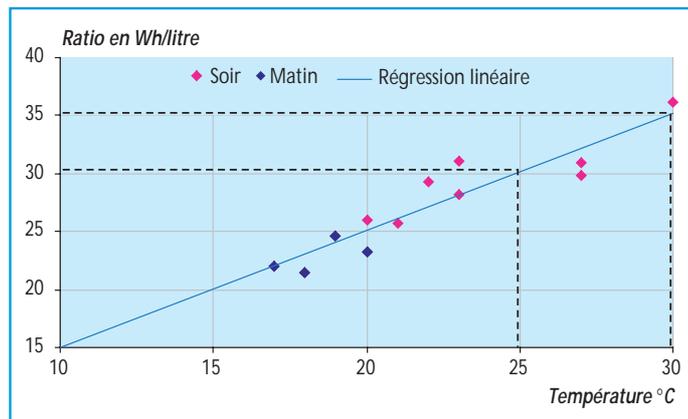
Après avoir mis en place la première solution, l'éleveur du site 2 a obtenu une économie d'environ 20 à 25 % pendant les premiers mois.

Ce graphe confirme la remarque faite page 8 sur les conditions de fonctionnement optimales du récupérateur.

○ Température laiterie, Site 8



○ Corrélation ratio de consommation du tank et température avant la traite, Site 2



Rappel : Le condenseur doit être nettoyé régulièrement

Optimisation du débit de la pompe à vide

Dans une installation de traite, le débit de la pompe à vide est très largement supérieur aux besoins de fonctionnement de l'ensemble des composants. La réserve de débit ainsi obtenue, permet de faire face aux entrées d'air occasionnelles en maintenant la dépression.

Il en résulte qu'une grande part de la consommation électrique du moteur de la pompe à vide est utilisée uniquement pour maintenir cette réserve. Un variateur électronique de vitesse couplé à un capteur de dépression peut ajuster avec précision le

débit de la pompe aux besoins instantanés, divisant la consommation électrique au moins par 2.

De telles machines fonctionnent aux États-Unis mais, compte tenu de leur prix encore élevé, les économies d'énergie ne permettent pas d'en amortir le surcoût à elles seules car la durée de la traite est plus courte en France.

Les gains financiers liés à l'amélioration de la qualité de la dépression seraient aussi à prendre en compte.

Solutions validées pour diminuer les chutes de tension

La tension délivrée à un abonné doit être de 230 volts -10 % + 6 %, soit 207 à 244 volts. Si ces limites sont dépassées pendant une durée trop importante, on dit que le départ (ligne basse tension à partir du transformateur EDF) est en contrainte. Il peut être nécessaire de réaliser des travaux : soit de renforcement du réseau, soit de diminution des puissances appelées.

Le plus souvent, ces chutes de tension sont mises en évidence par des baisses de l'éclairage car les lampes à incandescence y sont très sensibles. On peut remarquer que l'éclairage à fluorescence l'est nettement moins.

La diminution des chutes de tension peut être obtenue par :

1. l'abaissement de la puissance nominale en choisissant des appareils performants,
2. l'équilibrage du réseau basse tension ou de l'installation triphasée des abonnés,
3. par la limitation de la pointe de puissance synchrone en décalant le fonctionnement des appareils entre eux, en diminuant leur temps de fonctionnement, ou en changeant d'énergie.

Solution	Efficacité	Critères de faisabilité	page
• Remplacement d'un tank à détente directe par un tank à eau glacée	• Très efficace car la glace est produite la nuit. Le condenseur du tank fonctionne dans de meilleures conditions.	• Obtenir l'accord de la laiterie. Nécessite plus de place qu'un tank à détente directe. • Vérifier si le réseau n'est pas en contrainte pendant les heures creuses	12
• Équilibrage et amélioration de l'installation électrique triphasée	• Très bien	• Vérifier également si les câbles ont une section suffisante.	13
• Diminution du courant de démarrage des moteurs	• Bien • Dépend du type de matériel utilisé	• Matériel couramment utilisé dans l'industrie • A étudier avec les installateurs	13
• Lavage de la salle de traite à basse pression	• Bien	• Un réservoir de stockage permet de récupérer une partie des eaux de lavage de la machine à traire	13
• Programmation du ballon électrique pour la production d'eau chaude	• Bien pour la diminution de la pointe synchrone	• Vérifier si le réseau n'est pas en contrainte pendant les heures creuses	14
• Autres modes de production d'eau chaude	• Très bien • Nécessite l'installation d'un stockage	• Emplacement du stockage • Évacuation des fumées	14
• Installation d'un prérefroidisseur	• Bien. Diminue uniquement la durée de la pointe synchrone.	• Disposer de l'emplacement nécessaire Récupération de l'eau tiède pour l'abreuvement. Risque de gel du circuit d'abreuvement • Approvisionnement en eau suffisant	
• Récupération de chaleur sur le condenseur du tank pour produire l'eau chaude nécessaire au lavage	• Bien car le chauffe-eau électrique fonctionne seulement en appoint et peut être de volume et puissance plus faibles	• Disposer de l'emplacement nécessaire. Accord de la laiterie. • A étudier avec les spécialistes concernés	
• Système de lavage économe du tank	• Bien. Diminue uniquement la durée de la pointe synchrone.		

☐ Solutions nécessitant un approfondissement complémentaire

Solution	Efficacité	Critères de faisabilité	page
<ul style="list-style-type: none"> Mise en route différée du tank avec prérefroidisseur 	<ul style="list-style-type: none"> Bonne. Diminution importante de la pointe synchrone. 	<ul style="list-style-type: none"> Idem prérefroidisseur. En cours de validation pour le maintien de la qualité du lait 	14
<ul style="list-style-type: none"> Optimisation de la conduite du lavage de la machine à traire 	<ul style="list-style-type: none"> Diminue uniquement la durée de la pointe synchrone 	<ul style="list-style-type: none"> A étudier avec les spécialistes concernés 	
<ul style="list-style-type: none"> Amélioration de conditions de fonctionnement du tank 	<ul style="list-style-type: none"> Diminue moyennement la durée de la pointe synchrone 	<ul style="list-style-type: none"> A étudier avec les installateurs 	

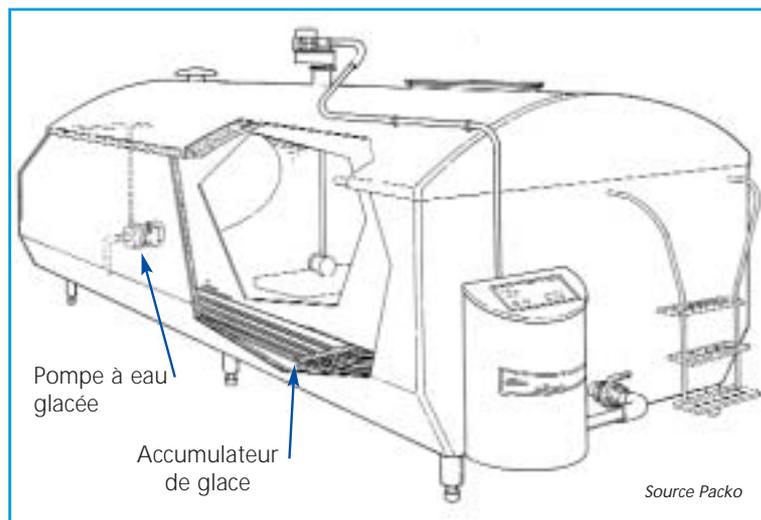
■ Remplacement d'un tank à détente directe par un tank à eau glacée

Cette solution est proposée comme alternative à l'installation d'un prérefroidisseur avec décalage du tank pour faire fonctionner ce dernier en dehors des périodes de traite, de l'utilisation des appareils électriques puissants et de la pointe de puissance du soir dans l'habitat.

Avec ce matériel, la cuve intérieure est refroidie par projection d'eau < 1 °C.

Du point de vue des chutes de tension, le premier avantage d'un tank à eau glacée est que la **production de glace peut être programmée la nuit** où les puissances appelées par les abonnés sont en général plus faibles, et en période tarifaire « heures creuses » plus intéressante financièrement (ce qui compense la surconsommation inhérente à cet appareil). Le second tient à la **puissance appelée qui est 2 à 3 fois moins importante** qu'avec les tanks classiques.

D'autre part, le condenseur du groupe froid fonctionne dans de meilleures conditions car la température ambiante est nettement plus faible la nuit, surtout en été. Toutefois, il n'a pas été trouvé d'étude chiffrant les économies procurées par ce mode de fonctionnement. Il faut rappeler que la consommation électrique d'un tanks peut augmen-



ter de plus de 50 % en période chaude, ce que semblent confirmer les mesures réalisées sur plusieurs sites de cette opération (voir 3^e graphe page 3).

Le surcoût d'un tank à eau glacée est de 1000 à 1800 € HT, auquel il faut ajouter les frais d'installation, à estimer au cas par cas, notamment en raison de leur plus grande hauteur.

La diminution de la pointe de puissance synchrone est égale à la puissance du tank à détente directe (**de 2 à plus de 10 kW**) moins la pompe à eau glacée (monophasée) qui fonctionne toujours pendant la traite.

■ Équilibrage et amélioration de l'installation électrique

L'équilibrage d'une installation triphasée est un moyen simple et efficace pour diminuer les chutes de tension. Un fort déséquilibre peut provoquer simultanément des chutes sur une phase et des hausses sur une autre.

Les mesures réalisées sur le site 8 ont mis en évidence 2 causes de fortes chutes de tension liées à l'installation électrique :

1. La phase 2 est très chargée, avec des chutes de tension beaucoup plus importantes que sur les 2 autres phases. Un distributeur automatique de lait de 4500 W biphasé est raccordé sur les phases 2

et 3. Son raccordement sur les phases 1 et 3 apporterait une amélioration importante.

2. Le câble entre le compteur EDF et le bloc de traite, de faible section, provoque à lui seul une chute de tension de 10 à 12 volts (5 %), accentuant fortement les chutes de tension du réseau. Le remplacement de ce câble est à envisager.

De manière générale, la diminution des chutes de tension sur le réseau basse tension doit prendre également en compte le rééquilibrage du réseau, notamment le choix de la phase de raccordement des abonnés alimentés en monophasé.

■ Diminution du courant de démarrage des moteurs électriques

Lors de la phase de démarrage, le courant absorbé par un moteur peut atteindre jusqu'à 10 fois la valeur nominale, avec un effet proportionnel sur les chutes de tension.

Ces chutes, en général de durée inférieure à 1 seconde, se traduisent par une baisse brutale de l'éclairage.

Dans certains cas, la chute est trop importante et le moteur ne démarre pas.

Ces inconvénients peuvent être atténués, voire supprimés, par l'emploi de démarreurs ou variateurs de vitesse électroniques

Les démarreurs électroniques, en faisant varier la tension, divisent le courant de démarrage par 2 ou

3 et limitent les à coups mécaniques. Leur prix varie de 120 € HT pour 3 kW à 300 € HT pour 11 kW.

Plus efficaces, les variateurs de vitesse, en agissant sur la tension et la fréquence, peuvent supprimer la surintensité au démarrage dans de nombreuses applications.

Les prix varient de 350 € HT pour 750 W à 1 800 € HT pour 7,5 kW.



■ Lavage de la salle de traite à basse pression

Le lavage de la salle de traite peut être effectué à la pression du réseau, avec une pompe de surpression, ou avec un laveur haute pression.

Ce dernier demande le plus de puissance : 3 à 6 kW, et n'est pas nécessairement le plus efficace.

Les éleveurs des sites 1 et 8 utilisent avec satisfaction une pompe de surpression de puissance respective 1,5 et 1,7 kW seulement. Cet usage

pouvant être synchronisé avec le fonctionnement du tank, la diminution de la pointe de puissance appelée est intéressante et peut permettre de réduire la chute de tension induite.

Cette solution offre la possibilité de réutiliser une partie des eaux de lavage de la machine à traire, cas du site 1.

A noter que l'arrosage des quais avant la traite facilite ensuite le lavage.

■ Programmation de la production d'eau chaude sur ballon électrique

De nombreuses exploitations ont choisi un abonnement EJP et dans la plupart des cas le chauffe-eau électrique fonctionne à la demande toute la journée.

Une vingtaine de litres d'eau chaude prélevés en début de traite suffisent à déclencher le thermostat, créant ainsi un appel en puissance supplémentaire de 3 kW ou plus.

Une simple horloge programmable permet d'empêcher le fonctionnement du chauffe-eau en même temps que le tank et la pompe à vide, sans inconvénient pour la production d'eau chaude.

Coût de cette solution: 50 à 150 € HT suivant les contraintes d'installation.

■ Autres modes de production d'eau chaude

Le choix d'un mode de production de l'eau chaude utilisant une autre énergie que l'électricité permet d'éliminer tout ou partie de la puissance nécessaire à cet usage. Dans certains cas, il faut disposer d'un appoint.

Il y a deux familles de matériels :

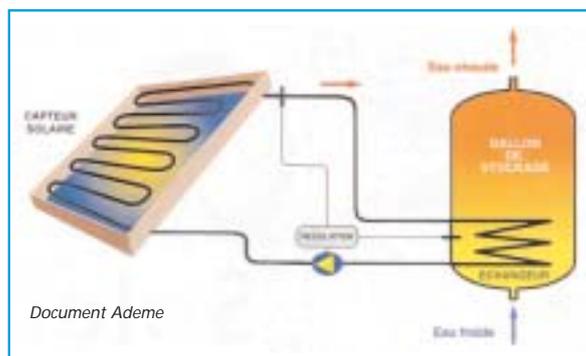
1. Production d'eau chaude seule

Un préparateur d'eau chaude fonctionnant au gaz propane peut être installé dans la laiterie en remplacement du ballon électrique. Il permet grâce au couplage du stockage et de la production instantanée de fournir à tout moment le débit d'eau chaude souhaité à la température de consigne. Le propane doit être stocké en citerne.

L'installation d'un chauffe-eau solaire est intéressante car elle permet d'utiliser une énergie renouvelable. Son principe, schématisé ci-contre, est simple. Un appoint est nécessaire pour les périodes de faible ensoleillement. Le ballon électrique existant peut être utilisé à cet effet.

2. Production d'eau chaude par une chaudière double usage

Elle permet d'assurer conjointement le chauffage domestique et la production d'eau chaude de l'habitation et de la laiterie lorsqu'elles sont proches l'une de l'autre.



bitation et de la laiterie lorsqu'elles sont proches l'une de l'autre.

Dans ce cas, on peut utiliser le bois broyé sous forme de plaquettes: énergie locale et renouvelable. Le bois, stocké dans un silo, alimente automatiquement la chaudière.

Le confort d'usage est alors très supérieur à celui des chaudières à bûches. Le broyeur est le plus souvent un matériel collectif acquis dans le cadre d'une CUMA.

Prendre des renseignements auprès de la délégation régionale de l'ADEME pour disposer d'éventuelles subventions.

□ Mise en route du tank avec prérefroidisseur

Le tank à lait est, en général, l'appareil le plus puissant du bloc de traite. Pour diminuer la pointe de puissance synchrone, il apparaît intéressant de mettre le tank en marche à la fin du lavage de la machine à traire, quand la pompe à vide est arrêtée.

Pour maintenir le refroidissement du lait dans les délais prévus, il est nécessaire d'installer un prérefroidisseur qui abaissera la température du lait sous 20 °C avant de l'envoyer dans le tank. Avec cet appareil, le temps de fonctionnement peut être divisé par 2.

Une étude test, menée par Fr2e en 1997 sur quelques élevages, avait donné des résultats satisfaisants. Une seconde opération est en cours en Maine et Loire pour vérifier sur un échantillon plus large si cette préconisation n'entraîne pas une baisse de la qualité du lait.

Elle permettra de vérifier si le décalage ne provoque pas de nouvelles contraintes, surtout après la traite du soir

■ Conclusions

Un large éventail de solutions techniques est disponible pour réaliser des économies d'énergie ou réduire les chutes de tension, certaines nécessitant encore quelques approfondissements complémentaires.

Un diagnostic permet tout d'abord de repérer tout écart important avec des ratios moyens de consommation, causé par un éventuel **dysfonctionnement**.

Ensuite, il présente les solutions les plus pertinentes

en fonction de l'objectif fixé, des conditions locales, des analyses énergétiques et économiques.

Pour adapter les solutions à chaque exploitation, il est nécessaire de réaliser un diagnostic au cas par cas. Malgré tout, les enseignements extraits des diagnostics expérimentaux permettent de tirer quelques conclusions générales, selon les 5 classes d'élevages différenciées ici. Ces résultats correspondent à des cas moyens et ne peuvent refléter précisément chaque situation particulière.

○ Ordre d'importance des consommations

Classes (Production en 1 000 litres)	Exploitations %	Production eau chaude	Tank	Pompe à vide	Autres
1 0 - 150	44,5	1	4	3	2
2 151 - 200	18,4	1	2	4	3
3 201 - 250	14,0	1	2	4	3
4 251 - 400	18,3	2	1	4	3
5 + de 400	5,7	2	1	3	4

Dans le tableau ci-dessus, on constate que pour les 3 premières classes qui représentent environ 70% des exploitations, la production d'eau chaude est l'usage le plus consommateur. Le tank à lait devient le principal consommateur pour les élevages les plus importants. Cet ordre montre donc l'usage sur lequel il est prioritaire d'intervenir.

Pour les solutions entraînant des économies d'énergie, l'analyse économique permet de déterminer le temps de retour brut de l'installation (*tableau ci-dessous*). C'est le nombre d'années permettant à l'éleveur d'amortir l'installation par les économies financières générées par les économies d'énergie.

○ Temps de retour pour les principales solutions

Classes (Production en 1 000 litres)	Coût moyen c €/kWh (hors TVA)	Temps de retour en années		
		Amélioration fonct. tank	Installation (1) Prérefroidisseur	Récupérateur (2)
1 0 - 150	6,5 à 8	6 et +		8 et +
2 151 - 200	8	5 à 6		7 à 8
3 201 - 250	8	2 à 4	11 et +	6 à 7
4 251 - 400	9	2	6 à 10	4 à 6
5 + de 400	8,2	3 à 12 mois	5 à 9	2 à 4

(1) Suivant la taille de l'élevage, la marque du prérefroidisseur et le nombre de prérefroidisseurs installés.

(2) Pour des performances atteignant 80 % d'économie.

Réduire les chutes de tension permet d'éviter ou de reporter des travaux de renforcement du réseau électrique et entraîne donc une économie conséquente pour les collectivités locales.

Les techniques existent ainsi que les outils permettant de mener à bien des opérations de travaux économiquement intéressantes, aussi bien pour la filière lait que pour la collectivité.