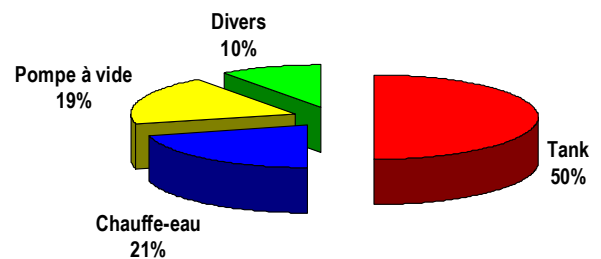


Comment économiser de l'électricité dans le bloc traite ?

La consommation électrique du bloc traite représente 20 % en moyenne de la consommation énergétique totale d'une exploitation laitière. Le tank à lait est le principal consommateur (la moitié environ de la consommation électrique), suivi de la production d'eau chaude pour le nettoyage du matériel et l'hygiène de traite (20%).

Les variations peuvent être importantes d'un élevage à l'autre. La consommation énergétique du tank à lait est fortement liée à la quantité de lait produite : plus la taille de l'élevage augmente, plus la part (en %) de la consommation du tank est importante.

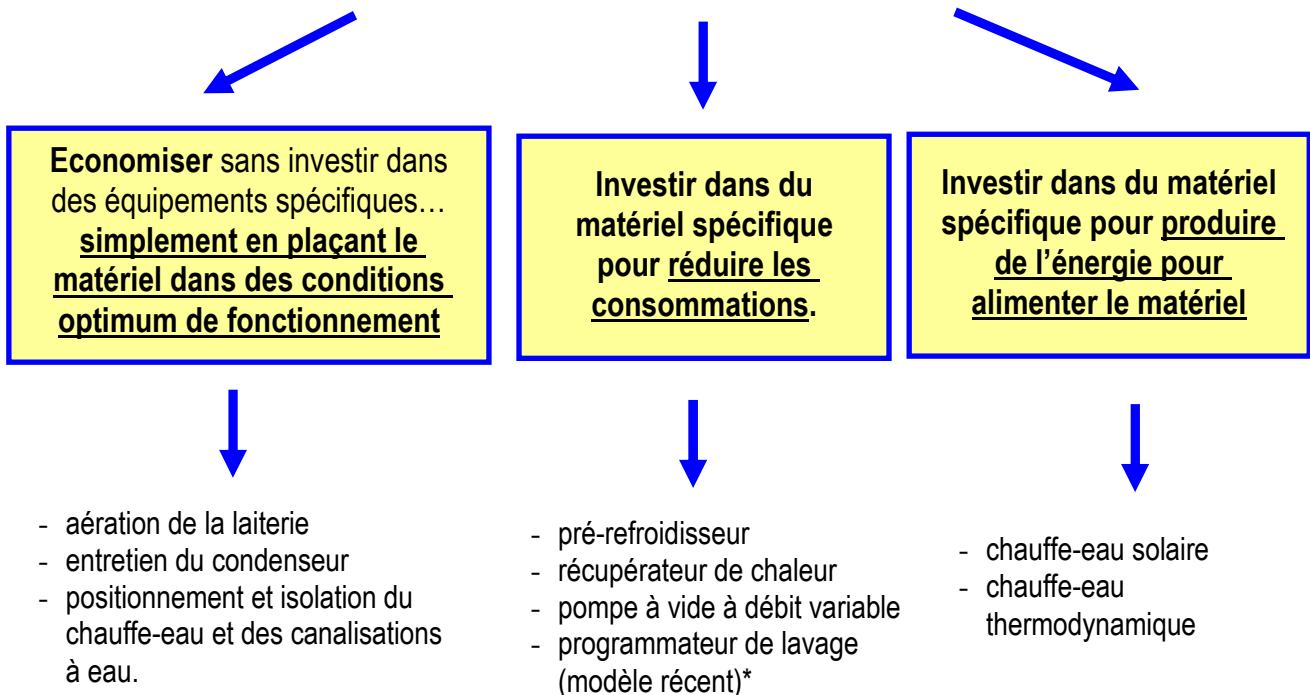
Répartition des consommations d'électricité en élevage laitier



Source : Institut de l'élevage
Chambres d'agriculture Bretagne et Pays de la Loire

Quelles solutions ?

Plusieurs voies d'économies sont possibles. Elles peuvent être combinées entre elles. Elles sont à raisonner différemment selon la situation de l'éleveur : construction d'une laiterie neuve ou aménagement d'un local existant ; tank en place appartenant à la laiterie ou projet d'achat d'un tank neuf etc..



* Les modèles récents sont conçus pour diminuer les temps des différentes phases de lavage.

1- Pour économiser de l'énergie... éviter d'abord d'en gaspiller !

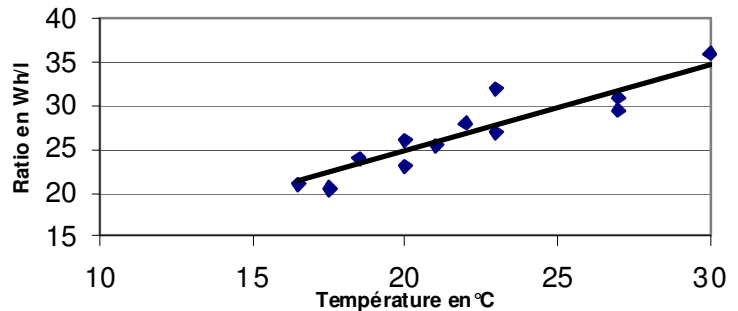
1.1- Aération insuffisante de la laiterie = surconsommation du tank.

Plus il fait chaud au niveau des condenseurs, plus le tank consomme. Dans l'exemple ci-contre, une augmentation de la température de 5°C près des condenseurs s'est traduite par une augmentation de 15% de la consommation du tank.

Rappelons que dans nos régions tempérées, le meilleur rendement du groupe froid des tanks est obtenu pour une température ambiante voisine de 10°C*.

Il est donc essentiel de pouvoir évacuer la chaleur générée par son fonctionnement, qui contribue à augmenter la température ambiante dans la laiterie.

Répartition de la consommation du tank en fonction de la température aux abords des condenseurs

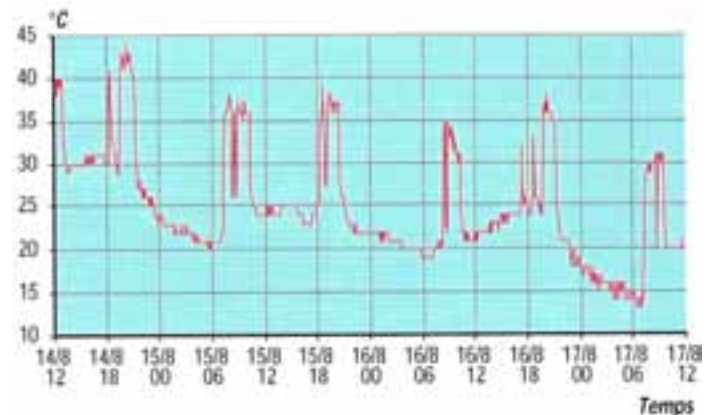


Source : Fr2e – Institut de l'élevage - ADEME

Placer les condenseurs dans de bonnes conditions de fonctionnement ?

- S'ils sont sur le tank, l'aération de la laiterie est essentielle : entrée d'air basse à proximité du condenseur et sortie d'air haute.
- S'ils sont dehors (installations anciennes) : éviter de les exposer au sud.
- Si vous devez aménager une nouvelle laiterie, le positionnement de la partie arrière du tank à l'extérieur peut être envisagé (solution intéressante pour les gros tanks car permet d'économiser sur la surface de la laiterie).

Evolution de la température dans une laiterie : après les traites, la température s'accroît de plus de 10°C.



Source : Fr2e – Institut de l'élevage - ADEME



Laiterie « nouvelle génération » : avant du tank dans la laiterie ; arrière à l'extérieur (sous un auvent ou abri bien ventilé)

* Source ADEME – Fr2e

1.2- Condenseur encrassé = surconsommation du tank.

Les condenseurs doivent être nettoyés régulièrement (tous les 2-3 mois) au compresseur à air ou avec une brosse souple, en prenant garde de ne pas plier les ailettes. La fréquence de nettoyage est à adapter selon la poussière ambiante.

1.3- Eviter les déperditions de chaleur de l'eau sanitaire

Le chauffe-eau doit être placé à proximité des points de consommation. Son isolation et celle des canalisations permet de limiter les pertes de chaleur.

Pour le nettoyage de la machine à traire, le pré-lavage à l'eau tiède pourrait également être une solution d'économie. Après le passage du lait à une température de 30-32°C, elle permet en effet de maintenir les tuyaux à température avant la phase de lavage à l'eau chaude. Rappelons que la température de l'eau en fin de lavage doit être de plus de 35°C.



2- Le récupérateur de chaleur sur le tank à lait

Le refroidissement du lait génère de la chaleur qui est récupérée pour préchauffer l'eau. Cet équipement peut permettre une économie de l'ordre de 80 % sur la consommation du chauffe-eau, soit environ 15% sur la consommation d'électricité totale du bloc traite.

2.1- Fonctionnement

Pour refroidir 1 litre de lait de 35°C à 4°C, le tank consomme en moyenne 27 Wh. Cette énergie calorifique est évacuée dans l'air donc perdue. Dans le même temps, le chauffe-eau consomme de l'énergie électrique ou fossile pour chauffer l'eau de lavage. Par des équipements simples et aujourd'hui fiables, il est possible de transférer ces calories pour préchauffer l'eau, en plaçant un échangeur de chaleur sur le circuit du fluide frigorigène du tank, entre le compresseur et le condenseur ventilé.

Il existe deux types de matériel sur le marché :

- les **récupérateurs à échangeurs tubulaires internes** : le fluide frigorigène du tank circule dans un serpentin situé dans un ballon de stockage de l'eau à réchauffer
- les **récupérateurs à échangeurs à plaques** : le fluide frigorigène et l'eau à réchauffer circulent à contre-courant dans un échangeur à plaques en inox ; l'eau préchauffée est stockée dans un ballon relié au chauffe-eau.

Schéma de fonctionnement d'un récupérateur de chaleur (échangeur tubulaire)



Source : Institut de l'élevage

2.2- Les points techniques à prendre en compte

Quelque que soit le type de matériel choisi :

- L'échangeur de chaleur est raccordé en série entre le condenseur et le compresseur du groupe froid (prévoir un échangeur par groupe froid). L'installation doit être effectuée par un frigoriste. L'accord de la laiterie est indispensable si celle-ci est propriétaire du tank.
- Les pressions de fonctionnement du tank ne doivent pas être modifiées pour tenter d'avoir de l'eau plus chaude.
- L'eau préchauffée doit être stockée dans un **ballon intermédiaire** relié au chauffe-eau qui sert d'appoint. Pour optimiser le fonctionnement, l'eau préchauffée peut être introduite dans le ballon par un tube y plongeant au 2/3, percé latéralement et dont l'extrémité est bouchée. L'eau de ce ballon (température de l'ordre de 55°C) peut être directement utilisée pour le nettoyage des mains ou

l'alimentation de veaux. En revanche, l'eau utilisée pour les opérations de nettoyage est pompée dans le chauffe-eau, afin de garantir une température adaptée.

- ↪ La capacité du chauffe-eau doit être définie en fonction des besoins maximum en eau chaude.
- ↪ La taille du ballon de stockage doit être adaptée au volume d'eau utilisé par traite et être au moins équivalente à la taille du chauffe-eau.

Pour les récupérateurs à plaques

- Vigilance sur la dureté de l'eau et l'entretien.

Les récupérateurs à plaques sont plus sensibles au colmatage ou à l'encrassement que les serpentins. Pour limiter les problèmes et le vieillissement de ce type de matériel, il est nécessaire d'utiliser une eau douce et exempte d'impuretés. La mise en place d'un dispositif antitartre pour des duretés d'eau > 15°TH est fortement recommandée. Une visite d'entretien par un professionnel doit être réalisée au minimum tous les 2 ans. Attention également si l'eau est trop chargée en fer.

- Calorstat : le point faible ?

Certains constructeurs de récupérateurs à plaques intègrent un calorstat à la sortie de l'échangeur pour réguler le débit de l'eau en fonction de sa température. L'étude réalisée en 2006 a révélé des faiblesses sur cette pièce, pouvant entraîner des baisses significatives de performance du récupérateur (- 5 à -15% de perte d'économie), pas forcément facilement détectables par l'éleveur.

Plaques ou serpentins ?

- Les performances des deux types de matériel seraient sensiblement identiques. Les références les plus récentes ont été obtenues sur des échangeurs à plaques.
- L'échangeur à plaques est plus sensible à l'encrassement et au colmatage que le serpentins.
- Le serpentins étant directement dans l'eau, il doit être de bonne qualité pour éviter qu'il ne se perce. Si tel est le cas, l'eau passe dans le système de refroidissement du tank, entraînant une panne très grave.
- Pour un volume de ballon de 200 ou 300 l avec serpentins, le coût de l'équipement est sensiblement identique à une installation avec récupérateur à plaque. Au-delà, il devient significativement supérieur.

2.3- Aspect économique

Exemple de temps de retour sur investissement (chiffres issus d'enquêtes réalisées par l'Institut de l'élevage, les Chambres d'agriculture de Bretagne et Pays de la Loire*)

Consommation d'un chauffe-eau pour chauffer en moyenne 300 l d'eau par jour de 15° à 65°C pendant 365 jours	7 000 kWh	
Economie : 80 % de la consommation d'énergie du chauffe-eau	5 600 kWh	
Investissement prix installé sur tank existant *	3 000 €	
Gain sur électricité	0.05 € / kWh (HC**) 370 €	0.08 € / kWh (HP**) 590 €
Retour sur investissement	8 ans	5 ans

* Les prix peuvent être très variables selon la taille et la configuration de l'installation. ** : HC : heures creuse – HP : heures pleines

Récupérateur de chaleur à échangeur à plaques pré-installé sur tank neuf

Au-delà de l'investissement initial, il convient également d'intégrer le coût de l'entretien et de la maintenance.

L'intérêt de l'option « récupérateur de chaleur » est probablement à moduler en fonction de la taille de l'élevage. Quand celle-ci augmente, la part du chauffe-eau dans la consommation totale d'électricité du bloc traite diminue au profit du tank. L'option « pré-refroidisseur » qui permet de réduire la consommation du tank doit donc être également étudiée.

Si vous achetez un tank neuf, il est recommandé de choisir un tank pré-équipé, ce qui permet de réduire l'investissement.



2.4 Avantages et limites du récupérateur de chaleur.

+	-
<ul style="list-style-type: none">▪ Jusqu'à 80 % d'économie sur la consommation d'électricité du chauffe-eau▪ Permet d'augmenter la quantité d'eau chaude disponible▪ Peut éviter des arrêts pour « mise en sécurité » du tank en période de forte chaleur par exemple	<ul style="list-style-type: none">▪ Temps de retour sur investissement assez long (5 à 8 ans), plus coût d'entretien/maintenance▪ Nécessité d'un accord préalable de la laiterie si celle-ci est propriétaire du tank▪ Changement de tank difficile si le récupérateur n'y est pas intégré▪ Intérêt modulé selon la taille du troupeau : part relative du chauffe-eau dans la consommation globale d'électricité diminue au profit du tank

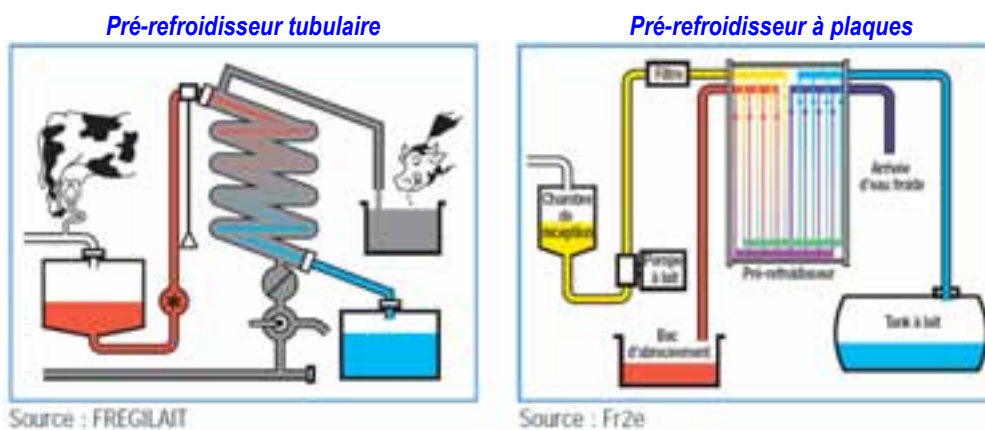
3- Le pré-refroidisseur de lait

Le lait sort de la mamelle à 37°C environ. Cet équipement permet de le pré-refroidir entre 18 et 23°C avant qu'il soit envoyé dans le tank. Le pré-refroidisseur engendre une économie de l'ordre de 50 % sur la consommation du tank, soit 25% sur la consommation d'électricité totale du bloc traite.

3.1- Fonctionnement

Le principe consiste à abaisser la température du lait avant son arrivée dans le tank en transférant ses calories dans de l'eau au moyen d'un échangeur de chaleur positionné entre la pompe à lait et le tank. L'eau ainsi tiédie (environ 15 à 18°C) peut être utilisée pour l'abreuvement des animaux ou pour les lavages des quais. Il faut 1,5 à 2,5 l d'eau pour pré-refroidir 1 litre de lait.

Il existe différents types de pré-refroidisseurs sur le marché : tubulaires (le lait descend par gravité vers le tank dans un tuyau en inox qui est en contact avec de l'eau froide) ou à plaques (circulation à contre-courant de l'eau et du lait dans un échangeur à plaques).



3.2 Les points techniques à prendre en compte

- Les échangeurs tubulaires sont à dimensionnement fixe. Au-delà d'une certaine taille de salle de traite (10 à 12 postes), il devient nécessaire d'installer un autre pré-refroidisseur en parallèle (ce qui renchérit l'investissement et rend alors le tubulaire plus onéreux que les systèmes à plaques). Les pré-refroidisseurs à plaques sont constitués d'un empilement de plaques, dont le nombre peut être modulé en fonction de la taille de l'installation.
- Les pré-refroidisseurs à plaques sont moins encombrants que les tubulaires.
- Les échangeurs à plaques sont plus fragiles que les systèmes tubulaires. Plusieurs précautions s'imposent :
 - un filtre à lait est indispensable pour éviter le colmatage entre les plaques.
 - le nettoyage quotidien est plus difficile (plaques très minces)
 - l'échangeur doit être régulièrement démonté et nettoyé (tous les 6 à 12 mois).

Compte tenu de ces risques, nous recommandons plutôt de **privilégier les échangeurs tubulaires**.

Température initiale de l'eau

Elle conditionne la quantité de chaleur qui peut être « extraite » du lait. Pour optimiser le fonctionnement du système, il est préférable d'avoir une eau à température constante toute l'année (eau de forage par exemple à 10-12°C). L'eau du réseau peut parfois subir des variations importantes de températures selon la saison (12 à 18°C par exemple), ce qui modifie le « rendement » du système.

3.3- Aspect économique

Exemple de temps de retour sur investissement pour une exploitation produisant 350 000l de lait
(chiffres issus d'enquêtes réalisées par l'Institut de l'élevage, les Chambres d'agriculture de Bretagne et Pays de la Loire*)

Pour refroidir 1l de lait de 35° à 4°C le tank consomme en moyenne :	27 Wh/l de lait
Economie si réduction de la consommation du tank de 50 %.	14 Wh/l de lait
Economie pour les 350 000 l de lait / an de l'exploitation	4 725 kWh
Investissement prix installé (très variable)	3 500 € HT
Gain sur électricité (0,08 € / kWh en tarif heures pleines)	378 €
Retour sur investissement	9 ans

3.4- Avantages et limites du pré-refroidisseur

+	-
<ul style="list-style-type: none">▪ 50 % d'économie sur la consommation électrique du tank▪ Moins de choc thermique sur le lait donc moins de risque de lipolyse▪ Matériel fiable et robuste dans le temps▪ Matériel indépendant du tank▪ Diminue le temps de fonctionnement du tank donc allonge sa durée de vie▪ D'un point de vue collectif, baisse de la consommation d'électricité en heures pleines (matin et soir)	<ul style="list-style-type: none">▪ Temps de retour sur investissement long▪ Allongement du circuit du lait, lavage plus délicat, notamment sur les modèles à plaques▪ Rendement du dispositif variant selon la température de l'eau (variation possible de l'eau du réseau de 3 à 5°C selon la période de l'année)▪ Génération de volumes d'eau tiède importants (50 à 60l/VL/j) : il faut en avoir l'usage (voir encadré)

Que faire de l'eau tiède ?

Le volume d'eau tiède généré par cette technique est important (700 000 l environ pour notre exploitation précédente de 350 000 l de lait). Il peut donc assurer une bonne partie des besoins en eau pour l'abreuvement des vaches laitières.

A la sortie du pré-refroidisseur, l'eau est sous pression. Deux solutions peuvent donc être envisagées pour l'abreuvement :

- 1. stocker l'eau tiède dans une cuve en hauteur alimentant des abreuvoirs à niveau constant.*
- 2. amener l'eau tiède directement dans un bassin d'abreuvement. Pour éviter l'encrassement du bassin, un flotteur dans le fond de la cuve permettra de maintenir une petite hauteur d'eau constante dans le fond, en attendant le réapprovisionnement du bassin après la traite suivante.*

En période de pâturage, il est nécessaire de trouver une utilisation alternative pour cette eau : lavage des quais par exemple, utilisation pour le pré-lavage de la machine à traire etc.

4- Utiliser d'autres formes d'énergie pour chauffer l'eau

Le chauffe-eau solaire

L'énergie du soleil est récupérée par un capteur perpendiculaire aux rayons du soleil (préférentiellement orienté vers le sud et incliné de 45° par rapport à la verticale). Un liquide caloporteur circule dans ce capteur et est dirigé, une fois réchauffé vers un ballon de stockage d'eau où il cède ses calories à l'eau en circulant dans un serpentin. L'énergie récupérée dépend de l'ensoleillement et est donc aléatoire et variable. Un système d'appoint est nécessaire pour apporter l'énergie manquante (ballon avec résistance électrique ou monté en série sur une chaudière existante).

Pour un bloc traite, le chauffe-eau solaire ne permettrait de couvrir que 40 à 50% des besoins*. L'eau chaude devant rester au moins à 65°C pour les opérations de nettoyage, le complément fourni par l'énergie classique est plus important que pour un usage domestique ou d'autres usages en élevage (veaux de boucherie par exemple). De ce fait, et même avec subvention, les temps de retour sur investissement sont très longs.

Exemple de temps de retour sur investissement pour 6m2
(chiffres issus d'enquêtes réalisées par l'Institut de l'élevage, les Chambres d'agriculture de Bretagne et Pays de la Loire *)

Consommation annuelle pour chauffer 300 l d'eau par jour de 15°C à 65°C	8 400 kWh
Investissent (prix moyen installé)	5 500 € HT
Subvention ADEME-Conseil régional (300 €/m²)	1 800 € HT
Couverture par l'énergie solaire : 50 %	4 200 kWh
Gain sur conso électricité : 4 200 kWh x 0,05 € / kWh (tarif nuit)	210 €
Retour sur investissement	18 ans

Chauffe-eau thermodynamique

Grâce à sa pompe à chaleur air/eau, il extrait la chaleur de l'air ambiant pour chauffer l'eau. Le complément d'énergie nécessaire pour obtenir la bonne température d'eau est fourni par l'électricité. L'économie annoncée sur la consommation électrique du chauffe-eau est de 70% pour un investissement initial de l'ordre de 2 500 à 3 500 € (temps de retour sur investissement de 14-15 ans).

5- Quelle solution retenir pour mon élevage ?

- Commencer par identifier les marges de d'économies possibles sans investissements : aération, isolation chauffe-eau etc...
- Si vous êtes prêt à investir dans un équipement spécifique, privilégier les récupérateurs de chaleur ou pré-refroidisseurs au chauffe-eau solaire :
 - en-dessous de 200-250 000 l de lait, on sait que la consommation du chauffe-eau est proportionnellement plus importante : le récupérateur de chaleur est donc une solution intéressante
 - au-delà, c'est plutôt le pré-refroidisseur qui offre les marges d'économies les plus importantes
 - enfin, dans les gros élevages, certains sur la possibilité de coupler les 2 équipements : il n'existe pas de références sur ce type d'installation.

* : « Les consommations d'énergie en bâtiment d'élevage laitier » - Collection Synthèse – Institut de l'élevage (2009)



Ont participé à la réalisation de ce document :

- Denis MAILLET (Chambre d'agriculture de la Mayenne)
- Jean-Paul THUARD (Contrôle laitier de la Mayenne)
- Thomas HUNEAU (Chambre d'agriculture 44)
- Bernard BEDOUET – Dominique BOUCHUT (Coop de France Ouest)

Rédaction : Emmanuelle SOUDAY (GIE Elevage – CRA Pays de la Loire)

Mise à jour mars 2009