



N°351

DÉCEMBRE 2019

REVUE DES

enil



ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX EN INDUSTRIE LAITIÈRE



REVUE DES ÉCOLES NATIONALES D'INDUSTRIE LAITIÈRE, DE LEURS AMICALES D'ANCIENS ÉLÈVES ET DES ORGANISMES ASSOCIÉS



Le réchauffement climatique est devenu inexorable, les attentes des sociétés occidentales en matière d'écologie sont de plus en plus exigeantes, et pourtant, la transition écologique est difficile à mettre en place.

Néanmoins, la Transformation Laitière est clairement engagée dans une démarche d'amélioration continue en la matière depuis déjà quelques années.

Pour exemple :

- réduction des consommations d'énergies (électricité, gaz, ...) et d'eau ;
- développement de gammes Bio ;
- démarches «clean label» ;
-

Pour aller encore plus loin, comme pour toute problématique, nous avons besoin d'améliorer nos connaissances sur le sujet :

- Comment mesurer l'impact environnemental de nos produits ?
- Comment améliorer nos pratiques et nos méthodes de production ?
-

Ce nouveau numéro de la Revue des ENIL tente d'apporter sa contribution modeste et non exhaustive sur ce vaste sujet des enjeux environnementaux en Industrie Laitière.

Didier JOUBERT
Président ANFOPEIL

Sommaire

Connaître l'empreinte environnementale des produits laitiers pour mieux la réduire.....3

Alexandre MORENO, ACTALIA Environnement, Surgères

Vers une meilleure efficacité hydrique au sein des ateliers.....7

Brice BOURBON, ACTALIA Environnement, Surgères et Jean-Louis BERNER, ENIL Mamirolle

Le nettoyage en place conventionnel, nettoyage enzymatique, quel impact environnemental ?.....11

Bruno VOLLE, ENIL Mamirolle

Impact environnemental du nettoyage en fromagerie : des outils pour mieux comprendre.....17

Jean-Louis BERNER, ENIL Mamirolle

Effluents laitiers : traitement et valorisation.....20

Brice BOURBON, ACTALIA Environnement, Surgères

Stages ANFOPEIL.....25

Thierry MICHELET, ANFOPEIL

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

Didier JOUBERT, Président ANFOPEIL

PORTAGE DU DOSSIER :

ACTALIA

MISE EN PAGE : Camille BARBIER

N° ISSN: 0395-6865

ANFOPEIL BP10025, 39800 POLIGNY

IMPRIMERIE

Seigle-Ferrand

39800 POLIGNY

Dépot légal Décembre

2019

accueil@anfopeil-enil.fr

03 84 37 27 24

Connaître l'empreinte environnementale des produits laitiers pour mieux la réduire

Alexandre MORENO, ACTALIA Environnement, Surgères

Nos modes de production font face à des enjeux environnementaux multiples qui affectent et impactent nos écosystèmes de manière négative ou positive. La prise de conscience collective face à ces enjeux invite les parties prenantes à agir sur des problématiques variées telles que la réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'économie des ressources en eau, l'efficacité énergétique ou encore la recyclabilité des emballages. Ces enjeux multiples ne se bornent pas aux murs

du site de transformation et sont parties intégrantes des produits dont le cycle de vie fait intervenir plusieurs acteurs à plusieurs étapes de production, d'usage et de fin de vie. De même, la synergie locale d'acteurs de secteurs parfois bien différents enclenche une dynamique de valorisation et d'échanges de ressources (matière, énergie) et/ou une mise en commun des équipements et des services.

Comment définir l'empreinte environnementale ?

L'évaluation de l'empreinte environnementale d'un produit ne peut être effective et réaliste qu'en étant basé sur son cycle de vie (Fig 1).

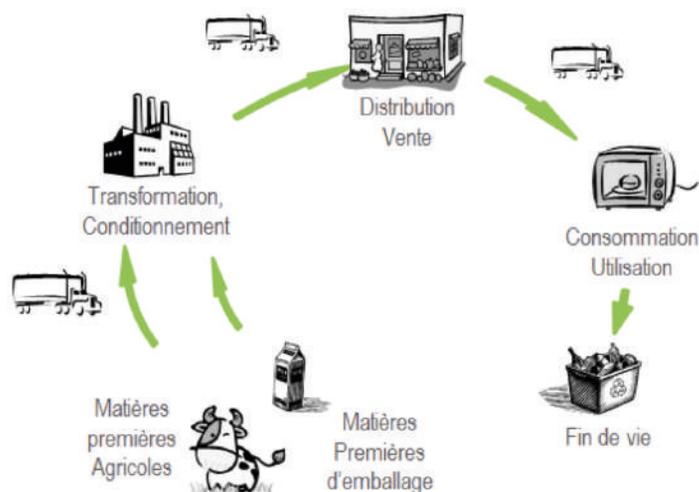


Figure 1 : Cycle de vie d'un produit laitier

De même, les impacts sur l'environnement générés par la production d'un produit sont multiples et affectent les différents milieux que sont l'air, l'eau et les sols. Chaque choix technologique lors de la production a son importance et déterminera les impacts environnementaux directs ou indirects générés à toutes les étapes du cycle de vie. Les impacts environnementaux incluent les émissions vers l'air, l'eau ou les sols, mais également la captation de ressources dans ces différents milieux.

Milieu	Air	Eau	Sols
Emissions	Gaz à effet de serre	Composés azotés et phosphorés	Substances toxiques
Impact environnemental	Changement climatique	Eutrophisation	Ecotoxicité des sols

Milieu	Eau	Sols
Captation	Eau	Pétrole, métaux
Impact environnemental	Epuisement de la ressource en eau	Epuisement des ressources minières et fossiles

Figure 2 : Exemples de catégories d'impacts environnementaux

Les enjeux environnementaux de la transformation laitière

Différents enjeux environnementaux vont impacter l'empreinte environnementale d'un produit laitier. Pour la majorité des catégories d'impacts, la production du lait est l'étape qui contribue le plus à l'empreinte environnementale des produits laitiers. Néanmoins, les acteurs du secteur de la transformation possèdent également des leviers importants pour réduire l'empreinte environnementale de ces derniers.

L'énergie

L'énergie est un poste de consommation élevé pour tous les acteurs de la transformation. Pour un fromage moyen européen, l'énergie représente environ 50 % des impacts liés à la transformation pour la catégorie d'impact « Changement climatique ». La réduction de l'empreinte liée à l'énergie passe par une amélioration de l'efficacité énergétique, c'est-à-dire moins d'énergie consommée par kilogramme de produit, ou encore par une amélioration du mix énergétique du site du point de vue environnemental (répartition entre électricité, gaz naturel, fuel, bois énergie etc). Enfin, l'autoconsommation peut également être une solution en passant par la production d'énergie sur site (panneaux photovoltaïques, biogaz issu d'un méthaniseur etc).

Les emballages

L'empreinte environnementale de l'emballage n'est pas à négliger car celui-ci est en relation directe avec les consommateurs qui sont très sensibles à son impact sur la biodiversité en mer notamment. Les paramètres importants concernant l'emballage sont :

- l'allègement et l'optimisation, avec un objectif de réduction de la masse d'emballage par masse de produit. Il y a une nécessité d'éviter le suremballage.
- l'amélioration de la recyclabilité :

augmentation du taux d'emballage recyclable mais également du taux de matière recyclée incorporée dans celui-ci.

- le choix de la matière première : privilégier les matières possédant une filière de recyclage, éviter les matières multicouche etc.
- la communication avec le consommateur via un affichage environnemental, des labels, de la sensibilisation au tri, ou bien un partage de la démarche environnementale de l'entreprise



La gestion de l'eau

En raison du changement climatique, l'eau est une ressource qui tend à devenir de plus en plus précieuse dans certaines régions. C'est également, une ressource importante pour les laiteries qui doivent répondre aux différentes exigences sanitaires. Les principaux leviers d'actions pour répondre aux problématiques concernant la ressource en eau sont :

- l'économie d'eau à la source : optimisation du nettoyage et des pousses à l'eau.
- la réutilisation de l'eau : valorisation de l'eau issue du lait ou de l'eau en sortie de station d'épuration.
- le traitement des effluents : amélioration de la qualité des rejets.
- la valorisation du lactosérum : valorisation matière en nourriture animale ou en produits à plus haute valeur ajoutée et valorisation énergétique par

l'intermédiaire de la méthanisation.

Les déchets et émissions directes

Cet enjeu concerne l'ensemble des flux de matières (pertes matière, émissions vers l'air) qui ont le statut de déchets, qui ne sont pas valorisés économiquement par l'entreprise et qui se retrouvent soit dans l'environnement, soit dans des filières de gestion des déchets. Dans la catégorie des déchets, nous pouvons distinguer ceux qui relèvent des déchets organiques et ceux qui relèvent des déchets industriels.

Les déchets organiques comprennent les pertes matières, liées à la production sur l'intégralité de la chaîne de valeur, les produits non conformes à la réglementation de mise sur le marché non valorisés, mais également le gaspillage alimentaire au niveau du consommateur dont l'impact environnemental est conséquent. En effet, plus le gaspillage alimentaire intervient en fin de chaîne, plus l'impact sur l'environnement est élevé car l'ensemble des impacts générés sur l'ensemble du cycle de vie l'ont été

pour rien. D'où l'importance de la sensibilisation du consommateur et la mise en place d'emballages qui limitent au maximum le gaspillage alimentaire.

Les déchets industriels comprennent principalement les DIB (cartons, verres, déchets de cuisine, emballages souillés etc). Afin de réduire leur empreinte, il est nécessaire de réduire leur utilisation à la source et de mettre en place le tri 5 flux (papier/carton, verre, plastique, métal, bois) pour une meilleure valorisation lors de leur gestion.

Enfin, les émissions directes, c'est-à-dire les gaz directement émis vers l'air, incluent principalement les émissions liées à la combustion au niveau des chaudières, les particules relarguées par les tours de séchage et les pertes de gaz réfrigérants.

Les transports

Le transport génère des impacts environnementaux qui se retrouvent tout au long du cycle de vie de produit, d'où la difficulté pour les acteurs de maîtriser entièrement cet enjeu.

Néanmoins, les transports « amonts » (la collecte du lait et les transports des différents ingrédients et emballages) peuvent être optimisés par une gestion approfondie du circuit de collecte (moins de kilométrage, choix d'un camion EURO 6). Le choix d'un fournisseur local, pour les ingrédients non laitiers et les emballages, peut également être un levier d'action.

Concernant les transports « aval » (transports vers les points de vente), il est conseillé de favoriser les circuits courts, de regrouper les transports via un tonnage transporté par camion conséquent, et de maximiser leur taux de remplissage. A noter que le transport individuel du consommateur jusqu'au lieu de vente n'est pas négligeable.

Les produits de nettoyage

En comparaison des autres enjeux, celui des produits de nettoyage est peut-être celui que l'on peut considérer comme le moins conséquent du point de vue environnemental si leur gestion est adéquate. Néanmoins, une optimisation de l'utilisation de ces produits, le choix raisonné des substances engagées lors des opérations de NEP (Cf p.11) et un traitement adapté des eaux usées les contenant restent primordiaux. La conception de procédés limitant l'encrassement peut également être un moyen de limiter leur utilisation.

Comment évaluer l'empreinte environnementale d'un produit laitier ?

Différentes approches existent pour évaluer la performance environnementale d'un produit ou d'un site. Les approches qualitatives permettent de définir rapidement les points forts et les points

faibles d'un produit avec notamment des critères à remplir. L'application immédiate de ce type d'approche est la mise en place d'allégations environnementales s'obtenant à l'aide de cahiers des charges très spécifiques.

Ces allégations permettent d'obtenir des informations pertinentes pour un enjeu environnemental donné mais ne permettent pas au consommateur de trancher. Par exemple, vaut-il mieux que mon produit soit issu d'une production locale ou d'une filière bio ?

Les approches quantitatives vont plus loin et permettent de définir avec une valeur numérique l'empreinte environnementale associée à un produit. Ce type d'approche rend possible la comparaison entre produits agro-alimentaires du point de vue environnemental et met également en place des indicateurs reconnus qui permettent de suivre l'évolution d'une gamme de produits sur les enjeux les plus pertinents.

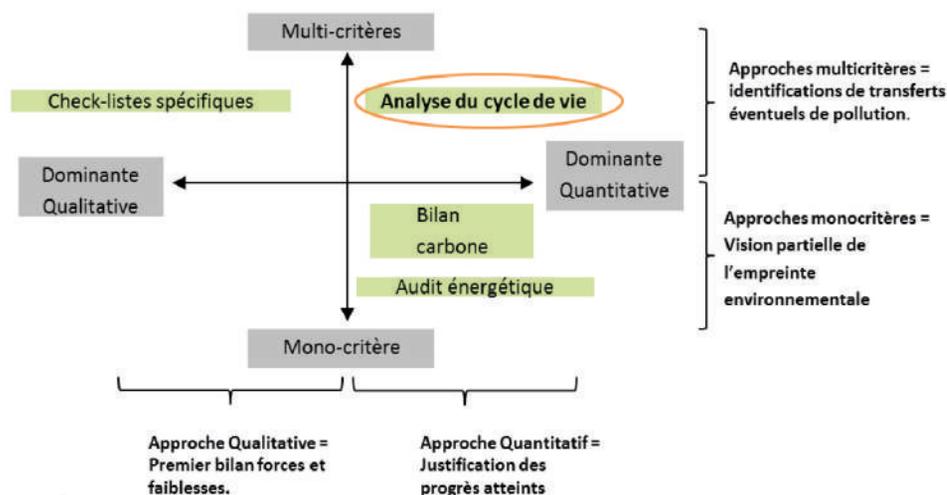


Figure 3 : Les différentes approches pour évaluer les impacts environnementaux d'un produit

De plus, l'approche appelée « monocritère », qui se concentre sur un seul enjeu environnemental comme le changement climatique ou la consommation d'énergie, ne suffit plus. En effet, cette approche bien que fiable et quantitative ne peut pas mettre en

lumière les transferts d'impacts pouvant advenir lors d'un choix technologique, de fournisseur ou de formulation. Par exemple, l'investissement sur une technologie efficiente du point de vue énergétique mais générant un fort encrassement, va abaisser les indicateurs

liés à la consommation d'énergie, mais augmenter ceux liés à l'utilisation de produits chimiques, tout en augmentant l'empreinte eau.

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est actuellement la méthode normalisée (ISO14040:2006 et ISO 14044:2006) la plus aboutie pour définir des profils environnementaux de produits agro-alimentaires. Elle se base, à la fois, sur une approche quantitative, multicritère et multiétape ce qui permet d'obtenir un profil environnemental plus abouti que celui obtenu avec les autres méthodologies. Son utilisation peut se faire à l'étape de R&D pour intégrer des critères environnementaux lors de la conception d'un nouveau produit, via l'éco-conception, ou pour améliorer une gamme existante du point de vue

environnemental. C'est également un outil qui peut servir à communiquer directement avec le consommateur via l'affichage environnemental : « Ce nouvel emballage réduit de 20 % les émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie de ce produit ».

Le Dairy PEFCR

Le secteur des produits laitiers possède une méthodologie de calcul de l'empreinte environnementale, validée par la Commission européenne en avril 2018 se nommant le Dairy PEFCR (Product Environmental Footprint Category Rules). Cette méthodologie repose sur l'ACV et

permet de cadrer le périmètre du cycle de vie des produits laitiers, de définir des valeurs de production par défaut, et surtout de préciser les flux de matières et d'énergie pouvant être considérés comme négligeables ou essentiels pour le secteur laitier lors de la modélisation des produits étudiés.

Le Dairy PEFCR vise à l'harmonisation du calcul d'empreinte environnementale et pourrait, un jour, être à la base de scores environnementaux comparatifs, à l'instar du Nutri-Score dans le domaine de la nutrition.

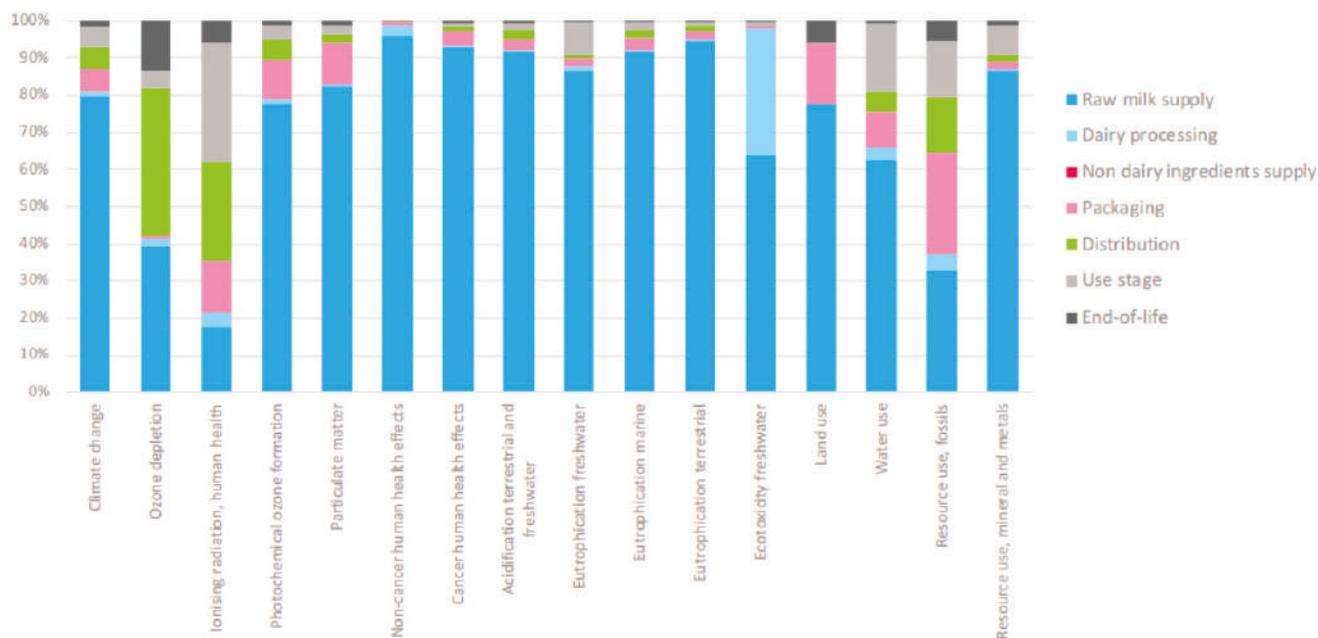


Figure 4. Profil environnemental d'un lait moyen européen emballé et consommé, basé sur la méthodologie PEFCR

Pour en savoir plus

Plaquette de présentation du Pôle Environnement d'ACTALIA : http://www.actalia.eu/wp-content/uploads/2018/05/Plaquette-Actalia-Env_210_297_LIGHT.pdf

Site web officiel de l'initiative "Single Market for Green Products" à l'origine des PEFCR : <https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/index.htm>

Vers une meilleure efficacité hydrique au sein des ateliers

Brice BOURBON, ACTALIA Environnement, Surgères
Jean-Louis BERNER, ENIL Mamirolle

L'eau est aujourd'hui un enjeu majeur pour les industries alimentaires. Sa disponibilité réduite dans certaines régions devient une vraie problématique pour ce secteur d'activité dont font partie les laiteries. L'année 2019 a encore été l'occasion de constater que l'accès à cette ressource tend à devenir critique lorsque des épisodes de sécheresse se déclarent (à la fin du mois de juillet, 78 départements étaient concernés par des arrêtés de restriction des usages). Dans ces conditions, l'impact économique vient s'ajouter à l'impact environnemental puisque le maintien de certaines activités peut être remis en cause. Afin d'éviter au mieux ces problématiques, les transformateurs laitiers cherchent donc à appliquer une meilleure gestion de l'eau au sein des usines.

Connaissance des consommations

Pour optimiser la gestion de l'eau au sein des ateliers de transformation, il est nécessaire de bien connaître les volumes d'eau utilisés, et ce, de la façon la plus fine possible. La mise en place d'un compteur général à l'entrée du site ne suffit pas et le niveau de précision de l'information

reste encore trop faible si un compteur est disposé à l'entrée de chaque atelier. Quand les conditions le permettent, la mise en place d'appareils de mesure au niveau de chacun des équipements utilisant d'importantes quantités d'eau constitue une solution idéale.

Plusieurs technologies de comptage peuvent être utilisées. Dans le cas d'un suivi des consommations en continu, des compteurs intrusifs peuvent être envisagés. Ces systèmes sont notamment à mettre en place dès la conception d'un nouveau réseau d'eau au sein de l'usine.

Des mesures de débit sur une période donnée peuvent, quant à elles, se faire à l'aide de débitmètres non intrusifs. Ces appareils qui utilisent notamment les ultrasons pour déterminer les volumes d'eau transitant à un endroit donné, s'attachent sur l'extérieur des conduites et évitent ainsi d'interrompre l'écoulement comme le montre la figure 1.

Afin d'assurer le meilleur suivi possible des consommations et identifier d'éventuels problèmes liés à l'utilisation de la



Figure 1 : Débitmètre non-intrusif
(Source : ACTALIA)

ressource sur site, l'installation d'une supervision permettant de suivre les opérations requérant de l'eau en fonction du temps apparaît judicieuse. Cette supervision est d'autant plus pratique lorsque des débitmètres non-intrusifs sont utilisés puisqu'il est ainsi possible d'associer un pic de consommation à une opération, le temps étant un facteur pris en compte au niveau des deux interfaces (celle de l'appareil et celle du logiciel de supervision). La figure 2 illustre le résultat apporté par l'utilisation d'un débitmètre non-intrusif.

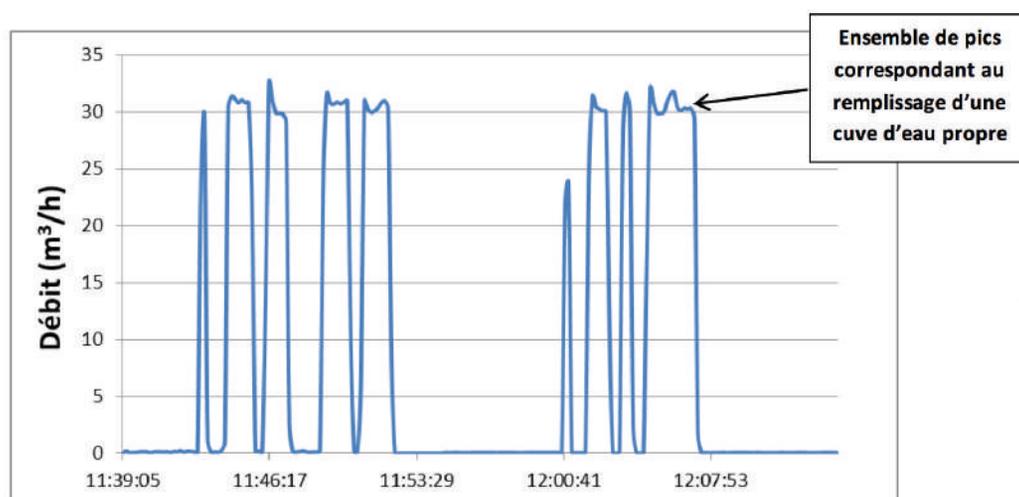


Figure 2 : Suivi du débit d'eau dans une canalisation à l'aide d'un débitmètre non-intrusif

Les bonnes pratiques d'utilisation de l'eau

Une gestion raisonnée de l'eau au sein des usines passe par divers moyens : techniques, financiers et managériaux. Différentes solutions applicables sont récapitulées au sein d'un guide édité par la Commission Européenne : le guide des Meilleures Techniques Disponibles (MTD). Ce document s'adresse en priorité aux sites soumis à la directive IED (directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles) mais certaines des solutions proposées peuvent s'appliquer au sein d'installations plus modestes. Édité une première fois en 2006, ce guide a fait l'objet d'une récente mise à jour.

Le projet AQUAREL réalisé par ACTALIA pour le compte de l'interprofession laitière (CNIEL) de 2015 à 2018, a notamment tenté de dresser un état des lieux des bonnes pratiques mises en place dans les laiteries et issues du guide de 2006. Ce dernier a été établi à partir d'informations récoltées auprès de 58 usines.

En ce qui concerne les solutions managériales, une grande partie des sites plébiscitent la mise en place d'un système de management environnemental (78% des usines interrogées) et la sensibilisation des personnels à la réduction des consommations (74 %).

Du côté des solutions techniques, une meilleure gestion de l'eau peut passer par :

- l'optimisation des NEP avec la mise en place d'une boucle de recyclage destinée à utiliser les eaux de rinçage du cycle n en eaux de pré-rinçage du cycle n+1. Cette solution est déjà très largement appliquée dans les laiteries (91 %).
- la mise en place de poignées pistolet au niveau des flexibles de nettoyage (83%).
- la réutilisation des condensats des

chaudières (60 %).

- l'amélioration de la filtration du lait afin de réduire le nombre de nettoyages des écrèmeuses (53 %).

Enfin, du côté des solutions qui portent sur de l'investissement, une meilleure gestion de l'eau passe aussi par l'acquisition de procédés plus économes en eau. Certaines laiteries privilégient ainsi l'utilisation de nouveaux pasteurisateurs moins consommateurs (57 %). Des capteurs peuvent également être installés sur certaines opérations unitaires de manière à contrôler les consommations d'intrants (eau et détergents).

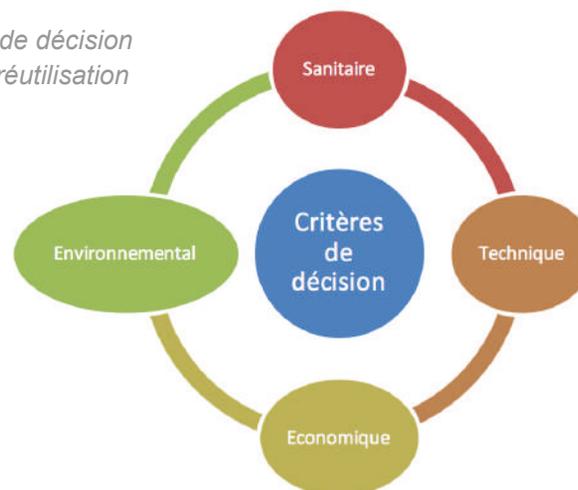
La réutilisation de certaines sources d'eau

La réutilisation des eaux (le terme recyclage peut également être employé) est une bonne pratique souvent reprise au sein du secteur agroalimentaire. La réutilisation peut se faire de manière directe, c'est-à-dire qu'une eau ayant déjà servi une fois est réutilisée au niveau du site sans contraintes particulières et sans qu'il y ait besoin de l'épurer. A l'inverse, la réutilisation indirecte signifie que l'eau ayant déjà servi est au préalable traitée avant d'être envoyée vers un second usage.

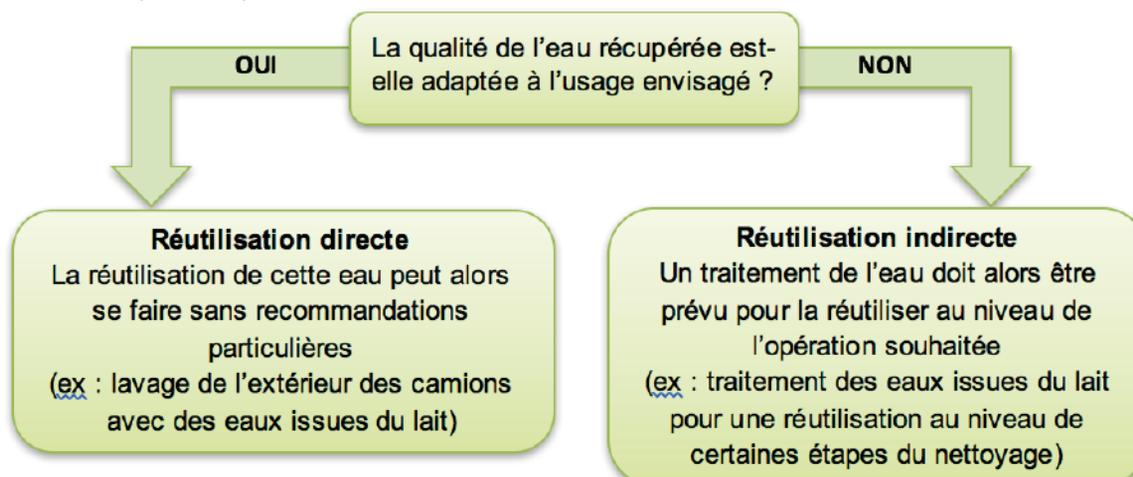
Plusieurs critères entrent en jeu dans la réalisation d'un projet de réutilisation (figure 3) :

- **sanitaire** : Le recyclage de l'eau ne doit pas remettre en cause la santé du personnel de l'usine travaillant au contact de cette eau ainsi que celle des consommateurs de la denrée finale.
- **technique** : Le scénario de réutilisation envisagé ne doit également pas aboutir à l'utilisation d'une eau dont les propriétés physico-chimiques altéreraient les installations.
- **économique** : Certaines technologies de traitement des eaux peuvent se révéler coûteuses et le retour sur investissement peut être plus ou moins long. Cependant, il ne faut pas omettre l'éventualité que le site soit contraint de réduire ses prélèvements en eau dans le futur ce qui pourrait, en l'absence de scénarios alternatifs, causer une baisse de la production.
- **environnemental** : Si différents scénarios aboutissent au même objectif, il peut être intéressant de choisir celui qui aura, dans son ensemble, le moins d'impact sur l'environnement.

Figure 3 : Critères de décision dans un projet de réutilisation



Dans tous les cas, lorsqu'un projet de réutilisation est défini, la question qui doit se poser est la suivante : la qualité de l'eau récupérée est-elle adaptée à l'usage envisagé ?



Comme indiqué dans la partie précédente, l'utilisation de l'eau de rinçage en eau de pré-rinçage au sein des systèmes de NEP correspond déjà à un schéma de recyclage. Cependant, d'autres sources d'eau peuvent être réutilisées au niveau des laiteries comme les eaux issues du lait. Sous cette appellation sont regroupés les perméats d'osmose inverse et les condensats d'évaporation obtenus lors de la concentration du lait ou du sérum effectuée notamment lors de la production de poudres. Un focus sur la réutilisation de ces eaux a notamment été effectué dans le cadre du projet AQUAREL cité précédemment.

Contrairement aux effluents laitiers standards, les eaux issues du lait sont des eaux peu chargées organiquement. Leur teneur en polluants peut cependant varier en fonction de leur provenance notamment lorsque les évaporateurs utilisés pour la concentration sont à multiples effets (les eaux issues du lait issues du premier effet sont moins polluées que celles provenant des effets suivants).

Les eaux issues du lait peu minéralisées et peu chargées peuvent ainsi être réutilisées directement en eau d'alimentation des chaudières (utilisation

des condensats du F1), en eau de pré-rinçage des lignes ou pour nettoyer l'extérieur des camions-citernes. Lorsqu'il est envisagé d'utiliser des eaux issues du lait plus chargées pour diluer les solutions de nettoyage ou alimenter les tours de refroidissement, des traitements peuvent alors apparaître nécessaires. Parmi les technologies utilisées, nous retrouvons notamment la filtration membranaire et des procédés de désinfection tels que la chloration, l'utilisation d'UV (ultraviolets) ou l'ozonation. Le tableau 1 dévoile les modalités de réutilisation des condensats et des perméats d'osmose inverse au niveau de différents usages.

Tableau 1 : Modalités de réutilisation des eaux issues du lait selon différents usages

Réutilisation	Condensat	Perméat issu de l'installation d'osmose inverse
Nettoyage de l'extérieur des véhicules	1	1
Nettoyage des caisses	1	1
Nettoyage manuel de l'extérieur des appareils	1	1
Pré-rinçage NEP	1	1
Alimentation pour nettoyage principal NEP	2	1
Dernier rinçage NEP*	2	2
Pousse à l'eau des lignes de produit*	2	2

1 : réutilisation directe

2 : réutilisation après traitement évolué, comme la séparation membranaire et/ou la désinfection

* En France, l'application de la réglementation sur le terrain ne permet pas d'utiliser les eaux issues du lait pour ces usages. Tableau issu du guide des MTD de 2006.

Sectorisation des comptages d'eau : Cas de la Halle de Technologie Laitière et Alimentaire de l'ENIL

L'ENIL de Besançon-Mamirolle dispose pour la formation des apprenants dans la filière de transformation laitière d'un atelier technologique (Halle de Transformation Laitière et Alimentaire) d'environ 3500 m², dans lequel environ 1 300 000 litres sont transformés par an en divers produits laitiers et fromages, tous commercialisés. La consommation d'eau y est très importante, jusqu'à 12 000 m³ annuels au début des années 2000. Les ratios de consommation (litre d'eau par litre de lait transformé) sont élevés par rapport au ratio moyen en France. Quelques raisons expliquent ces chiffres élevés, essentiellement liées à la pédagogie : diversité des produits fabriqués au sein d'une même usine, fractionnement des productions sur la semaine, nouveaux opérateurs chaque semaine et peu expérimentés. D'importants enjeux conduisent à améliorer ces ratios, en particulier des enjeux économiques avec un prix de l'eau qui ne cesse de croître,

incluant des taxes et redevances pour l'assainissement.

Le préalable à tout plan d'action et piste d'optimisation repose sur une bonne connaissance des consommations, par un comptage adapté. Le seul compteur général de l'atelier technologique ne suffisait pas à analyser les consommations et pratiques pour toutes les salles de fabrication et les différentes productions. Le comptage de l'eau a donc été complètement sectorisé avec l'installation par la société SAPPEL (devenue Diehl Metering SAS) d'une vingtaine de sous-compteurs équipés d'un émetteur renvoyant des impulsions à des relais, reliés au système de Gestion Technique Centralisé (GTC) (Figure 4).

Le monitoring des consommations d'eau par secteur sur les 4 premiers mois d'utilisation a permis une analyse des données, et confirmé le fait que les consommations d'eau sont en grande

partie dues au nettoyage et en particulier au système de nettoyage en place (NEP)

Ce résultat a convaincu les responsables de la nécessité de renouveler le système NEP, opération réalisée en 2017. L'analyse des consommations enregistrées en continu pour chaque atelier permet également de sensibiliser les opérateurs et d'adapter les pratiques de nettoyage.

En 2019, les consommations d'eau sont réduites de près de 40 % par rapport aux années 2005-2006, et d'autres améliorations sont encore à l'étude.

(Voir également l'article « Optimisation des consommations d'eau de l'atelier technologique de l'ENIL de Mamirolle. Revue des ENIL n° 340 – Novembre-Décembre 2015)

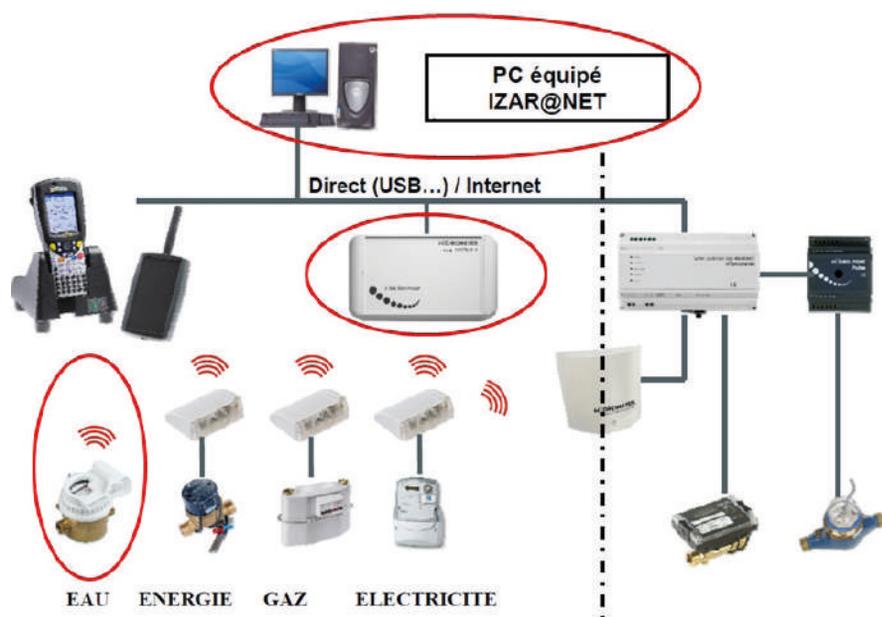


Figure 4 : Architecture du système de comptage de l'eau (Diehl Metering SAS)

Pour en savoir plus

Livrables du projet AQUAREL. Etude réalisée par ACTALIA de 2015 à 2018. Documents téléchargeables à cette adresse : <http://www.actalia.eu/actalia/telechargements/>

Guide des Meilleures Techniques Disponibles pour les industries agro-alimentaires et laitières (appelé également BREF FDM). Guide édité par la Commission Européenne. Première version éditée en août 2006, seconde version provisoire éditée en octobre 2018.

Documents téléchargeables à cette adresse : <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/fdm.html>

Le nettoyage en place conventionnel, nettoyage enzymatique, quel impact environnemental ?

Bruno VOLLE, Chargé d'application R&D, Systèmes analytiques et biotechnologie, ENIL Mamirolle

La procédure de nettoyage

Le nettoyage est un processus clé dans l'industrie laitière pour assurer des produits sûrs de haute qualité.

Dans les opérations de nettoyage en place (NEP), le nettoyage est réalisé par une combinaison d'actions chimiques, thermiques et mécaniques [1].

La majorité de l'action de nettoyage est liée aux agents chimiques utilisés.

L'énergie thermique est fournie en chauffant la solution de nettoyage avant la circulation et, dans certains cas, de la chaleur est également ajoutée par des échangeurs de chaleur dans le circuit de nettoyage.

L'action mécanique est fournie par les conditions d'écoulement turbulent utilisées ou par la pulvérisation de solutions sur les surfaces [1,2].

C'est donc un processus gourmand en eau et en énergie, utilisant des intrants chimiques (agents de nettoyage). De fait, les opérations de nettoyage génèrent un impact environnemental certain.

De plus, les opérations de nettoyage entraînent également des émissions dues à des pertes de produits laitiers dans les eaux usées augmentant des paramètres de suivi de la charge organique des effluents tels que la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO), la teneur en azote et en phosphore.

Dans les inventaires du cycle de vie des industries laitières, la contribution du nettoyage sur l'impact environnemental a été jugée significative. Selon les études entreprises (Hogaas Eide 2002), les processus de nettoyage représentent 80% du potentiel total d'eutrophisation de la transformation du lait. Du point de vue de la consommation énergétique, ils contribuent à hauteur de 30% [3].

Pour satisfaire à la fois aux exigences en matière d'hygiène des installations, de qualité sanitaire des produits et aux exigences environnementales, il convient de définir précisément les opérations de nettoyage (durée des différentes phases, température, nature et concentration des agents de nettoyage...) pour gérer convenablement les consommations d'eau, d'énergie et des produits des nettoyages.

Au début des années 2000, une étude a comparé le nettoyage conventionnel (2 phases : alcaline et acide), le nettoyage alcalin monophasé et une méthode de NEP utilisant un produit à base d'enzymes pour le nettoyage de circuits froids. Ces essais ont été effectués dans une laiterie transformant 40 millions de litres de lait par an.

L'objectif principal de cette étude cherche à comparer l'impact sur l'environnement des différentes méthodes de NEP, en incluant notamment la production de détergents, leur transport, leur utilisation et la gestion des déchets.

Composant	Fonction
Alcalis (soude, phosphate trisodique)	<ul style="list-style-type: none"> Hydrolyse et solubilisation des protéines Saponification des matières grasses (glycérides)
Enzymes <ul style="list-style-type: none"> lipases protéases amylases 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrolyse des glycérides Hydrolyse et solubilisation des protéines Hydrolyse des amidons
Agents séquestrants (polyphosphate, EDTA* and NTA**)	<ul style="list-style-type: none"> Formation de complexes avec les ions calcium et magnésium pour éviter la précipitation des sels
Agents tensio-actifs Surfactants (anioniques ou non-ioniques)	<ul style="list-style-type: none"> Pouvoir mouillant Elimination des salissures Solubilisation Emulsification
Oxydants (peroxyde d'hydrogène, hypochlorite de sodium)	<ul style="list-style-type: none"> Intensification de l'effet de nettoyage
Composants mineurs <ul style="list-style-type: none"> agents de dispersion antimousses agents anticorrosion stabilisants 	<ul style="list-style-type: none"> Amélioration de la dispersion Prévention de la formation de mousse Prévention de la corrosion liée aux alcalis Allongement de la durée de stockage

Tableau n°1 : Rôles des composants des détergents (adaptation d'après Fryer and Christian, 2005).

*EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique; **NTA : acide nitrilo tri-acétique

Analyse du cycle de vie (ACV)

Souvent, les impacts environnementaux du nettoyage ne peuvent se réduire à la seule évaluation de la toxicité des composés chimiques des détergents. Une approche plus informative consiste à inclure également la consommation d'énergie et la consommation d'eau. La méthodologie de l'analyse du cycle de vie, conformément aux normes ISO14040:2006 et ISO 14044:2006, est donc utilisée pour évaluer l'ensemble des impacts environnementaux du nettoyage en industrie laitière.

L'analyse du cycle de vie (ACV) est surtout connue pour l'analyse quantitative des aspects environnementaux d'un produit tout au long de son cycle de vie. Une ACV est un outil systématique qui permet d'analyser les charges environnementales d'un produit tout au long de son cycle de vie et d'évaluer leurs impacts potentiels sur l'environnement.

Les émissions dans l'air, l'eau et les sols telles que le CO₂, la demande biochimique en oxygène (DBO), les déchets solides et la consommation de ressources constituent des charges environnementales.

Les impacts environnementaux dans le contexte des ACV font référence à des impacts négatifs sur des domaines de préoccupation tels que l'écosystème, la santé humaine et les ressources naturelles.

Dans le contexte abordé ici, les étapes du cycle de vie des détergents englobent la production des différents détergents, leur transport, leur utilisation, le traitement des eaux usées et la gestion des déchets connexes.

Ecotoxicité des détergents

Des efforts ont été réalisés pour proposer une gamme de détergents ou pour développer de nouvelles méthodes de NEP en industrie laitière pour réduire

l'impact du nettoyage sur l'environnement. Certaines méthodes promettent moins de consommation d'énergie et de détergent, mais elles peuvent entraîner des émissions de substances dangereuses pour l'environnement.

En effet, les détergents utilisés contiennent plusieurs produits chimiques remplissant chacun un rôle (tableau 1). Cependant, ils peuvent être également responsables d'effets sur l'environnement et la santé humaine. Bien que de nombreux agents tensio-actifs ou autres agents séquestrants aient été inventoriés, l'estimation de la toxicité de certaines substances des détergents par la méthodologie de l'analyse du cycle de vie, ACV, (Life Cycle Assessment : LCA) est toujours en cours de développement. Pour déterminer à la fois l'écotoxicité et la toxicité pour l'homme, il est nécessaire de disposer d'un grand nombre de données sur les propriétés physico-chimiques intrinsèques des substances, ainsi que sur la connaissance de la manière dont elles sont dispersées dans l'environnement et affectent différents types d'organismes. Pour la plupart des substances, ces données ne sont pas disponibles, c'est aussi le cas pour certains composés des détergents. De plus, l'absence d'information sur la composition détaillée du détergent pouvant être érigée comme un secret commercial, peut rendre impossible la réalisation d'une évaluation quantitative de la toxicité.

Une évaluation qualitative peut cependant être portée en s'appuyant sur les classes de risque ^[4] ainsi que sur la base des phrases de dangers (phrases H), retrouvées sur la fiche de données de sécurité. Les produits chimiques sont classés et marqués conformément à la directive 1999/45/CE concernant la classification, l'emballage et l'étiquetage des préparations dangereuses ^[5].

Ainsi, l'acide peracétique, utilisé dans le désinfectant chimique pour les méthodes

NEP 2 et 3 (tableau 3) est un composé présentant à la fois une toxicité pour l'environnement et la santé humaine. S'il est facilement dégradé aux valeurs de pH de l'environnement, il est également très nocif pour les organismes aquatiques.

Les surfactants non ioniques sont utilisés comme tensioactifs. Bien que l'effet néfaste des agents tensioactifs non ioniques sur l'environnement soit différent, certains, utilisés dans les détergents sont, selon la fiche technique du détergent, identifiés comme nocifs pour les organismes aquatiques vivants.

L'écotoxicité et la toxicité vis à vis de la santé humaine sont largement associées à la composition des détergents (tableau 2).

Il va cependant de soi que la toxicité des détergents doit être évaluée pour trouver la méthode de NEP la plus adaptée d'un point de vue environnemental. Les principaux facteurs de décision pourraient s'orienter vers l'utilisation d'agents dépourvus de phosphore, biodégradables et provenant de matières premières renouvelables ^[6].

L'alternative enzymatique

Bien que largement utilisée en agoralimentaire, les enzymes trouvent leur plus grand domaine d'application dans l'industrie des détergents. La popularité des enzymes dans ce domaine peut être attribuée à leur efficacité de nettoyage à des températures et à des valeurs de pH modérées. Ces conditions d'utilisation entraînent une réduction de la consommation d'énergie et d'eau et un impact réduit sur l'environnement ^[7].

Les lipases agissent sur les matières grasses (par exemple beurre, graisses et huiles...). Les produits résultants sont plus solubles dans l'eau que les triglycérides d'origine. Ceci facilite l'élimination de ce type de salissures, même dans l'eau froide, à une température inférieure au point de fusion de la graisse ^[8].

		Méthode NEP 2 Nettoyage en une phase alcaline	Méthode NEP 3 Nettoyage enzymatique
Ecotoxicité	Non évalué comme écotoxique	Détergent : NaOH / Polycarboxylate / Phosphonates Désinfectant : Acide acétique / Acide Phosphorique / Acide sulphurique / Peroxyde d'hydrogène	Détergent : Enzymes / Carbonate de potassium / Hydroxyde de potassium Désinfectant : Acide acétique / Acide Phosphorique / Phosphonates / Acide sulphurique / Peroxyde d'hydrogène
	Evaluation au cas par cas	/	Détergent : Agents tensioactifs non ioniques
	Écotoxique	Désinfectant : Acide peracétique	Désinfectant : Acide paracétique
Toxicité pour la santé humaine	Irritant	/	Détergent : Carbonate de potassium / Agents tensioactifs non ioniques
	Provoquant des brûlures	Détergent : NaOH Désinfectant : Acide acétique / Acide Phosphorique / Acide sulphurique / Peroxyde d'hydrogène	Détergent : Hydroxyde de sodium Désinfectant : Acide acétique / Acide Phosphorique / Acide sulphurique / Peroxyde d'hydrogène
	Nocif pour la santé	Désinfectant : Acide peracétique	Désinfectant : Acide paracétique
	Non classé	Détergent : Polycarboxylate / Phosphonates	Détergent : Enzymes / Phosphonates

Tableau n°2 : Evaluation qualitative de la toxicité des composants des détergents (adaptation d'après^[9]).

Les protéases dégradent les souillures de nature protéique (par exemple, sang, œuf, jus, protéines sériques et caséines...) en fragments qui sont généralement considérés comme plus solubles que les protéines initiales^[9].

Parmi les différentes classes de protéases, les sérine protéases, en particulier les subtilisines, sont considérées comme les enzymes les plus appropriées aux détergents. Elles possèdent une large spécificité de substrat protéique, une bonne stabilité en présence d'autres ingrédients et une activité élevée en conditions de lavage.

Pour un effet optimal, les enzymes utilisées dans les détergents doivent être stables pendant le stockage et en présence d'autres composants détergents et doivent présenter une activité élevée dans les conditions de lavage. De nombreuses enzymes détergentes ont été modifiées par l'ingénierie des

protéines dans le but d'améliorer leurs performances et d'accroître leur stabilité [9]. Il existe également un intérêt continu pour le dépistage de nouvelles enzymes avec des propriétés améliorées. Les tendances récentes en Europe vers des températures de lavage plus basses ont conduit au développement de nouveaux produits enzymatiques capables d'atteindre des performances de lavage

satisfaisantes à des températures aussi basses que 30 °C.

Les détergents à base d'enzymes contiennent généralement d'autres ingrédients tels que des tensioactifs, des agents séquestrants, des conservateurs et des composants destinés à fournir un pouvoir tampon^[10].

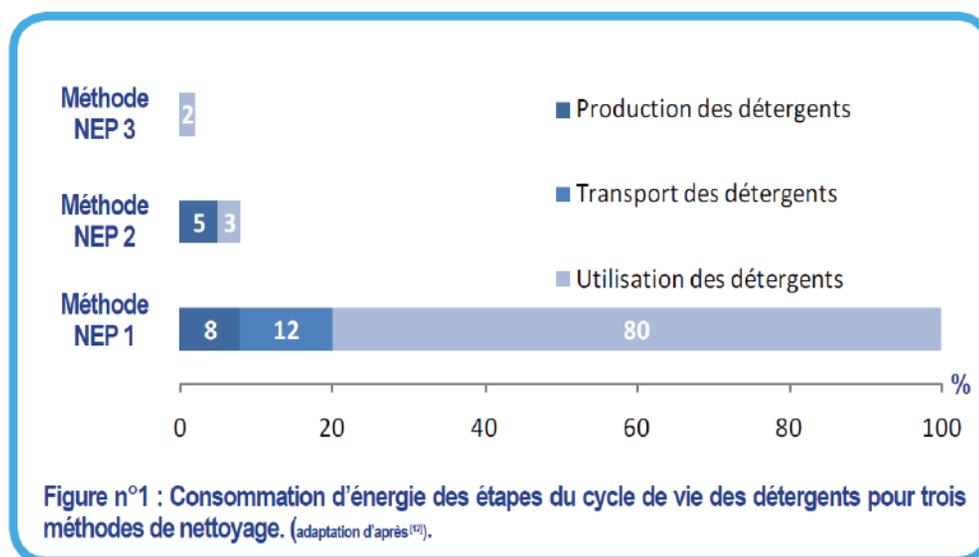


Figure n°1 : Consommation d'énergie des étapes du cycle de vie des détergents pour trois méthodes de nettoyage. (adaptation d'après^[12]).

L'utilisation des enzymes en NEP

À l'exception du nettoyage des membranes, peu d'attention a été accordée à l'application généralisée d'enzymes pour le NEP en industrie laitière, où les salissures sont principalement de nature biologique. A partir des années 1990, des produits de nettoyage à base d'enzymes sont mis au point. Ils contiennent une activité protéolytique dirigée pour l'hydrolyse des protéines, des agents tensioactifs, une solution tampon (pH 8,5–9,5) et des agents complexants.

Si, dans un premier temps, ces produits ne conviennent que pour une utilisation sur des surfaces d'équipement non soumis à un traitement thermique, aujourd'hui, l'utilisation de protéases à 45–60 °C pour éliminer les salissures laitières générées dans un pasteurisateur conduit à des surfaces visuellement propres [11,12]. Ces résultats indiquent la capacité des enzymes à éliminer les salissures obtenues suite au chauffage des composants du lait. De plus, le suivi bactériologique des installations et de la production ne révèle aucun dysfonctionnement.

Pour une utilisation à 50–55 °C, les performances de nettoyage ont été confirmées lors d'essais en usine.

Comparaison des méthodes NEP vis-à-vis de l'impact environnemental

Une industrie de taille moyenne transformant 40 millions de litres de lait par an a servi de support à l'analyse du cycle de vie des détergents. Cette entreprise réalise 30 opérations de nettoyage par jour tout au long de l'année à raison de 300 jours de production par an.

Elle permet donc d'analyser la fonction du système de nettoyage en appliquant les méthodes définies (quantité de détergent, températures, etc.) pour assurer un nettoyage satisfaisant, sur la base de l'expérience des méthodes de NEP.

Trois méthodes de nettoyage en place (NEP) pour le nettoyage des équipements ont été évaluées (tableau 3).

Consommation énergétique

L'étude de la consommation d'énergie au cours des étapes du cycle de vie dans les trois méthodes de NEP (Figure 1) montre que le processus de nettoyage est le principal contributeur. Bien qu'il y ait également une contribution de la production des détergents, le transport et la gestion des déchets ont été jugés négligeables vis-à-vis du critère énergétique.

La méthode de nettoyage alcalin

monophasé (méthode NEP 2) et la méthode enzymatique (méthode NEP 3) utilisent une quantité d'énergie plus faible tout au long du cycle de vie. La méthode conventionnelle (méthode NEP 1) est la méthode la plus énergivore.

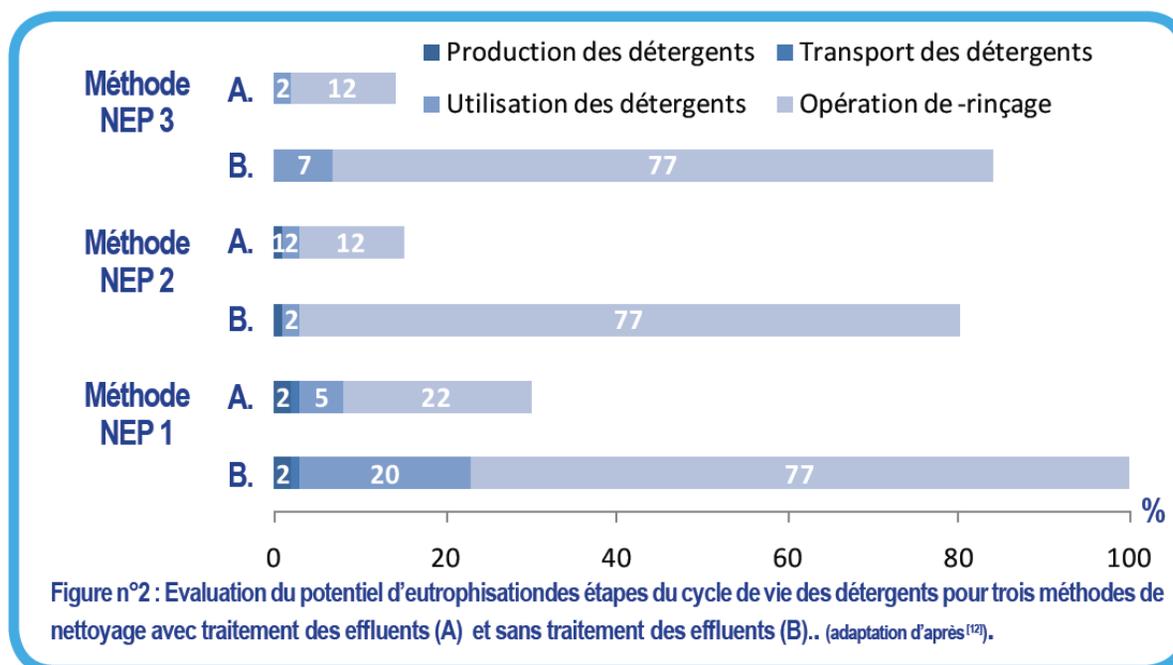
Production d'émissions polluantes dans l'air

Le nettoyage est intimement lié à l'utilisation de combustibles fossiles via les systèmes de production de chaleur, de vapeur, ou les transports. Il contribue donc à la production de gaz à effet de serre, à la formation de photo-oxydants et à l'acidification de l'air [13].

Les émissions liées à la combustion des hydrocarbures, notamment le diesel, utilisés pour le transport, affectent davantage la formation de photo-oxydants que la combustion de combustibles fossiles dans une chaudière. C'est donc, pour la formation des photo-oxydants, le transport qui contribue à creuser les différences entre les méthodes de NEP. De ce fait, la différence est plus grande entre le nettoyage conventionnel et le nettoyage alcalin monophasé ou à base d'enzyme qu'entre ces deux derniers. En effet, le nettoyage conventionnel utilise des volumes plus importants de détergents et entraîne une augmentation de la part des transports dans l'analyse de ce critère au cours des étapes du cycle de vie [14].

	Méthode NEP 1 Nettoyage conventionnel alcalin / acide	Méthode NEP 2 Nettoyage en une phase alcaline	Méthode NEP 3 Nettoyage enzymatique
Nettoyage alcalin ou enzymes	75°C solution à 1%	70°C. 1% solution	50 ° C. Solution à 0,1%
Nettoyage acide	65-70°C solution à 1%	NON	NON
Désinfection	Eau chaude 90°C	Acide 25°C. solution à 0,3%	Acide à 25°C, solution à 0,2%
Consommation d'eau. m ³ par nettoyage	1	1	0,9
Consommation d'énergie. kWh par nettoyage	110	75	65
Détergent alcalin, kg par nettoyage	2,5 kg de NaOH à 50%	1,2 kg de détergent alcalin complexe	0,13 kg de détergent à base d'enzyme
Détergent acide ou désinfectant kg par nettoyage	1,2 kg 53% HNO ₃	0,3 kg de désinfectant	0,3 kg de désinfectant

Tableau n°3 : Les différentes méthodes NEP comparées adaptation d'après [10].



Potentiel eutrophisant.

L'eutrophisation résulte de l'enrichissement du cycle saisonnier, impulsé par une augmentation du stock de nutriments (principalement de l'azote et / ou du phosphore) dans l'eau. Ces apports exogènes permettent ainsi une production de matières organiques végétales annuelle plus importante pouvant éventuellement conduire à une accumulation de la biomasse algale.

Le potentiel d'eutrophisation est donc corrélé à des paramètres tels les demandes chimiques et biochimiques en oxygène associées à la présence de matières organiques (DCO et DBO), les teneurs en azote et phosphore.

Les résidus de produits laitiers émis lors de la phase de rinçage sont les principaux responsables du pouvoir eutrophisant. Les émissions de composés organiques provenant des détergents (agents

séquestrants, tensio-actifs, acides organiques...) lors des opérations de nettoyage hors rinçage jouent également un rôle important (Figure 2).

Les autres étapes du cycle de vie des détergents, à savoir leur production, leur transport et la gestion des déchets (emballages, containers), sont négligeables en ce qui concerne l'eutrophisation.

Dans le cas du nettoyage conventionnel (alcalin/acide), la lessive de soude (NaOH) et l'acide nitrique (HNO₃) sont généralement neutralisés avant d'être rejetés. Un mélange de NaOH et de HNO₃ libère donc des ions sodium et des ions nitrates. Ces derniers influencent l'eutrophisation.

En l'absence de traitement des eaux

usées, de par un apport global moindre en azote et phosphore, la méthode de nettoyage alcalin monophasé (méthode NEP 2) a le moins contribué à l'eutrophisation. L'utilisation du détergent enzymatique (méthode NEP 3) a, du fait de la nature protéique biodégradable des enzymes et de la présence de divers autres composants, contribué légèrement plus au potentiel eutrophisant que les composants du détergent alcalin (tableau 2) ^[15].

Cependant, les systèmes de prétraitement des eaux usées sur site associés au traitement des eaux usées par boues activées réduisent considérablement le potentiel d'eutrophisation. La réduction supposée du phosphore, de l'azote et de la DCO s'établit alors à 90% ^[16]

BILAN & PERSPECTIVES

Conclusion de l'étude

Dans le contexte proposé, les méthodes de nettoyage alcalin monophasé et de nettoyage enzymatique s'avèrent être les meilleures alternatives pour les catégories d'impacts suivantes : utilisation de l'énergie, production de gaz à effet de serre et de photo-oxydants.

Pour ces méthodes, de faibles concentrations de détergents sont utilisées, ainsi que des températures de nettoyage inférieures et une désinfection à froid (tableau 3).

La consommation d'énergie est de 20 à 40% inférieure pour ces deux méthodes par rapport aux méthodes de nettoyage conventionnel (alcalin/acide) pour lequel, le chauffage et le transport de grands volumes de solution de nettoyage sont les principaux contributeurs.

Le nettoyage des circuits chauds tels que les échangeurs de chaleur, etc., représente un défi beaucoup plus grand et l'utilisation d'enzymes dans les opérations de NEP dans ce domaine pourrait potentiellement apporter un avantage significatif pour l'environnement.

Perspectives

Depuis quelques années, une collaboration s'est établie entre l'ENIL de Mamirolle et une entreprise partenaire productrice de produits de nettoyage enzymatique. Si les résultats obtenus sur les nettoyages des circuits froids semblent corroborer les résultats des études précédentes et donner satisfaction, l'accent a été mis sur les conditions de pilotage des procédures de nettoyage enzymatique en NEP. Ainsi, des outils ont donc été développés pour assurer le suivi de l'activité enzymatique du produit de nettoyage au jour le jour afin d'assurer au mieux la qualité du nettoyage. D'autres projets sont également à l'étude pour permettre un développement optimal du pilotage et du suivi de ces technologies dans le cadre du NEP.

Bibliographie

1. Reinemann, D., 2003. Hygiene in dairy production and processing. In: Roginski, H. (Ed.) *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, London, UK.
2. Chisti, Y., 2000. Modern systems of plant cleaning. In: Robinson, R. (Ed.) *Encyclopedia of Food Microbiology*. Academic Press, London, UK.
3. Hogaas Eide, M. (2002). Life cycle assessment (LCA) of milk. Ph.D. thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
4. KIFS (1994). The Swedish Chemicals Agency's regulations impose classification and labeling of chemical products.
5. European Parliament (1999). Directive 1999/45/EC of the European Parliament and the Council of 31 May 1999 concerning the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to the classification, packaging and labelling of dangerous preparations. *Official Journal*, L200, 0001-0068.
6. T. Borén, K. Ludvig, K.A. Halldén, J. Seetz Eco-efficiency analysis—Applied to different chelating agents *Int. J. Appl. Sci. Personal Care, Detergents, Specialties*, 135 (2009), pp. 2-10
7. Olsen, H., 2004. *Enzymes at Work*. Novozymes A/S, Bagsvaerd, Denmark.
8. Wolff, A. and Showell, M., 1997. Application of lipases in detergents. In: Ee, J.H.V., Misset, O. and Baas, E.J. (Eds) *Enzymes in Detergency*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA. pp. 93-106.
9. Egmond, M.R., 1997. Application of proteases in detergents. In: Ee, J.H.V., Misset, O. and Baas, E.J. (Eds) *Enzymes in Detergency*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA. pp. 61-91.
10. Walsh, G., 2002. *Proteins, Biochemistry and Biotechnology*. Wiley, Chichester, UK.
11. Grasshoff, A., 2002. Enzymatic cleaning of milk pasteurizers. *Food and Bioproducts Processing* 80: 247-252.
12. Grasshoff, A., 2005. Enzymatic cleaning in food processing. *Handbook of Hygiene Control in the Food Industry*. Woodhead Food Series No. 116. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK. pp. 516-538.
13. Lindfors, L.G., Christiansen, K., Hoffman, L., Virtanen, Y., Juntilla, V., Leskinen, A., Hanssen, O.J., Ronning, A., Ekvall, T., & Finnveden, G. (1995). LCA-Nordic Technical Reports No. 10 and Special Reports No. 1-2.
14. Hogaas Eide, M. & Ohlsson, T. (1998). A comparison of two different approaches to inventory analysis of dairies. *International Journal of LCA*, 3(4), 209-215.
15. Sauoter et al 2004: Erwan Saouter, Gert van Hoof and Peter White in "Handbook of Detergents/Part B: Environmental Impact". *Surfactant Science Series Vol 121*.
16. Bogh, O. J., Kjeka, O., Haugen, A. M., Buseth, A., Sakshaug, A. (1993). Testing of biological treatment plants at Trondelag Dairy department of Rennebu. Oslo: TINE Norwegian Dairies BA, Centre for Research and Development

Impact environnemental du nettoyage en fromagerie : des outils pour mieux comprendre

Jean-Louis BERNER, ENIL Mamirolle

Les opérations de nettoyage et désinfection constituent une phase très importante de la transformation du lait. L'enjeu est de taille face aux risques sanitaires. Les impacts environnementaux ne sont pas non plus négligeables avec de fortes consommations d'eau, d'énergie, et des charges de rejets élevées en matière organique ainsi qu'en éléments azotés et phosphatés. L'alternance de cycles de nettoyage basés sur des traitements alcalins, des traitements acides et des rinçages, n'est pas sans conséquence sur le respect de la réglementation des rejets, en particulier en terme de pH et de charge polluante.

L'ENIL de Besançon-Mamirolle a depuis une dizaine d'année développé au sein de la Halle de Transformation Laitière et Alimentaire (HTLA) des outils pour mieux comprendre l'impact environnemental des opérations de nettoyage-

désinfection, en particulier au niveau des systèmes de Nettoyage En Place (NEP), principalement par le projet ECOCLEAN.

Le projet ECOCLEAN « Nettoyage efficace et ECO-compatible »

Piloté par ACTALIA et les ENIL franco-comtoises, le projet avait pour objectif de développer un dispositif expérimental et une méthodologie permettant d'évaluer d'une part l'efficacité de combinaison de produits/procédés de nettoyage et désinfection, et d'autre part l'impact environnemental de cycles de nettoyage-désinfection et de produits homologués utilisés dans l'industrie laitière, et plus largement dans toute l'industrie agroalimentaire utilisant des systèmes NEP.

Pour l'évaluation environnementale des produits/procédés de nettoyage/désinfection, la méthodologie s'appuie sur une démarche de type Ecobilan, reposant sur un inventaire de tous les flux entrants et sortants au cours d'un cycle de nettoyage/désinfection, incluant la phase de régénération des solutions comme le montre la figure 1. ci-dessous.

La plupart de ces flux sont mesurés par l'intermédiaire de capteurs spécifiques installés sur le pilote NEP (consommation d'eau, d'électricité, de vapeur et d'air comprimé), et enregistrés en continu par l'automate pilotant le système. D'autres flux sont mesurés en sortie par prélèvement des rejets (DCO, azote total, phosphore total) au moyen d'un préleveur automatique asservi au débit de sortie des rejets.

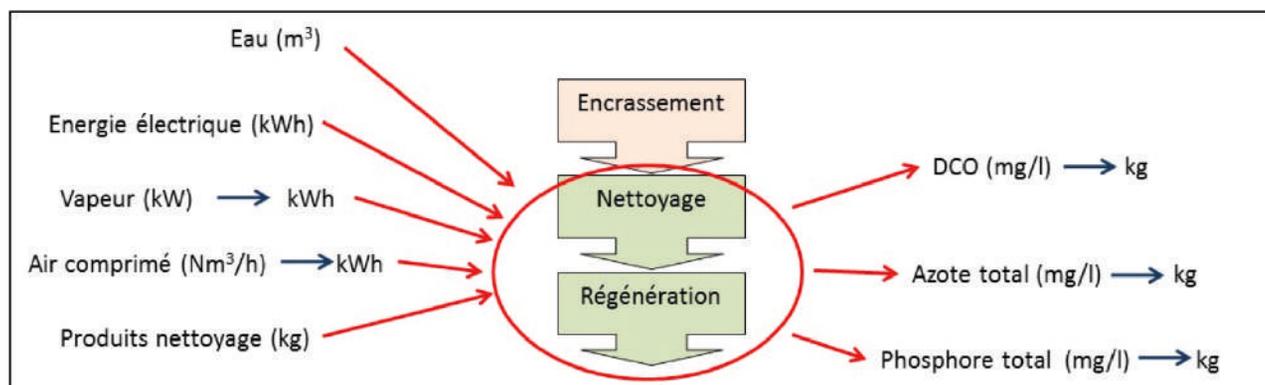


Figure 1. : Les différents flux mesurés sur le dispositif ECOCLEAN

La mise en route de la plateforme NEP ECOCLEAN a été réalisée dans un premier temps en comparant plusieurs modalités de nettoyage d'un circuit de distribution de lait, encrassé selon un protocole prédéfini (circulation d'un lait à la composition maîtrisée en matière grasse et matière protéique, pendant un temps donné). Ensuite plusieurs modalités de nettoyage ont été réalisées en comparaison avec un protocole témoin.



Photo 1. : Plateforme expérimentale NEP ECOCLEAN – ENIL Mamirolle

Ces modalités ont été définies par une alternance de nettoyages alcalins et acides, séparés par des rinçages, avec des barèmes précis de concentration en produits, température et durée de circulation.

Ainsi les consommations énergétiques, incluant la production de vapeur,

l'utilisation d'air comprimé et la consommation électrique, ont pu être comparées pour diverses modalités de nettoyage comme le montre la figure 2. En comparaison avec un protocole standard (nettoyage témoin), un protocole allégé en concentration de produits et en temps d'action (nettoyage critique) et

un protocole de nettoyage sans produit détergent ont été testés. Ces résultats ont été analysés conjointement à l'efficacité de nettoyage de chaque modalité et ont montré l'intérêt de réduction des barèmes en vue d'une réduction des impacts sur l'environnement.

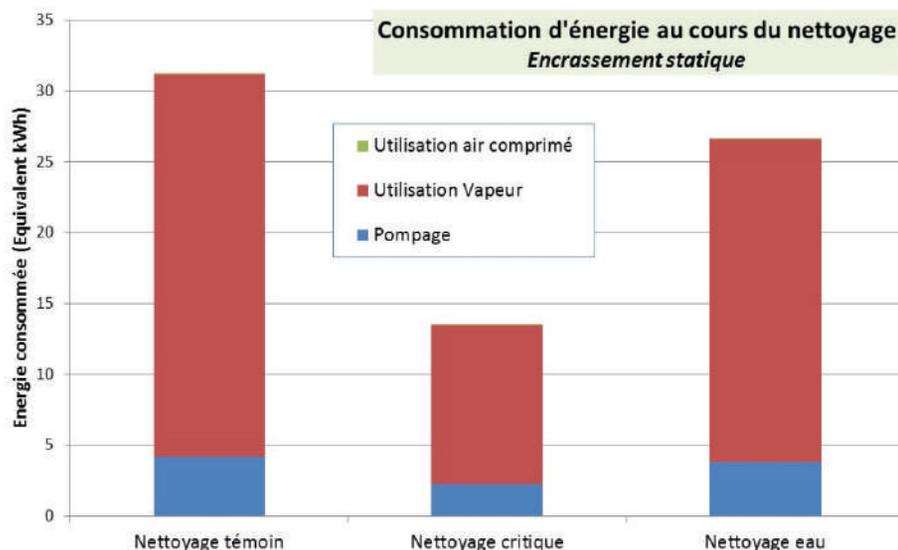


Figure 2. : Comparaison des consommations d'énergie selon différentes modalités de nettoyage.

Caractérisation des rejets en sortie d'un système NEP

Installée à l'origine de la construction de la Halle de Transformation Laitière et Alimentaire de Mamirolle, c'est-à-dire en 1996, la station de nettoyage en place, vieillissante, a été remplacée en 2017 par un système beaucoup plus

performant, comportant 5 cuves dont une pour la récupération d'eau et une autre pour le test de produits de nettoyage, et tout particulièrement de produits enzymatiques. La récupération d'eau est optimisée par l'utilisation de sondes conductimétriques placées sur le retour des eaux de rinçage, qui permettent l'ajustement des temps de rinçage.

Compte tenu des débits générés par les pompes de circulation (jusqu'à 18 m³/h), la réduction des temps de rinçage de quelques minutes, et la récupération des volumes d'eau très faiblement concentrés en produits détergents contribuent à une réduction très significative des consommations d'eau.

L'installation sur ce système NEP d'un préleveur automatique en poste fixe sur la sortie vers les égouts (armoire verte sur la photo n°2) permet désormais de caractériser la charge des rejets issus de la NEP. Des prélèvements et analyses effectués simultanément sur la sortie de la NEP principale et sur l'évacuation générale du bâtiment (rejet global de la HTLA) ont permis de comparer les flux et de déterminer la part du nettoyage par le système NEP central dans la charge journalière de l'ensemble des ateliers (figure 3.).



Photo 2. : Vue d'une partie du nouveau système de nettoyage (NEP) principal de la HTLA

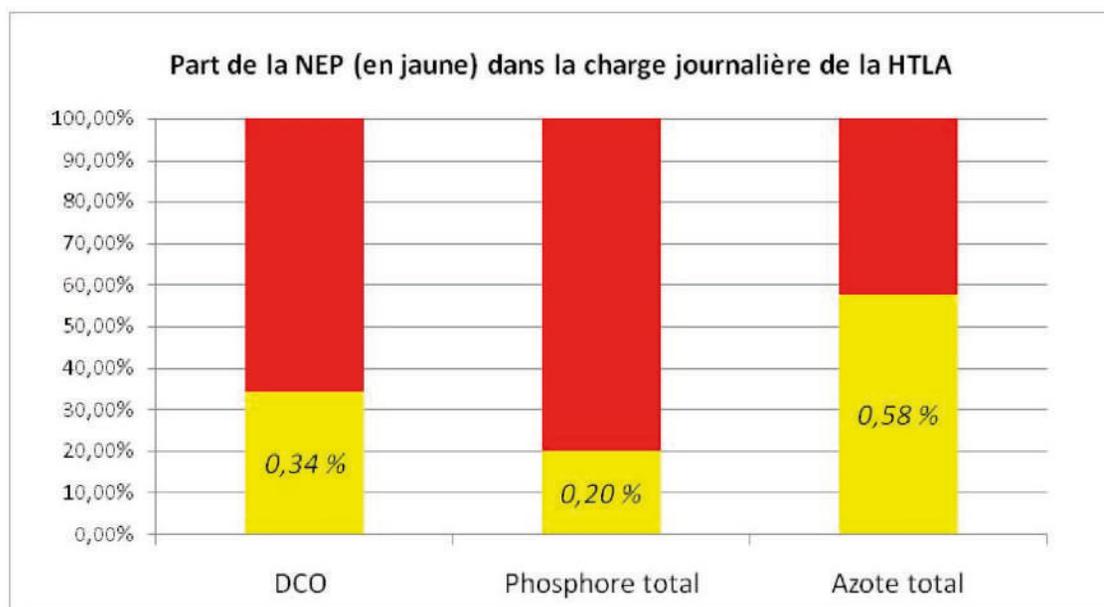


Figure 3 : Analyse comparée des caractéristiques polluantes de la sortie de la NEP et du rejet global

Ces observations et mesures permettent d'orienter et de hiérarchiser les actions de réduction de la charge des effluents selon les paramètres de charge (DCO, azote total, phosphore total), en particulier par la recherche de solutions alternatives de nettoyage limitant les rejets d'azote ou de phosphore.

Effluents laitiers : traitement et valorisation

Brice BOURBON, ACTALIA Environnement, Surgères

Les usines laitières produisent une importante quantité d'effluents composés majoritairement de matières organiques, d'azote et de phosphore. Dans l'optique de respecter les valeurs limites de rejet imposées par la réglementation, leur épuration apparaît donc nécessaire. Cependant, compte-tenu de leur composition, ces «eaux usées» ne représentent plus obligatoirement un

déchet qu'il faut traiter et deviennent désormais des ressources qu'il est possible de valoriser.

Caractéristiques des effluents laitiers

Selon la taille des usines, les types de produits fabriqués au sein de ces usines et le degré d'application des bonnes

pratiques de gestion de l'eau et des effluents, la quantité et la composition des eaux usées laitières est amenée à varier. Le tableau 1 indique les classes de volume d'effluents produit selon les produits laitiers fabriqués tandis que le tableau 2 indique les classes de concentration de divers paramètres analysés au niveau des eaux usées.

Produits laitiers fabriqués	Volumes d'effluents produits (m ³ / tonne de lait entrant)
Lait de consommation	0,2 – 7,8
Fromage	0,75 – 3,25
Poudre	1,00 – 3,25
Lait fermenté	2,00 – 11,1

Tableau 1 : Volumes d'effluents produits en fonction des fabrications

Données issues du guide des MTD de 2018

DBO ₅ (g/l)	DCO (g/l)	MES (g/L)	Azote global (g/L)	Phosphore total (g/L)	pH
0,24 – 5,9	0,5 – 10,4	0,06 – 5,80	0,01 – 0,66	0 – 0,06	4 - 11

Tableau 2 : Classes de concentration de divers paramètres analysés au niveau des effluents laitiers

Données issues du bulletin IDF 500 (source d'origine : Kolev Slavov, 2017).

- DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours (déterminée à partir de la consommation d'oxygène par les micro-organismes épurateurs en 5 jours)

- DCO : Demande Chimique en Oxygène (déterminée par l'oxydation des matières organiques par un oxydant puissant)

- MES : Matières En Suspension (teneur en MES déterminée par filtration de l'échantillon et passage du filtre à l'étuve à 105°C)

- Azote global : azote Kjeldahl (azote ammoniacal + azote organique) + azote oxydé (nitrates, nitrites)

- pH : potentiel Hydrogène

Il convient de noter que le rapport DCO/DBO₅ des effluents laitiers est en moyenne proche de 2 ce qui atteste de leur bonne biodégradabilité.

Le traitement des effluents laitiers

Compte-tenu de leur caractère biodégradable, les effluents laitiers sont majoritairement traités à l'aide de procédés biologiques. L'étude AQUAREL, menée de 2015 à 2018, a notamment permis d'observer que le procédé boues activées était largement répandu sur les sites disposant de leur propre station d'épuration (64% des usines ayant une station utilisent cette technologie).

Ce procédé n'est cependant pas utilisé seul car il ne permet pas d'abattre certains types de pollution. En effet, les effluents laitiers contiennent de la matière organique mais également des matières azotées et phosphorées. Ainsi d'autres techniques ou ouvrages doivent être accolés au procédé boues activées pour permettre d'atteindre une qualité d'eau rejetée conforme à la réglementation.

De manière générale, une filière de traitement des effluents laitiers comprend au moins les éléments suivants :

- un dégrillage/tamissage. Cela sert notamment à retenir les éléments grossiers et éviter que ceux-ci ne provoquent des problèmes au niveau des ouvrages situés en aval et au niveau des pompes.
- un bassin tampon. Ce dernier a un double rôle : d'une part, il permet de neutraliser le pH des eaux usées car

celles-ci contiennent notamment des acides et des composés alcalins ; d'autre part, il permet d'alimenter les ouvrages situés en aval à un débit constant.

- un bassin d'aération. Dans ce bassin, la biomasse dégrade les matières organiques à l'aide d'un apport d'oxygène. La dégradation des matières azotées peut également s'effectuer dans cet ouvrage avec notamment la mise en place d'une zone anoxique permettant d'assurer l'étape de dénitrification.
- un clarificateur. Il permet de séparer les boues des eaux traitées qui vont être rejetées dans le milieu naturel.
- un procédé physico-chimique d'élimination du phosphore. Lors de cette étape, du chlorure ferrique est ajouté aux eaux usées pour former des précipités destinés à piéger le phosphore dans les boues.

Les boues issues du traitement des effluents laitiers sont quant à elles majoritairement épandues après avoir subi une opération d'épaississement.

La valorisation des effluents laitiers

A – La méthanisation

En raison de leur forte teneur en matières organiques, les effluents laitiers apparaissent particulièrement aptes à la méthanisation, un traitement se déroulant

dans un réacteur fermé et conduisant à la production de méthane utilisé comme source d'énergie électrique et de chaleur.

Par rapport à un traitement classique de type boues activées, ce procédé anaérobie (procédé dans lequel l'oxygène est absent) est moins énergivore, conduit à une production moindre de boues et peut accepter des charges de matières organiques conséquentes.

En revanche, l'épuration des eaux est moins aboutie qu'avec un système aérobie (se dit d'un système dans lequel l'oxygène est présent) ; les teneurs en matières organiques restent supérieures en sortie du procédé par rapport à celles observées, par exemple, en sortie d'un procédé boues activées. De plus, les composés azotés et phosphorés ne sont pas complètement dégradés. C'est la raison pour laquelle, lorsque les flux de pollution sont importants, il convient d'installer un système de traitement aérobie à la suite d'un méthaniseur.

Le tableau 3 apporte des éléments de comparaison entre système aérobie et système anaérobie.

Tableau 3 : Critères de comparaison entre système aérobie et système anaérobie

Données issues du bulletin IDF 500

Critères	Système aérobie	Système anaérobie
Energie requise	Elevée (principal poste consommateur l'aération)	Faible
Production d'énergie	Non	Oui (production de méthane comprise entre 60 et 75%)
Charge en DCO acceptée	Faible à moyenne (ex : une boue activée faible charge admet des concentrations entre 0,7 et 1,2 kgDCO/m ³ dans le cas d'un rapport DCO/DBO ₅ =2)	Moyenne à haute (charge moyenne acceptée : 5 à 10 kgDCO/m ³)
Elimination de la DCO	95% - 99%	70% - 90%
Production de boues	Elevée (environ 40%)	Faible (environ 8%)
Coût d'investissement (CAPEX)	Faible	Elevé

B – Le bioréacteur membranaire

Le bioréacteur membranaire est une technique de traitement aérobie qui fonctionne sur le même principe que la technologie boues activées. La seule différence majeure entre les deux procédés réside dans le processus de clarification : celle-ci est effectuée dans un ouvrage de décantation dans le cadre d'un système boues activées tandis qu'elle est réalisée à l'aide de membranes dans le cadre d'un bioréacteur membranaire. Ce type de clarification des eaux usées permet d'atteindre des qualités d'eau rejetée bien supérieures à celles obtenues en sortie d'un procédé boues activées. De plus, la concentration en boues dans le bassin d'aération peut être maintenue à un niveau plus élevé et la production finale de boues est moins importante. Le tableau 4 recense les principales caractéristiques de cette technologie.

	Caractéristiques
Efficacité du traitement	DCO : entre 94 et 99% d'élimination DBO ₅ : entre 98 et 99,5% d'élimination Azote total : entre 86 et 93% d'élimination Phosphore total : entre 86 et 91% d'élimination
Teneur en boues dans le bassin d'aération	Entre 8 et 18 g/L (contre 2 à 4 g/L dans le cas d'un procédé boues activées)
Production de boues finale	Plus faible que dans le cas d'un procédé boues activées
Energie requise	Importante (postes consommateurs : aération et décolmatage des membranes)
Agencement	Deux agencements possibles : bassin d'aération avec membranes de clarification intégrées OU bassin d'aération suivi de membranes situées à l'extérieur

Tableau 4 : Principales caractéristiques du bioréacteur membranaire
Données issues du bulletin IDF 500

Paramètres	Concentration en entrée (mg/L)	Concentration en sortie en 2011 (avant installation du bioréacteur membranaire) (mg/L)	Concentration après 2011 (après installation du bioréacteur membranaire) (mg/L)
DBO	763	5,3	0,8
MES	421	7	<1
Azote total	ND	2,6	1,8

Une usine laitière située au Japon a mis en place cette technologie afin de rejeter des eaux de meilleure qualité. Les concentrations obtenues avant et après la mise en place de ce procédé sont résumées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Qualités d'eau obtenues avant et après installation d'un bioréacteur membranaire
Données issues du bulletin IDF 500.

Compte-tenu des qualités observées, ce traitement représente aussi un moyen de récupérer et réutiliser de l'eau. Pour le moment, les scénarios de réutilisation d'eaux usées traitées sont peu développés mais cette pratique alternative focalise désormais de plus en plus l'attention des acteurs de terrain. Dans tous les cas, les technologies sont déjà prêtes.

Pour en savoir plus

Bulletin of the International Dairy Federation (IDF) 500: Wastewater Treatment in Dairy Processing Innovative solutions for sustainable wastewater management. Document édité en 2019.

Livrables du projet AQUAREL. Etude réalisée par ACTALIA de 2015 à 2018. Documents téléchargeables à cette adresse : <http://www.actalia.eu/actalia/telechargements/>

Guide des Meilleures Techniques Disponibles pour les industries agro-alimentaires et laitières (appelé également BREF FDM). Guide édité par la Commission Européenne. Version provisoire éditée en octobre 2018. Document téléchargeable à cette adresse : <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/fdm.html>

WEBALIM 2.0 : le projet



Un projet innovant

- L'outil Webalim permet l'accès à plus de 120 modules de formation agroalimentaire en FOAD valorisés dans la pédagogie de l'alternance.
- Ce dispositif permet de créer des parcours individualisés, composé de séquences interactives. Il couvre tous les domaines de connaissances des diplômés préparant aux métiers de l'agroalimentaire.
- Il permet un suivi de la progression de l'apprenti par les formateurs et les maîtres d'apprentissage, avec différents indicateurs : nombre et temps connexion, progression, réussite aux auto-évaluations.

Les apprenants scolaires

- utilisé par les apprentis du secteur agro-alimentaire,
- dans le cadre de remise à niveau, acquisition et/ou validation de connaissances, du CAP au MASTER,
- en centre de ressources, en pédagogie de classe inversée et en autonomie (domicile, transport en commun).

Les apprenants entreprises

- utilisé par les salariés ou futurs salariés d'entreprises du secteur laitier
- dans le cadre de remise à niveau, acquisition et/ou validation de connaissances,
- en entreprise et en autonomie (domicile, transport en commun).

Les atouts de Webalim 2.0

- Actualisation du dispositif initial sur le fond (contenu pédagogique et évaluations) et la forme (environnement intuitif).
- Nouveaux modules technologiques : transformation des viandes, des fruits et légumes, des céréales, du sucrés, boissons.
- Intégration des nouveaux usages du numériques (HTML5 et responsive design).
- Traduction de modules en langue anglaise (1/3 des modules).
- Accès à l'anglais technique favorisant la mobilité géographique des apprentis.

Actualisation et reprise de modules existants :

- 73 modules en français
- dont 35 modules en anglais

Création de nouveaux modules techniques :

- 10 modules en français
- 10 traduits en anglais

Au total

- 128 modules
- dont 83 modules version française et 45 modules version anglaise

Kit média : Revue des ENIL

Cette revue bi-annuelle est éditée par l'ANFOPEIL.

L'ANFOPEIL est une Association regroupant la Transformation Laitière (FNIL et FNCL), les Écoles Nationales d'Industrie laitière (ENIL), leurs Amicales d'Anciens Élèves et ACTALIA.

Elle a pour finalité première de promouvoir la formation professionnelle des salariés de la Transformation Laitière en diffusant, coordonnant et harmonisant les propositions du réseau des ENIL. Elle a également pour mission de promouvoir les Savoirs Faire des ENIL et ACTALIA ainsi que de favoriser le recrutement et l'accès à l'emploi des Anciens Élèves du réseau.

Prochaines thématiques

- **Juin 2020** : Propriétés fonctionnelles
- **Décembre 2020** : Transmission des savoir-faire

Les destinataires de la revue

- Industries et coopératives laitières et fromagères
- Laiteries - Fromageries
- Écoles - Universités - Centres de recherche

REVUE DES **enil** **28-36**

pages

2000

exemplaires
papiers

5000

envois
numériques

TARIFS PUBLICITAIRES 2019

2500 €	2000 €	1200 €	900 €	500 €
4ème de Couverture	3ème de Couverture	Une page	1/2 Demi-page	1/4 Quart de page

accueil@anfopeil-enil.fr

Le réseau des ENIL/ANFOPEIL

BP 10025 • 39801 POLIGNY CEDEX
Tél : 03 84 37 27 24 • Fax : 03 84 37 08 61
accueil@anfopeil-enil.fr

Responsable administrative

Christine GRILLOT
christine.grillot@anfopeil-enil.fr

Coordinateur - Responsable pédagogique :

Thierry MICHELET : thierry.michelet@anfopeil-enil.fr
06 44 71 15 83

 **ANFOPEIL**

Stages ANFOPEIL

Thierry MICHELET, Coordinateur-Responsable pédagogique, ANFOPEIL

Les aspects environnementaux sont depuis longtemps intégrés dans nos laiteries au travers de l'obligation de maîtrise des rejets / déchets ou de la réduction de la consommation des ressources. Compte tenu de la recherche de performance des entreprises, des attentes des clients et consommateurs ... ils deviennent aujourd'hui des éléments clefs pour les prises de décisions et l'élaboration des stratégies.

L'ANFOPEIL propose depuis plusieurs années des formations sur la conduite des stations d'épuration (niveau base et expert). Depuis 2 ans, deux stages d'une journée permettent de faire le point sur la gestion de l'eau sur un site de transformation et la performance environnementale.

<p>Stage 46</p> <p>Fonctionnement d'une station d'épuration (NIVEAU 1) : principes de base</p> <p>- 3 Jours</p> <p>Niveau Perfectionnement</p>	<p>ENIL Mamirolle</p>	<p>Semaine 41 06/10 au 08/10</p>	<p>Caractéristiques des effluents alimentaires - Principes de fonctionnement des systèmes de traitement biologique - Indicateurs et paramètres de suivi - Analyse des principaux types de dysfonctionnements, visites techniques</p>
<p>Stage 47</p> <p>Fonctionnement d'une station d'épuration (NIVEAU 2) : les dysfonctionnements-</p> <p>2 Jours</p> <p>Niveau Expertise</p>	<p>ENIL Mamirolle</p>	<p>Semaine 13 24/03 au 25/03</p>	<p>Rappels : caractéristiques effluents, principes de pilotage de station - Clef de détermination des dysfonctionnements (d'origine hydraulique ou biologique – départs de boues, bactéries filamenteuses...) – Prévention des dysfonctionnements</p>
<p>Stage 48</p> <p>Gestion de l'eau au niveau d'un site de transformation-</p> <p>1 Jour</p> <p>Niveau Expertise</p>	<p>ACTALIA Paris</p>	<p>Semaine 41 08/10</p>	<p>Rappel de la réglementation concernant les eaux utilisées dans l'industrie laitière - Suivi de la qualité des eaux - Bonnes pratiques pour maîtriser et réduire les consommations d'eau sur le site - Préconisations pour établir le vrai coût de l'eau du site</p>
<p>Stage 49</p> <p>La performance environnementale au service de votre activité -</p> <p>1 Jour</p> <p>Niveau Expertise</p>	<p>ACTALIA Paris</p>	<p>Semaine 45 04/11</p>	<p>Évaluation de la performance environnementale : l'ACV, outil d'aide à la décision - Indicateurs environnementaux - Stratégie environnementale - Démarche d'écoconception - Affichage environnemental comme moyen de différenciation - Opportunités d'accompagnements techniques et financiers pour vos projets</p>

NB : Les descriptifs complets des stages sont disponibles sur notre site : www.anfopeil-enil.fr

N'hésitez pas à contacter le Réseau ANFOPEIL pour toute demande de formation « à la carte » sur ces thématiques ou d'autres.

Projet européen AFDIL-AEDIL

La conférence de clôture du projet européen Erasmus+ (KA-2) intitulé « Mapping Skills needs and Supply in Dairy Sector »* a eu lieu fin novembre à Leeuwarden aux Pays Bas.

Cette étude, pilotée au niveau européen par l'AEDIL (Association of European Dairy Industry Learning) et au niveau français par l'AFDIL (Association Française des Diplômés de l'Industrie Laitière), a été conduite auprès de 117 entreprises, 53 organismes de formation et 65 anciens étudiants dans 14 pays de l'UE. Les données qualitatives et quantitatives recueillies au cours de l'enquête ont donné lieu à des recommandations qui ont été présentées et partagées avec les différents acteurs présents (entreprises, écoles, universités, organisations professionnelles ...) les 26 et 27 novembre 2019.

Ci-dessous quelques extraits de la traduction française du rapport final remis aux participants

Consultable sur le site anfopeil-enil.fr

Rapport de synthèse

... L'objectif du projet consistait, d'une part, à faire un état des lieux des besoins en compétences de l'industrie laitière européenne dans 14 pays, à l'heure actuelle et pour l'avenir (sur les cinq années à venir), et, d'autre part, à comparer ces besoins à l'offre des établissements d'enseignement du domaine laitier afin d'identifier les écarts entre ces deux pôles. D'après ces observations, des recommandations destinées au secteur laitier ont été élaborées.

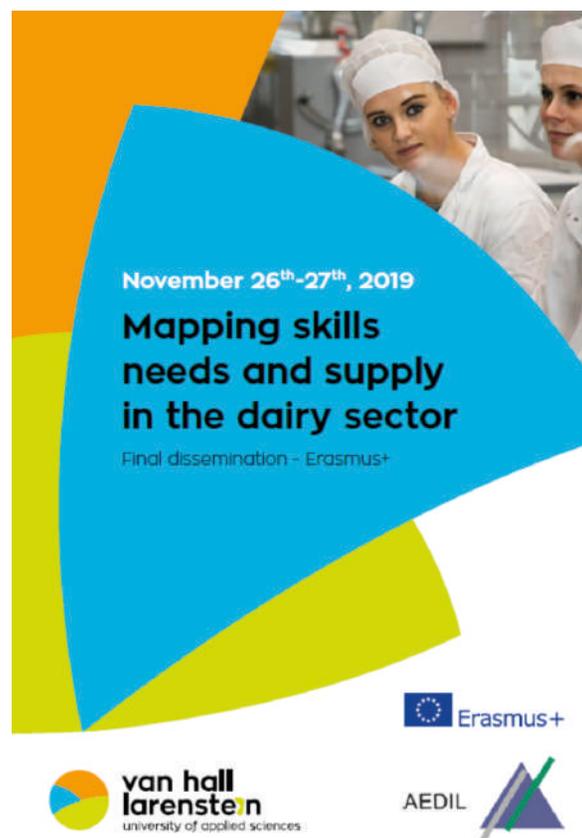
Les recherches axées sur l'industrie ont été menées dans trois domaines spécifiques : les compétences laitières, les compétences numériques et les compétences « vertes ». Par ailleurs, les compétences futures ont été étudiées au titre de questions ouvertes et portaient principalement sur les domaines du management et du recrutement.



Ouverture de la conférence par Isabel SAND de l'organisation professionnelle danoise « Foreningen Mejeri Ledere og Funktionærer » pilote du projet

Le besoin le plus significatif identifié était celui du recrutement, avec un pourcentage avoisinant les 80 % dans l'industrie laitière européenne (laiteries de petite, moyenne et grande envergure). Ce besoin est suivi par le besoin en compétences laitières, à la seconde place avec 75 % : un besoin conséquent face à la tendance observée dans de nombreux pays à transposer la formation laitière en une formation alimentaire générale avec possibilité de se spécialiser dans le laitier. Parmi les autres compétences faisant l'objet d'un important besoin dans l'industrie laitière figurent les compétences des domaines du numérique, de la compréhension métier et de la sécurité alimentaire. Ces besoins représentent tous plus de 60 %.

**Cartographier les besoins en compétences et l'offre (de formation) dans le secteur laitier*



Ces observations sont tellement présentes dans toute l'industrie laitière qu'il est vital d'améliorer les programmes pédagogiques, d'adapter les niveaux actuels et d'opter pour de meilleurs partenariats entre l'industrie et les établissements d'enseignement si l'industrie laitière européenne veut tenir la cadence de la demande internationale et rester compétitive. D'après les études menées au sein des établissements d'enseignement européens (56), la formation laitière devrait rester distincte de la formation des domaines généraux de la technologie et/ou des sciences alimentaires, et est à réévaluer dans les pays où il n'y a aucune formation laitière spécifique...

Recommandations

Parmi les recommandations faites à l'issue de cette vaste enquête, figurent les suivantes (liste non exhaustive) :

... conserver des formations/diplômes laitiers spécifiques ...

... continuer à développer l'apprentissage en situation de travail au sein des écoles et universités laitières ...

... continuer à protéger le caractère unique des programmes d'enseignement dans les domaines de la technologie et de la production laitières ...

... réfléchir à la nécessité éventuelle de repenser les programmes ou certaines parties des programmes face à la diversité de l'industrie

... les programmes de formation laitière de tous niveaux doivent aborder des sujets tels que les produits biologiques, le développement durable, le lait maternisé, les protéines de lactosérum et la recombinaison ...

... compétences des enseignants soient mises à niveau, et il est recommandé à tous les enseignants de réaliser au moins une semaine de « stage » par an dans l'industrie de la production laitière ...

... développer, dans le cadre des programmes pédagogiques, la curiosité, le désir d'apprendre, la réflexion critique, le pragmatisme et les compétences analytiques des étudiants ...

... améliorer la coopération entre les écoles laitières et les laiteries pour fournir les fonds nécessaires à la mise à niveau des usines pilotes existantes (ateliers pédagogiques, hall de technologie ...)

... faire de la numérisation une partie intégrante de toutes les méthodes pédagogiques ...

... mettre davantage l'accent dans les établissements d'enseignement sur l'environnement en tant que préoccupation transversale au sein de tous les sujets pertinents abordés ...

... trouver des solutions flexibles et innovantes au sein de chaque pays membre pour trouver les fonds nécessaires au maintien à jour des installations d'entraînement (ateliers pédagogiques, hall de technologie) ...

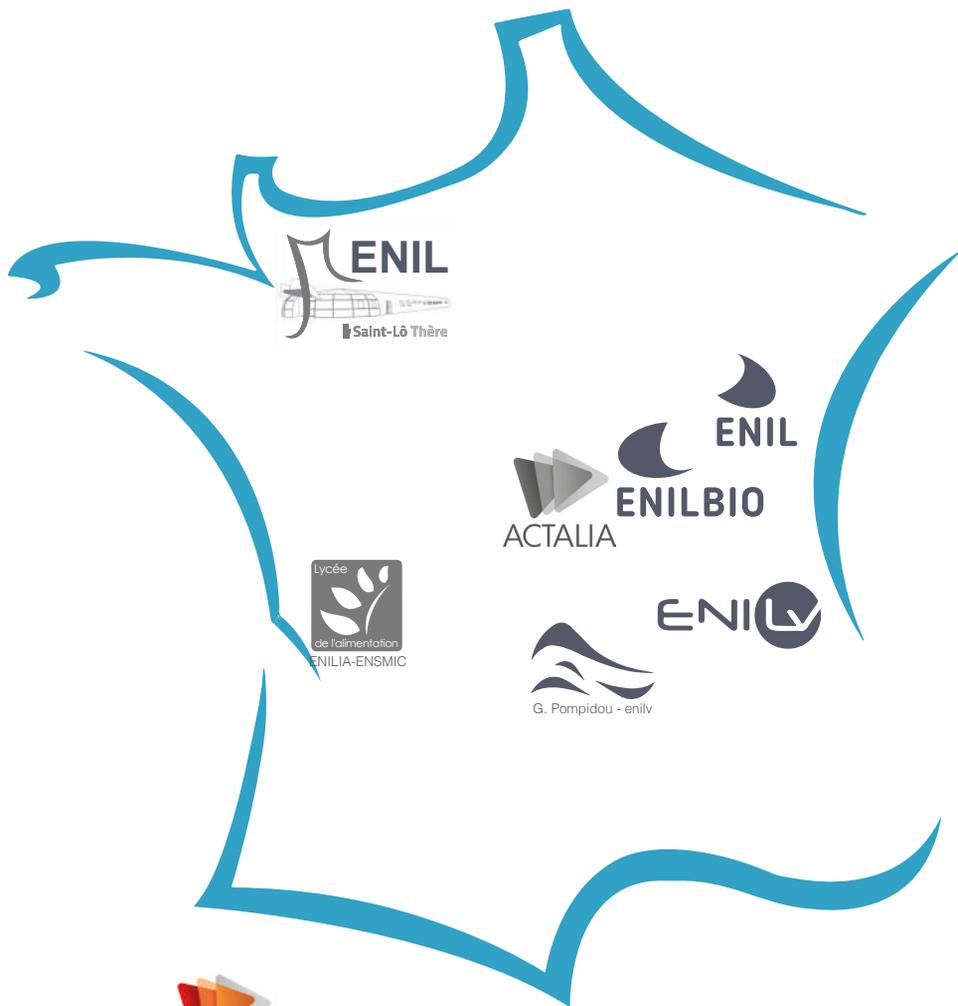


Séance de Questions / Réponses à l'issue de la présentation des résultats et des recommandations

*Une réflexion est maintenant en cours au niveau de l'AEDIL afin de trouver les financements pour mettre en œuvre concrètement ces recommandations.
A suivre ...*



LE RÉSEAU ANFOPEIL



ENIL
25620 MAMIROLLE
Tél. 03 81 55 92 00

Conseillère Formation :
I. FRIMOUT
E-mail : isabelle.frimout@educagri.fr



ENILBIO
39801 POLIGNY
Tél. 03 84 73 76 76

Conseillère Formation :
I. FRIMOUT
E-mail : isabelle.frimout@educagri.fr



ACTALIA
01000 BOURG-EN-BRESSE
Tél. 04 92 34 71 86

Conseillère Formation :
S. FONTAINE
E-mail : s.fontaine@actalia.eu



ENIL
50620 LE HOMMET D'ARTHENAY
Tél. 02 33 77 80 82

Conseillère Formation :
A. DESCHENES
E-mail : agnes.deschenes@educagri.fr



ENILIA
17700 SURGÈRES
Tél. 05 46 27 69 00

Conseiller Formation :
E. AUDEBERT
E-mail : emmanuel.audebert@educagri.fr



ENILV
15000 AURILLAC
Tél. 04 71 46 26 60

Conseillère Formation :
C. ARSAC
E-mail : celine.arsac@educagri.fr



ENILV
74805 LA ROCHE-SUR-FORON
Tél. 04 50 03 47 13

Conseillère Formation :
ML. LUPO-TARDIVEL
E-mail : Marie-laurence.lupo-tardivel@enilv.fr

Membres du réseau des ENIL

