



Le nettoyage CIP en fromagerie

Clean-in-place (CIP) ou Nettoyage en place (NEP)

Nicolas Fehér

Groupe de discussion NE,
La Brévine le 12 mars 2024.





But du nettoyage

Le nettoyage alimentaire consiste à éliminer les souillures d'un substrat.

But de la désinfection

Détruire les microorganismes restants après le nettoyage.
Surtout pour les produits alimentaires stériles.



Rinçage avant nettoyage

Un pré-rinçage à l'eau tiède permet :

- d'éliminer le plus gros de la souillure et d'augmenter l'efficacité du nettoyage.
- d'éviter que des résidus sèchent contre une parois qui par-après sont difficile à faire partir.
- d'épargner la solution de nettoyage.

Attention au pré-rinçage d'un tank à lait du producteur avec de l'eau chaude !
Les protéines peuvent précipiter et adhérer à la surface.



Nature de la souillure

Souillures organiques : traces de matière grasse, de protéines, et de lactose laissées par les denrées alimentaires.

= détergent alcalin

Souillures minérales : sels minéraux amenés par le lait (pierre de lait) ou par l'eau chargée en minéraux, tels que les sels de calcium et de magnésium.

= détergent acide

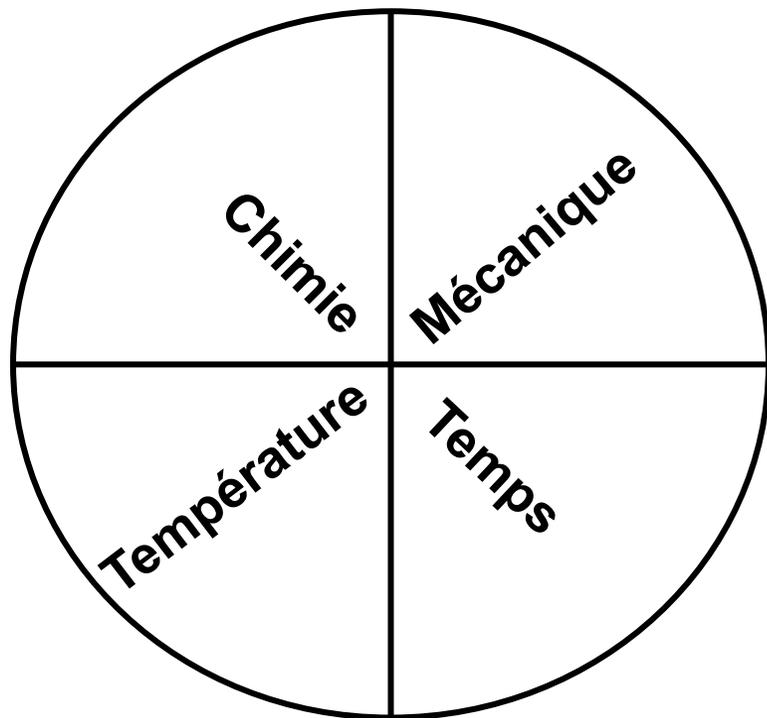


Nature de la souillure

Composant	Propriété	Nécessaire au nettoyage
Lactose (sucres)	Soluble dans l'eau.	Eau (sauf lors d'une caramélisation).
Matière grasse	Insoluble dans l'eau à des températures < 40°C.	Températures élevées et/ou substances tensioactives.
Protéine	Peu soluble dans l'eau. Légèrement soluble en solution acide, soluble en solution alcaline.	Solutions alcalines avec des pH très élevées.
Sels minéraux	Peu soluble dans l'eau.	Solutions acides avec des pH très basses.



Cercle de Sinner



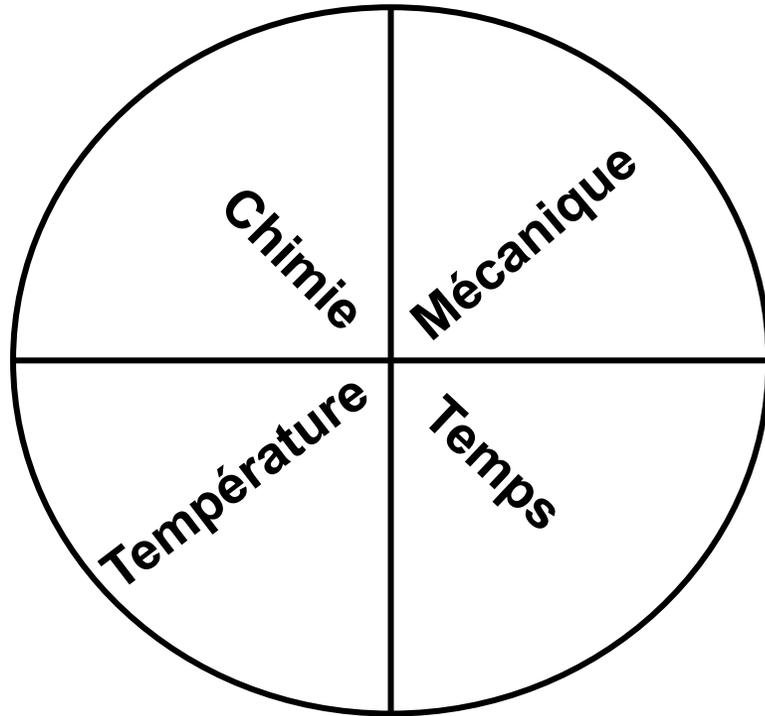
Le réglage optimal des facteurs garantis à la fois le succès du nettoyage et la rentabilité.



Quel facteur n'est pas optimal ?



Cercle de Sinner



Le réglage optimal des facteurs garantit à la fois le succès du nettoyage et la rentabilité.

Comment avez-vous choisi :

La chimie des CIP ?

Les temps des CIP ?

Les températures des CIP ?

La mécanique du CIP ?



Temps de nettoyage

Chaque processus de nettoyage nécessite un laps de temps pour que l'effet des autres facteurs puisse avoir lieu.

Le facteur temps doit être adapté au procédé de nettoyage et aux conditions de fonctionnement.

En fromagerie, le temps est souvent défini par l'installation à nettoyer. Le CIP d'un échangeur à plaques ou de la centrifuge va, par exemple, durer plus longtemps que celui d'un tank à lait. La durée peut aussi compenser un autre facteur tel que l'action mécanique ou la température.

Contrôle du temps de nettoyage

La durée est vérifiée régulièrement. En fromagerie le départ d'un CIP se fait souvent à une heure régulière. La fin du CIP peut alors facilement être vérifié avec l'horloge.



Température de nettoyage

- La température permet **d'abaisser la tension superficielle** de l'eau. Les produits tensioactifs ont un effet similaire. Quand la température rechute avant la fin de nettoyage la graisse se repose sur les parois. L'effet tensioactif est alors réversible. Ce problème peut arriver si les nettoyages de la boule ou du tank durent trop longtemps chez le producteur de lait.
- La température minimale de nettoyage de 50°C est déterminée par le point de fusion de la matière grasse lactique (40°C).
- Une augmentation de la température de **10°C double** l'effet chimique de nettoyage.

CIP = **65 - 75°C**: en dessous de 65°C, l'action des produits chimiques est fortement ralentie, au-dessus de 80°C le matériel d'étanchéité peut être endommagé et des coûts énergétiques inutiles sont générés.



Température de nettoyage

Contrôle de la température de nettoyage

- Vérification régulière des thermomètres (thermomètre de référence).
- Touché régulier (avec gants) de la tuyauterie et des parois des tanks lors du nettoyage. Vérifier également le haut de la conduite à caillé. Le débit du CIP de la conduite à caillé est souvent moins élevée à cause du plus grand diamètre de la conduite.
- Contrôle de la température de la solution pendant et en fin de nettoyage ou pour des systèmes équipés d'un échangeur, au retour du circuit complet.

Attention à l'arrivée d'une température trop élevée au départ du CIP dans la centrifuge. Cela provoque la précipitation des protéines et encrasse les assiettes.



La chimie

Le type de souillure détermine le choix des produits chimiques. En principe le choix du détergent se fait avec l'aide du fournisseur.

Le produit chimique dissout, en fonction des autres facteurs la saleté et favorise son évacuation. Avec une composition adaptée au type de souillure, l'efficacité du nettoyage peut être augmentée de manière importante.

Une augmentation de la concentration du détergent **apporte généralement une amélioration**. Par contre, **un surdosage est inutile** (pas plus efficace, difficulté de rinçage, coût, écologie). Respecter la concentration prescrit du fournisseur!



La chimie

Nettoyage alcalin

La **soude caustique** principalement utilisée dans les CIP est souvent **combinée** :

- **agents de dispersion** pour la graisse et les sels minéraux.
- **agents complexants ou builders** (phosphonates, silicates etc.) pour adoucir l'eau et augmenter **l'efficacité** du nettoyage.

La combinaison permet la réduction du nettoyage acide. Les produits combinés peuvent être considérés comme solution de nettoyage en monophasé partiel. La dureté de l'eau reste le facteur limitant du nettoyage en monophasé.

Nettoyage acide

Le nettoyage à l'acide nitrique ou phosphorique est principalement utilisé pour dissoudre les sels minéraux et inverser le pH. Les grandes différences de pH entre l'alcalin et l'acide sont efficaces contre les bactéries et leurs biofilms. Lors d'une eau très dure la fréquence du nettoyage acide doit être augmentée.



La chimie

Contrôle de la concentration du nettoyage

Les sondes de mesures peuvent s'encrasser.
Un contrôle manuel régulier est nécessaire.

La mesure manuelle de la **conductivité en mS** n'est pas suffisante. Les résidus organiques dans la solution peuvent tamponner l'effet de la solution de nettoyage.

Titration

Valeur p : permet de vérifier l'**alcalinité active**.

°SH : degré d'acidité selon Soxhlet-Henkel.



La fiche technique de Halag permet de faire la conversion entre les mS, valeur p et la concentration du produit en %.



La chimie

Contrôle de l'encrassement de la solution de nettoyage

Quand changer une solution de nettoyage ?

Surveiller l'encrassement de la solution !



État de la solution :

- **claire** et pas de particules solides ou de graisse visibles.
- **liquide** et non pas gélifiée, même à froid.

La solution acide doit être particulièrement en bon état.

État des parois du bac/tank de stockage de la solution de nettoyage et de l'eau.

Analyse : Solution de nettoyage dans un récipient transparent (p. ex. verre d'échantillon) avec de la soude ou de l'acide dans un rapport de 1:1. Observer et évaluer la précipitation des solides.



La chimie - éviter les pertes

Des pertes importantes peuvent parvenir lors du changement du cycle.

- Vérification visuelle du niveau de solution de nettoyage après le retour.
- Réglage minutieux du temps entre le changement des phases (automation et conductivité).
Changement trop tôt = le produit fini à la neutralisation
Changement trop tard = l'eau fini dans la solution du CIP
- Vérification des quantités utilisées : soit par la comptabilité ou le comptage des solutions.





Action mécanique du nettoyage

$$Re = \frac{\rho \| [\vec{v} \cdot \text{grad}] \vec{v} \|}{\eta \| \Delta \vec{v} \|}$$

En mécanique des fluides, le nombre de **Reynolds** (Re) est un nombre qui indique la transition laminaire-turbulent. Celle-ci est la force utilisée pour détacher la saleté.

Lors du nettoyage **CIP**, les forces exercées sur la surface sont plus faibles que lors du nettoyage manuel. L'action mécanique n'est effective qu'en cas d'écoulement **turbulent**. L'augmentation de la vitesse d'écoulement (> 2300 Re) favorise des turbulences.

Pour les tuyauteries et les appareils à plaques, une vitesse d'écoulement de **2 m/sec.** est recommandée.

La conduite à caillé, au diamètre plus élevé, empêche souvent d'atteindre les 2m/sec. Le facteur mécanique est souvent compensé par la durée du CIP.



Le nettoyage CIP en fromagerie

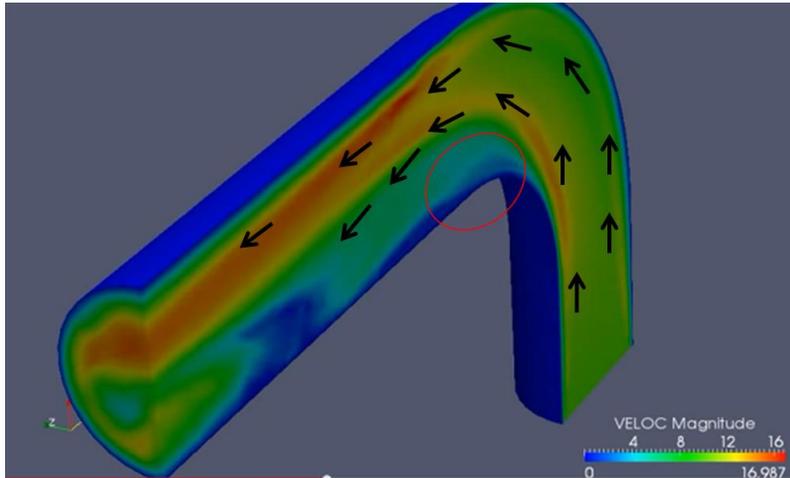
Groupe de discussion NE, La Brévine le 12 mars 2024

Calcul RE (vitesse d'écoulement, masse volumique, viscosité dynamique, l'opérateur gradient l'opérateur laplacien).

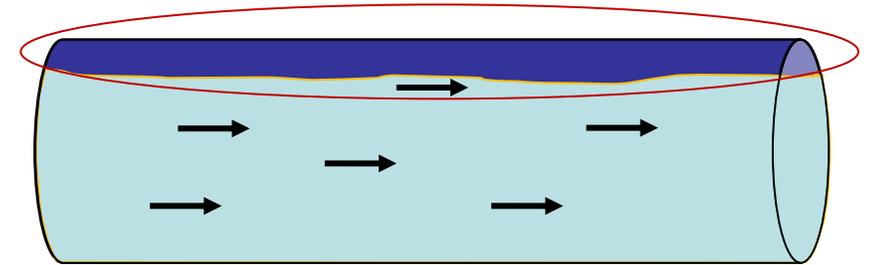


Action mécanique du nettoyage

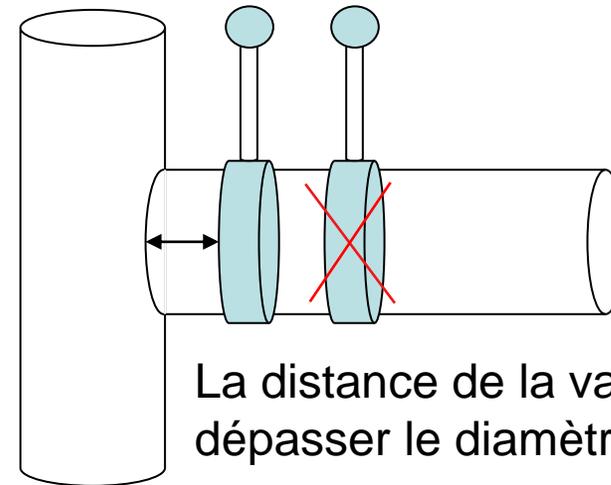
Les ombres d'écoulement sont problématiques. C'est là que les forces agissantes sur la surface sont les plus faibles.



Risque d'angle mort des coudes.



Risque conduite à caillé.



La distance de la vanne ne doit pas dépasser le diamètre du tuyau.



Action mécanique du nettoyage

Contrôle de l'action mécanique

La vitesse d'écoulement est réglée lors de l'installation selon le volume de litre par heure pompé (selon les dimensions des conduites) et à l'aide d'un débit mètre.

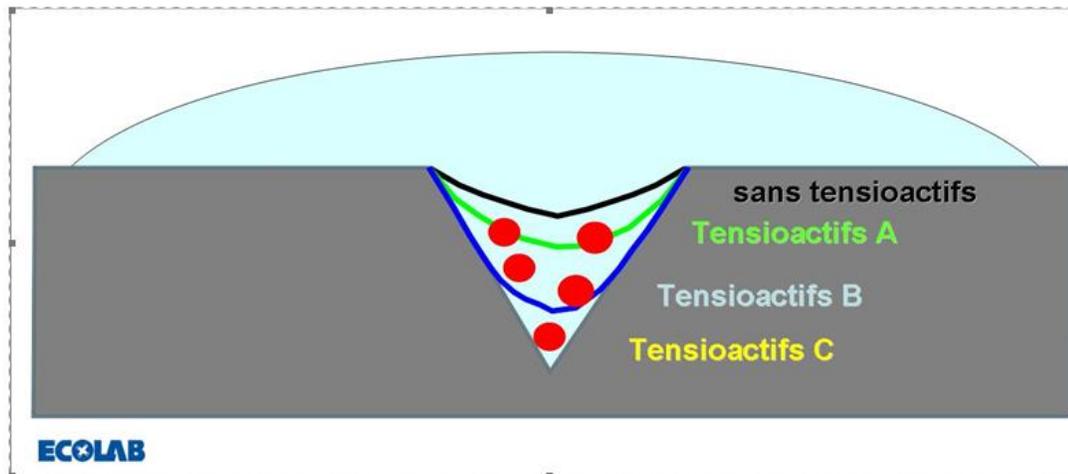
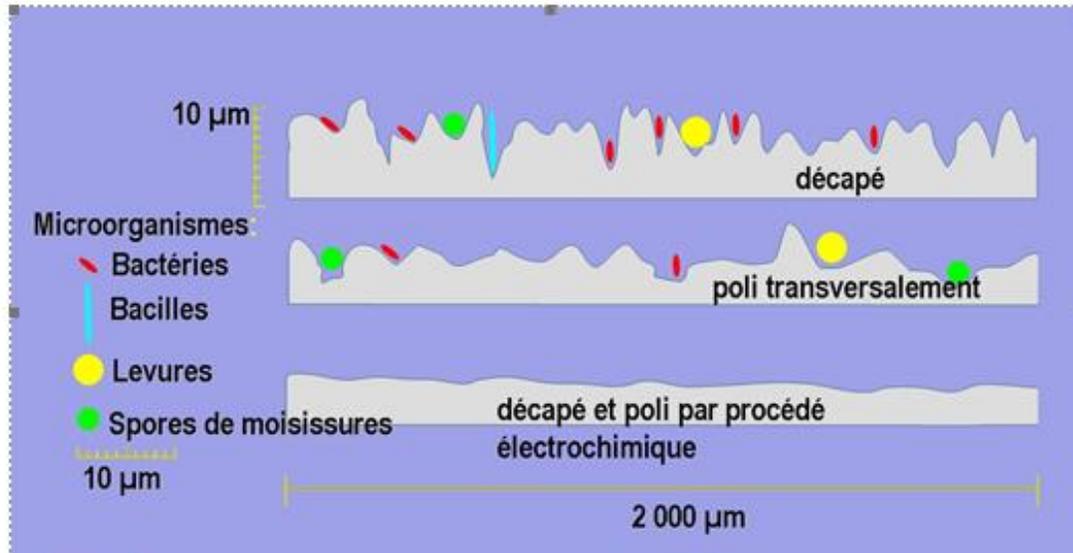


Pour surveiller le bon écoulement du CIP le fromager peut :

- Vérifier **la durée** d'un circuit complet.
- **Rester attentif aux bruits des pompes et des buses.**
- Vérifier le **volume de la solution** lors du nettoyage d'un tank. Un sol complètement immergé fait diminuer l'effet mécanique des buses.
- Vérification visuelle de **l'état des buses**, éventuelle obstruction.
- Vérification d'absence de **freins à l'écoulement** (vannes fermées etc.)



Etat de la surface



En pratique, le matériel synthétique peut, par sa porosité importante, poser problème. Les produits tensioactifs (utilisés pour les moussants) peuvent apporter une aide sur du matériel en bon état.



Exemple pratique, porosité du matériel

Echantillon		
Frotis	Lb. hétéro. fac. ufc/g	Entérobactéries ufc/g
Foncets avant stérilisation	8100	> 1'500'000
Foncets quelque jours après une stérilisation par immersion	2200	240'000

Le nettoyage manuel peut s'avérer insuffisant sur du matériel présentant une porosité très élevée. Lorsque le nettoyage se fait en CIP dans la presse, la température peut souvent résoudre le problème de la porosité.





Machine à laver



Avantage : effet important de la température sur les microorganismes. Un avantage pour le matériel avec une porosité élevée par ex. moule pâte-molles.

Inconvénient : est plus gourmand en énergie et en eau qu'un nettoyage manuel.

Comme «ce lave-vaisselle» n'a pas de sel, de l'eau adoucie est utilisée. La solution alcaline est complétée avec un anticorrosion (les silicates protègent l'aluminium).



Contrôle du rinçage

Rinçage intermédiaire CIP

Le contrôle de la conductivité par mS est suffisant.

Rinçage final

- Conductivité par mS

Aide pour optimiser la durée du rinçage final :

- Presser des bandelettes de pH contre les parois, le sol (ex: intérieur tank)
- Phénolphtaléine →





Contrôle de l'efficacité microbiologique du nettoyage

Analyses

- **Contrôle par étapes à l'eau** : prélever un échantillon témoin du liquide avant de le pomper à travers une installation. Analyse des entérobactéries.
- **Contrôle par étapes du lait** (lait maigre) : réductase, acidité lucernoise et lactocoagulateur (selon Fromarte).
- **Mesure de l'ATP**. Effectuer des analyses comparatives dans la fromagerie.
- **Contrôle par frotti**. L'analyse des entérobactéries donne une bonne indication générale sur l'hygiène.





Contrôle de l'efficacité du nettoyage

Organoleptiques

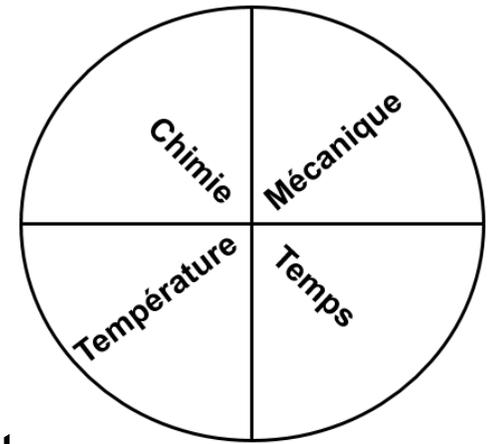
- Contrôle visuel des **déjections lors du débourbage** de la centrifuge pendant le CIP.
- Contrôle visuel de **l'état des parois** du tank à lait ou de petit-lait, vérification des **marques de niveau**.
- Contrôle de **l'odeur** du matériel (foncets, rehausses etc.).
- Contrôler si le matériel **colle, glisse** etc.
- Contrôle de l'état des installations et du matériel lors de la maintenance.





Optimisation du procédé de nettoyage

Les 4 éléments d'un nettoyage réussi sont impératifs et ne peuvent être compensés que de manière limitée.



L'optimisation du procédé de nettoyage est principalement motivée par l'économie des coûts et des raisons écologiques.

Lors d'une optimisation du nettoyage, seul **un des 4 éléments** est baissé légèrement. Le résultat du nettoyage est ensuite vérifié avec les méthodes décrites sous le point *contrôle de l'efficacité du nettoyage*.

Il faut noter qu'une dégradation de l'hygiène peut aussi progresser lentement. Le **résultat** doit être vérifié à **court terme** et à **long terme**.



Quelques points critiques des CIP

Camion à lait : le nettoyage après chaque livraison de lait est nécessaire. Le nettoyage du système d'échantillonnage doit être validé. Lors d'une pompe complémentaire un antimousse peut aider au bon écoulement de la solution.

Echangeur à plaque : les souillures dépendent beaucoup du **gratinage** pendant le chauffage. Vérifier la pression et le nettoyage des **bipasses**. Le serrage des plaques engendre des réductions du **volume du flux** (regarder les prescriptions), la température du CIP peut fortement chuter lors du passage à travers le refroidisseur.

Centrifuge : ouvrir complètement les vannes lors du CIP. Eviter de faire tourner du lait ou du petit-lait dans la centrifuge sans pompage. Effectuer un rinçage intermédiaire pour éviter que les **protéines précipitent sur les assiettes**. Un filtre avant la centrifuge peut aider à réduire l'encrassement. La fréquence du débouillage peut également aider à éviter l'encrassement (Attention : les nuisances sonores élevées provoquent des acouphènes chroniques).



Quelques points critiques des CIP

Conduite de sortie : lorsque le nettoyage ne se fait pas au quotidien un **biofilm** peut s'installer. Risque de bactéries **propioniques** dans les pâtes mi-dures.

Presse : lorsque le CIP est fait seulement une à deux fois par semaine, la porosité du matériel en plastique est à prendre en considération. Souvent plus de souillure avec des pâtes mi-dures que des pâtes dures = adapter le CIP selon le fromage fabriqué. Le poids élevé du bac sous la presse peut faire remonter du vieux petit-lait à la surface. Joint pas étanche. Forte odeur devant le presse. Le petit-lait résiduel qui termine dans la solution du CIP ou une mauvaise hygiène du bac sous la presse peut amener à des problèmes liés aux phages.

Tank petit-lait : quand le **CIP n'est pas séparé** des autres CIP l'encrassage des solutions augmente plus vite. Les solutions doivent être changées plus souvent. Surveiller les traces de niveau dans le tank. Attention aux **risques de phages** avec les résidus de petit-lait qui finissent dans l'eau de rinçage ou dans le tank du CIP.



Nettoyage enzymatiques des biofilms

Les enzymes scindent les matières organiques en résidus qui peuvent par la suite être rincées à l'eau.

Protéases = scindent les protéines. Principalement utilisées pour éliminer les biofilms dans le milieu laitier.

Lipases = scindent les graisses

Amylases = scindent les glucides (polysaccharides)

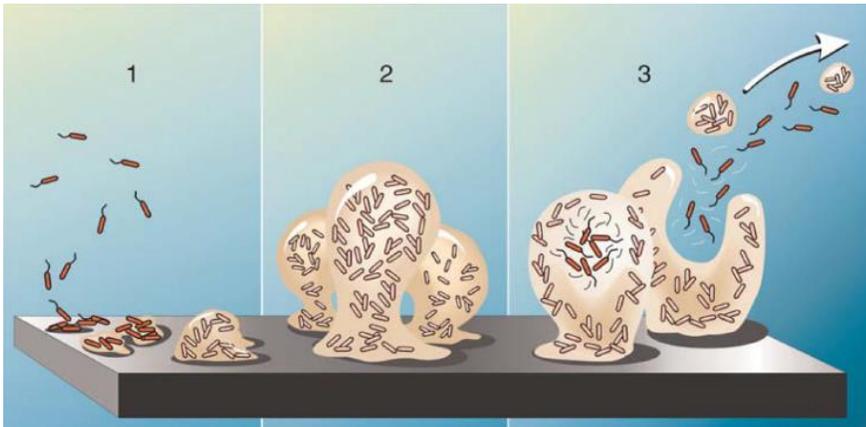
Après un nettoyage enzymatique, l'installation doit être nettoyée avec un CIP pour inactiver les enzymes. Ils ne doivent pas parvenir dans les produits alimentaires.



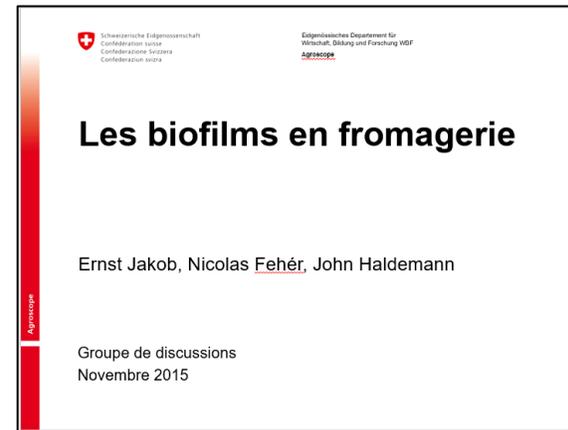
Les biofilms en fromagerie

Des germes croissants dans un biofilm:

- ont une température maximale de croissance plus élevée
- se développent dans un spectre de pH plus large
- sont plus résistants à la chaleur
- sont plus résistants aux bactéricides (biologiques ou chimiques)
- se collent plus facilement à de nouvelles surfaces



*Les étapes de développement du biofilm selon P.Dirks,
Center of Biofilm Engineering, Montana State University, 2003*



Les biofilms en fromagerie

Ernst Jakob, Nicolas Fehér, John Haldemann

Groupe de discussions
Novembre 2015



Plan du nettoyage

Les nettoyages en fromageries sont souvent très divers et spécifiques. Une planification judicieuse est importante !

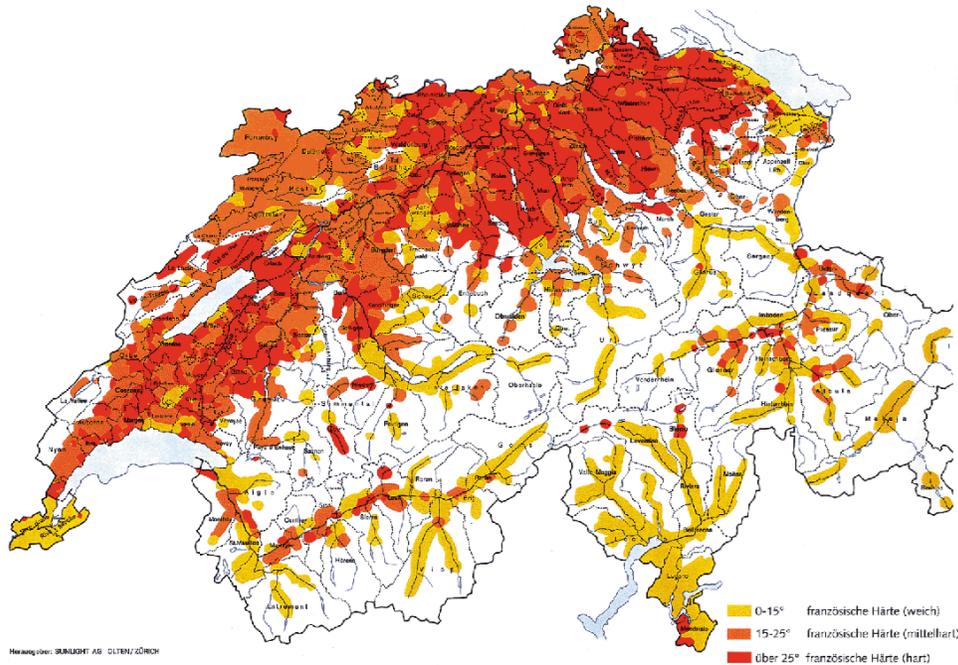
Le plan et le contrôle de la fréquence de nettoyage sont intégrés dans le système de management qualité **Fromarte**.

Un cours pour chaque employé sur la **sécurité du travail** avec les produits chimiques est obligatoire.

Qualité de l'eau

Pour le rinçage final il est nécessaire de disposer d'une **bonne qualité d'eau**.
Les sources privées doivent faire objet de contrôle de qualité.

Le choix du **dosage** du produit de nettoyage **dépend de la dureté** de l'eau.
Il est indiqué par le fournisseur.



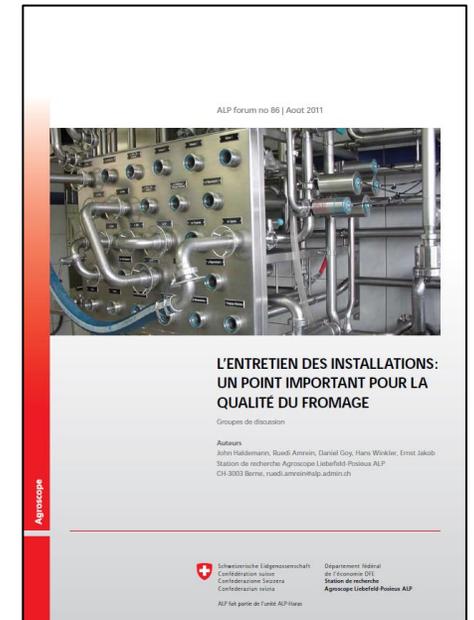


Service et maintenance

Pour que les installations fonctionnent au quotidien et que le CIP atteigne un niveau d'hygiène élevé, un **plan de maintenance** pour toutes les installations est obligatoire.

Lors de ces services l'état du matériel et des installations est vérifié par le fromager afin d'adapter le CIP si nécessaire:

- Etat de la **centrifuge**
- Etat des plaques de **l'échangeur à plaques**
- Etats des **joints** = souplesse, porosité, épaisseur, coloration
- Etats des **pompes** = fuites, joints, palier, protections
- Intégrer le changement régulier des **tuyaux flexibles** dans le plan de maintenance





Loi sur le stockage des produits de nettoyage



Loi fédérale sur la protection contre les substances et les préparations dangereuses (Loi sur les produits chimiques, LChim)

813.1

du 15 décembre 2000 (État le 1^{er} janvier 2024)

Art. 21 Entreposage, stockage

Les substances et les préparations dangereuses doivent être entreposées et stockées de manière sûre en fonction de leur dangerosité. Elles doivent notamment:

- a. être protégées contre les atteintes extérieures dangereuses;
- b. être inaccessibles aux personnes non autorisées;
- c. être entreposées ou stockées de manière à empêcher toute confusion, notamment avec des denrées alimentaires, et tout usage inapproprié.

A partir de 20'000kg de produit brute sans CIP : Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs

Le nettoyage CIP en fromagerie

Groupe de discussion NE, La Brévine le 12 mars 2024



ALP forum 2005, Nr. 22 d

REINIGUNG UND ENTKEIMUNG IN DER KÄSEREI

Diskussionsgruppen



 **agroscope**
LIEBEFELD-POSIEUX

Denrées alimentaire
Agroscope Transfer | N° 104 / 2016



Le ramassage du lait à la ferme

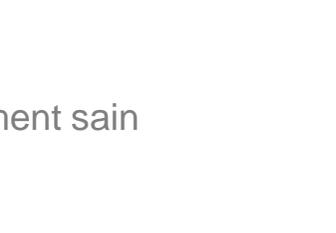
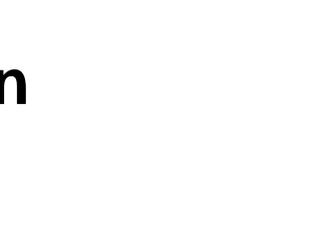
Auteurs
John Haldemann, Nicolas Fehér, Daniel Goy



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Agroscope une bonne alimentation, un environnement sain



Merci pour votre attention

nicolas.feher@agroscope.admin.ch

Agroscope une bonne alimentation, un environnement sain
www.agroscope.admin.ch

