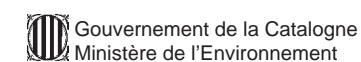
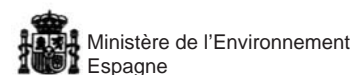


# Prévention de la pollution dans l'Industrie laitière

**Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP)**  
Plan d'Action pour la Méditerranée





**Note:** Cette publication peut être reproduite intégralement ou partiellement à des fins pédagogiques et non lucratives sans autorisation spéciale du Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP), à condition que sa source soit proprement mentionnée. Le CAR/PP souhaiterait recevoir un exemplaire de toute publication utilisant ce matériel comme source. Cette publication ne peut être vendue ni utilisée à quelque fin commerciale que ce soit sans autorisation préalable de la part du CAR/PP.

Les appellations employées dans ce document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent aucune prise de position de la part du CAR/PP relative au statut juridique des États, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Si vous trouvez quelque part de cette étude qui puisse être perfectionnée ou où il y ait des imprécisions, nous vous serions très reconnaissants si vous pouviez nous en informer.

Document finalisé en novembre 2001

Document publié en mai 2002

Les demandes de copies supplémentaires ou d'informations peuvent être adressées au :

Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP)

C/ París, 184 – 3<sup>a</sup> planta

08036 Barcelone (Espagne)

Tf. +34 93 415 11 12 - Fax. +34 93 237 02 86

e-mail: [cleanpro@cema-sa.org](mailto:cleanpro@cema-sa.org)

Page Web: <http://www.cema-sa.org>

---



# INDEX GÉNÉRAL DU CONTENU

|   |    |
|---|----|
| <b>1. INTRODUCTION. OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE</b> .....   | 7  |
| <b>2. SITUATION DE L'INDUSTRIE LAITIÈRE DANS LES PAYS DU PAM</b> .....  | 9  |
| 2.1. Situation GLOBALE du secteur laitier dans les pays de l'arc méditerranéen .....  | 9  |
| 2.1.1. Informations générales concernant le secteur alimentaire et laitier .....  | 9  |
| 2.1.2. Production de lait à la source .....   | 10 |
| 2.1.3. Production de lait et de produits laitiers .....   | 12 |
| 2.2. Situation PARTICULIÈRE du secteur laitier dans les pays de l'arc méditerranéen .....                                       | 18 |
| <b>3. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX PROCESSUS DE PRODUCTION DE L'INDUSTRIE LAITIÈRE ET ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS</b> ..... | 33 |
| 3.1. Production de lait de consommation .....   | 33 |
| 3.1.1. Description générale du processus de production du lait traité thermiquement .....                                       | 34 |
| 3.1.2. Description des opérations du processus de production et considérations environnementales .....                          | 35 |
| 3.1.3. Aspects environnementaux du processus d'élaboration du lait traité thermiquement .....                                   | 43 |
| 3.2. Produits laitiers obtenus à partir de la graisse du lait : crème et beurre .....   | 45 |
| 3.2.1. Description générale du processus de production de la crème et du beurre .....   | 45 |
| 3.2.2. Description des opérations du processus de production et considérations environnementales .....                          | 47 |
| 3.2.3. Aspects environnementaux de l'élaboration de la crème et du beurre .....   | 51 |
| 3.3. Production de laits fermentés .....  | 52 |
| 3.3.1. Description générale du processus de production du yaourt .....  | 53 |
| 3.3.2. Description des opérations du processus de production et considérations environnementales .....                          | 54 |
| 3.3.3. Aspects environnementaux générés par l'élaboration du yaourt .....   | 58 |
| 3.4. Production de fromage .....  | 59 |
| 3.4.1. Description générale du processus de production du fromage .....   | 60 |
| 3.4.2. Description des opérations du processus de production et considérations environnementales .....                          | 60 |
| 3.4.3. Aspects environnementaux générés par l'élaboration du fromage .....  | 67 |
| 3.5. Opérations auxiliaires de l'industrie laitière .....   | 68 |
| 3.5.1. Opérations de nettoyage et de désinfection .....   | 68 |
| 3.5.2. Génération de vapeur .....   | 71 |
| 3.5.3. Génération de froid .....  | 72 |
| 3.5.4. Alimentation en eau .....  | 72 |
| 3.5.5. Aspects environnementaux générés par les opérations auxiliaires de l'industrie laitière .....                            | 73 |
| <b>4. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'INDUSTRIE LAITIÈRE</b> .....  | 75 |
| 4.1. Consommation d'eau .....   | 75 |

|  |            |
|--|------------|
| 4.2. Consommation d'énergie .....  | 76         |
| 4.3. Eaux résiduaires .....  | 77         |
| 4.4. Déchets .....   | 80         |
| 4.5. Émissions dans l'atmosphère .....   | 81         |
| 4.6. Bruit .....   | 82         |
| <b>5. OPPORTUNITÉS DE PRÉVENTION ET DE RÉDUCTION DE LA POLLUTION<br/>À LA SOURCE .....</b> | <b>83</b>  |
| <b>6. CAS PRATIQUES .....</b>  | <b>129</b> |
| <b>7. CONCLUSIONS .....</b>  | <b>141</b> |
| <b>8. BIBLIOGRAPHIE .....</b>  | <b>157</b> |
| <b>INDEX DES TABLEAUX .....</b>  | <b>161</b> |
| <b>INDEX DES FIGURES .....</b>   | <b>163</b> |

# 1. INTRODUCTION. OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

La réalisation de l'**Étude sur la prévention et la réduction de la pollution à la source dans l'industrie laitière dans les pays du Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM)** suivant le **PROJET DAIRY/CP**, mise en place par le **Centre d'Activités Régionales pour la Production plus Propre (CAR/PP)** a été l'une des recommandations des Points Focaux Nationaux du CAR/PP.

Pour la réalisation de l'étude, le CAR/PP a pu compter sur la collaboration de spécialistes de l'environnement et des procédés industriels agroalimentaires du centre espagnol **AINIA (Institut Technologique Agroalimentaire)** situé à Paterna (Valencia).

Déjà en 1997, ce centre était sélectionné par l'administration espagnole pour l'exécution du projet de diffusion et de promotion de la Directive IPPC 96/61/CE et l'échange d'informations sur les Meilleures Techniques Disponibles (MTD ou en anglais, BATs) dans le secteur laitier.

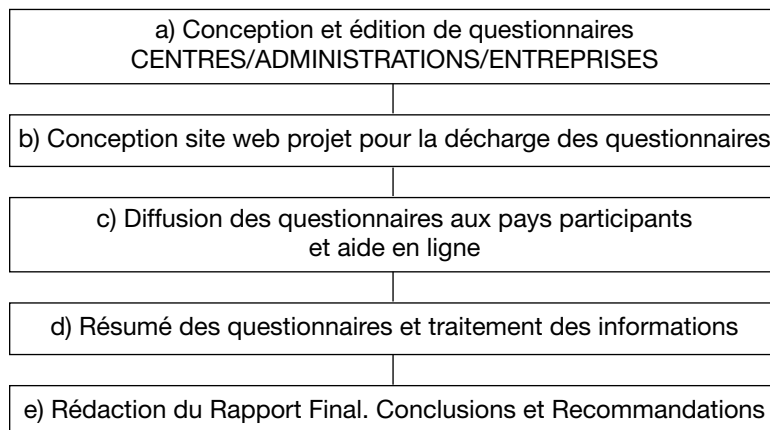
Voici les principaux objectifs de cette étude DAIRY/CP : présentation de la situation de l'industrie laitière dans les pays du PAM, description des principaux procédés de production, opérations auxiliaires et produits de l'industrie laitière, aspects environnementaux associés et enfin, présentation des principales opportunités de prévention et de réduction de la pollution à la source avec des cas pratiques, conclusions et recommandations finales.

Les pays du PAM sont les suivants : Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Chypre, Croatie, Égypte, Espagne, France, Grèce, Israël, Italie, Liban, Libye, Malte, Maroc, Monaco, Slovénie, Syrie, Tunisie et Turquie.

Monaco et la Slovénie n'ont pas été inclus dans l'étude car ils ne disposent pas de références en matière d'industries laitières ou ne nous ont pas fourni les informations nécessaires.

Voici un schéma de la méthodologie mise en place pour la réalisation de cette étude :

**Figure 1**  
**MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE**



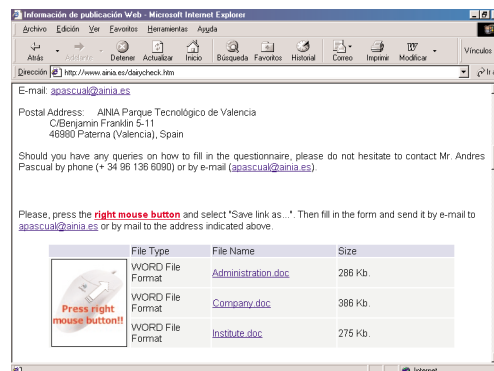
a) On a tout d'abord formulé trois types de questionnaires destinés à trois types d'organisations :

- Questionnaire pour l'ADMINISTRATION : ministères de l'industrie, de l'environnement, de l'alimentation, de l'agriculture, etc. Comprend des questions sur la structure, la production, la consommation, l'exportation et l'importation du secteur laitier, ainsi que sur les politiques de prévention de la pollution.
- Questionnaire aux CENTRES : technologiques, de recherche ou universités. Comprend des questions sur les produits, les actions de production propre (Bonnes Pratiques, technologies propres, recyclage à la source, etc.).
- Questionnaire aux ENTREPRISES : secteur laitier. Comprend principalement des questions sur les procédés et l'équipement.

Le critère d'acceptation du questionnaire s'est basé sur une expérience d'un minimum de 5 ans en tant que technicien dans le secteur laitier et/ou de l'environnement.

b) Une fois les questionnaires élaborés, on a créé un site web pour permettre aux participants de les télécharger en format word et en trois langues et de pouvoir les consulter en cas de doute au moment du remplissage. La diffusion des questionnaires a également été réalisée via e-mail et fax vers quelques pays.

**Figure 2**  
**WEB SITE DAIRY/CP PROJECT**



c) Relativement à ce projet, on a réalisé plus de 250 contacts avec des administrations, des centres et des entreprises des pays objets de cette étude. On a finalement obtenu les questionnaires des pays et assez d'informations pour donner de la teneur à l'étude. Il faut souligner la difficulté que représente l'homogénéisation des données et des informations émanant de pays dotés de cultures et de ressources si diverses. En ce sens, la collaboration des Points Focaux s'est avérée essentielle à l'atteinte des objectifs proposés.

d) Après réception des questionnaires, on a traité les données et rédigé le rapport final. Pour la description de la situation à chaque pays, on a employé comme source principale d'information les données fournies par les Points Focaux, qui ont été contrastées et/ou complétées avec celles de l'USDA. On mentionne cette dernière source d'information tout au long de l'étude afin d'apporter une dimension d'homogénéité à celui-ci, sans que cela ait comporté la substitution de source principale d'information, qui reste toujours celle fournie par les Points Focaux. La philosophie de l'étude est de proposer un outil d'amélioration de la prévention de la pollution via des propositions pratiques dont l'application est facilement réalisable par les entreprises laitières des pays du PAM.



## 2. SITUATION DE L'INDUSTRIE LAITIÈRE DANS LES PAYS DU PAM

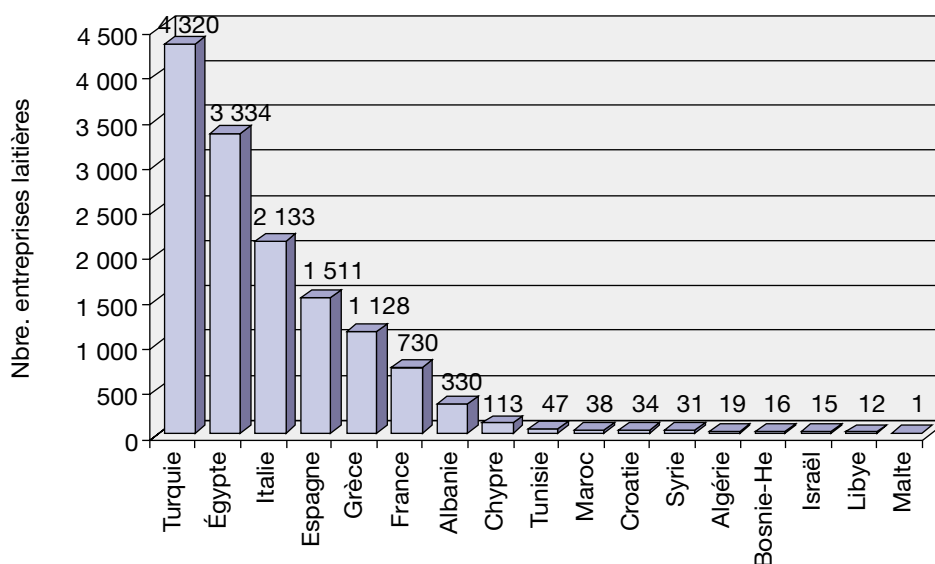
### 2.1. Situation GLOBALE du secteur laitier dans les pays de l'arc méditerranéen

#### 2.1.1. Informations générales concernant le secteur alimentaire et laitier

Le secteur agroalimentaire représente, dans les pays de l'arc méditerranéen, entre 10 et 20 % approximativement de la totalité du secteur industriel. L'Algérie est le seul pays à se situer au-dessous de ce rang avec seulement 2 % et, au-dessus, l'Égypte, avec 31 %. Il existe à peu près 100 000 entreprises agroalimentaires dont la répartition entre les différents pays méditerranéens varie énormément en raison des différences de population et de niveau de développement industriel.

Les entreprises laitières représentent généralement, dans tous les pays, entre 10 et 30 % du total des entreprises agroalimentaires. L'importance du secteur laitier égyptien est mise en relief par le fait qu'elle constitue 47 % des entreprises agroalimentaires. Au total il existe environ 14 000 entreprises qui donnent du travail à plus de 160 000 employés. Il existe aussi de grandes différences entre les pays, comme on peut le voir sur les figures 3 et 10.

**Figure 3**  
**CLASSEMENT DES PAYS DE L'ARC MÉDITERRANÉEN QUANT AU NOMBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES<sup>1</sup>**



Seulement six pays : La Turquie, l'Égypte, l'Italie, l'Espagne, la Grèce et la France comptent plus de 500 entreprises laitières.

<sup>1</sup> Les données du Liban ne sont pas disponibles.

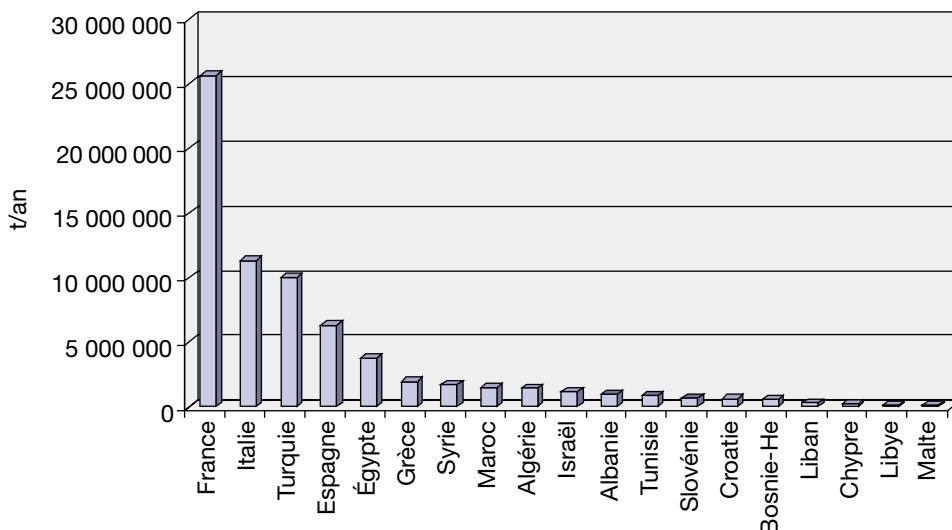
Dans la plupart des pays les entreprises laitières sont petites, comprenant moins de 10 travailleurs. En moyenne, le pourcentage des petites entreprises s'élève à 77,9 %. Ces entreprises ont généralement un caractère artisanal et produisent un volume de lait et de produits laitiers toujours inférieur à 50 t/jour.

Dans de nombreux pays méditerranéens, notamment dans ceux où le secteur laitier est peu développé, outre les petites entreprises, il existe un petit nombre d'entreprises qui absorbe la plus grande partie de la production. Il s'agit d'installations ayant plus de 100 travailleurs et avec de hauts niveaux de production : plus de 100 t/jour. Ces entreprises sont parfois la propriété de l'État.

### 2.1.2. Production de lait à la source

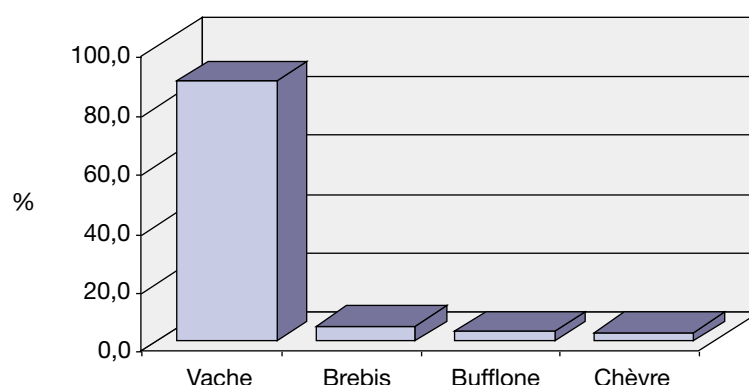
La production totale de lait à la source dans les pays de l'arc méditerranéen s'élève à 68,6 millions de tonnes (voir figures 4 et 11). Quant à la répartition, à noter les 25,6 millions de t/an produites par la France, qui supposent 37 % de la production en Méditerranée. 83 % de la production est répartie entre les cinq premiers pays producteurs, c'est-à-dire la France, l'Italie, la Turquie, l'Espagne et l'Égypte.

**Figure 4**  
**PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS DE LAIT**  
**DANS L'ARC MÉDITERRANÉEN**



La production de lait de vache prédomine dans tout l'arc méditerranéen ; elle suppose en effet 88,5 % du total produit. Le reste correspond à 5,2 % de lait de brebis, 3,3 % de lait de bufflone et encore 3,0 % de lait de chèvre.

**Figure 5**  
**RÉPARTITION DE LA PRODUCTION LAITIÈRE EN FONCTION DU TYPE DE LAIT**



**Tableau 1 : Répartition de la production de lait à la source**

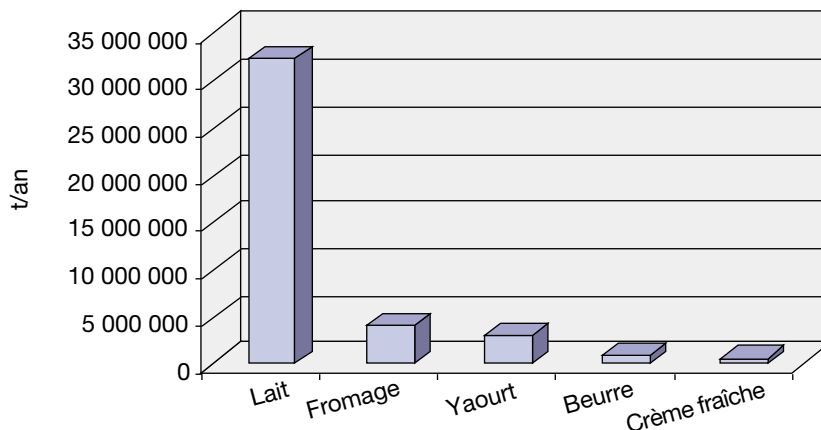
| PAYS           | TOTAL<br>t/an     | %            | VACHE<br>t/an     | %            | BREVIS<br>t/an   | %            | CHÈVRE<br>t/an   | %            |
|----------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| ALBANIE        | 907 962           | 1,3          | 761 340           | 1,3          | 73 556           | 2,1          | 73 066           | 3,6          |
| ALGÉRIE        | 1 409 354         | 2,1          | 1 039 854         | 1,7          | 220 000          | 6,2          | 143 000          | 7,0          |
| BOSNIE-HERZEG. | 565 815           | 0,8          | 552 247           | 0,9          | 9 640            | 0,3          | 3 928            | 0,2          |
| CHYPRE         | 173 000           | 0,3          | 130 000           | 0,2          | 21 500           | 0,6          | 21 500           | 1,1          |
| CROATIE        | 603 000           | 0,9          | 603 000           | 1,0          |                  |              |                  |              |
| ÉGYPTE         | 3 723 080         | 5,4          | 1 596 880         | 2,6          | 93 000           | 2,6          | 15 000           | 0,7          |
| ESPAGNE        | 6 281 300         | 9,2          | 5 685 400         | 9,4          | 278 200          | 7,8          | 317 700          | 15,5         |
| FRANCE         | 25 631 650        | 37,4         | 24 892 000        | 41,0         | 243 850          | 6,8          | 496 800          | 24,3         |
| GRÈCE          | 1 910 045         | 2,8          | 790 000           | 1,3          | 670 000          | 18,8         | 450 000          | 22,0         |
| ISRAËL         | 1 112 000         | 1,6          | 1 100 000         | 1,8          | 8 700            | 0,2          | 3 300            | 0,2          |
| ITALIE         | 11 312 088        | 16,5         | 10 402 799        | 17,1         | 638 092          | 17,9         | 121 197          | 5,9          |
| LIBAN          | 272 300           | 0,4          | 201 000           | 0,3          | 33 800           | 0,9          | 37 500           | 1,8          |
| LIBYE          | 74 800            | 0,1          | 73 000            | 0,1          |                  |              | 1 800            | 0,1          |
| MALTE          | 50 800            | 0,1          | 46 400            | 0,1          | 2 600            | 0,1          | 1 800            | 0,1          |
| MAROC          | 1 445 000         | 2,1          | 1 410 000         | 2,3          |                  |              | 35 000           | 1,7          |
| SLOVÉNIE       | 634 448           | 0,9          | 634 448           | 1,0          |                  |              |                  |              |
| SYRIE          | 1 656 085         | 2,4          | 1 143 423         | 1,9          | 445 913          | 12,5         | 65 853           | 3,2          |
| TUNISIE        | 830 000           | 1,2          | 800 000           | 1,3          | 17 000           | 0,5          | 12 000           | 0,6          |
| TURQUIE        | 9 970 000         | 14,5         | 8 832 000         | 14,6         | 813 000          | 22,8         | 245 000          | 12,0         |
| <b>TOTAL</b>   | <b>68 562 727</b> | <b>100,0</b> | <b>60 693 791</b> | <b>100,0</b> | <b>3 568 851</b> | <b>100,0</b> | <b>2 044 444</b> | <b>100,0</b> |

En plus du lait de vache, de brebis et de chèvre, on produit aussi 2 248 200 t de lait de bufflone principalement dans trois pays parmi lesquels se distingue nettement l'Égypte, qui produit 89,7 % laissant le reste à l'Italie (6,7 %) et à la Turquie (3,6 %). Le volume de production du lait restant (chamelle ou autres) est peu significatif.

### 2.1.3. Production de lait et de produits laitiers

En ce qui concerne la production de produits laitiers, le principal produit laitier est le lait de consommation avec 32,3 millions de t/an, suivi du fromage avec 4,1 millions de t/an, du yaourt et d'autres laits fermentés avec 2,8 millions de t/an et des quantités moindres de beurre 0,8 millions de t/an et de crème fraîche 0,5 millions de t/an.

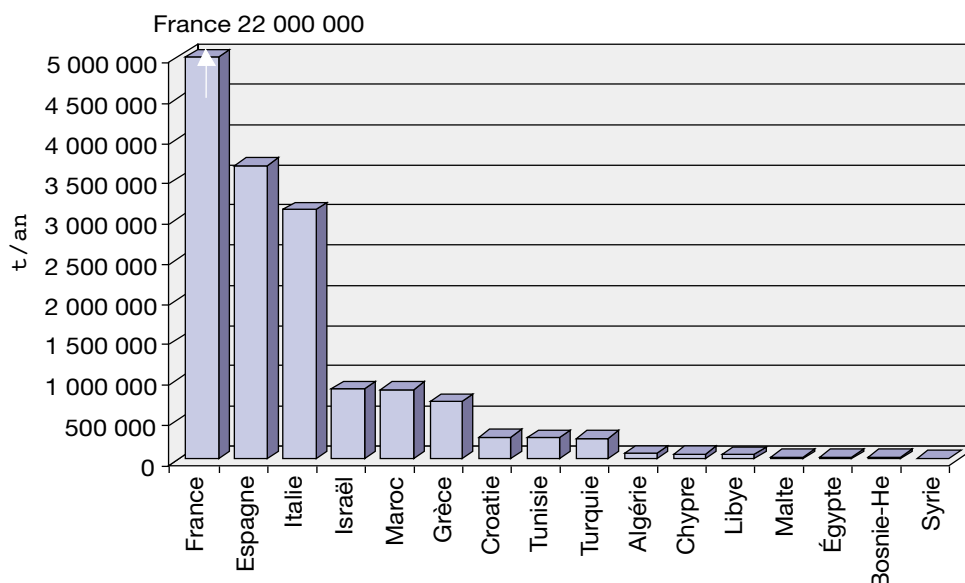
**Figure 6**  
**RÉPARTITION DES PRODUITS LAITIERS**



Les principaux producteurs de lait de consommation sont la France (22 millions de t/an), l'Espagne (3,6), l'Italie (3,1) et Israël (0,9), qui atteignent 92 % de la production globale (voir figures 7 et 12).

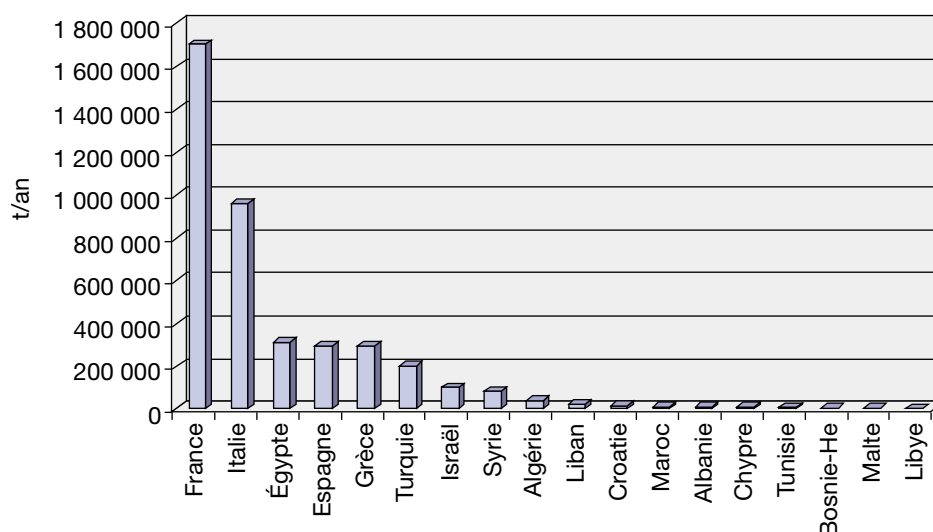
Quelques pays saillants en production à la source, comme c'est le cas de la Turquie et de l'Égypte, ont une production de lait de consommation assez faible. La consommation de lait est plus faible que celle d'autres produits laitiers, notamment le fromage, bien que dans un cas comme dans l'autre la principale raison il faut l'imputer à la grande importance de la consommation domestique dans les fermes laitières et/ou à la vente directe aux consommateurs.

**Figure 7**  
**CLASSEMENT DES PAYS PRODUCTEURS DE LAIT DE CONSOMMATION**



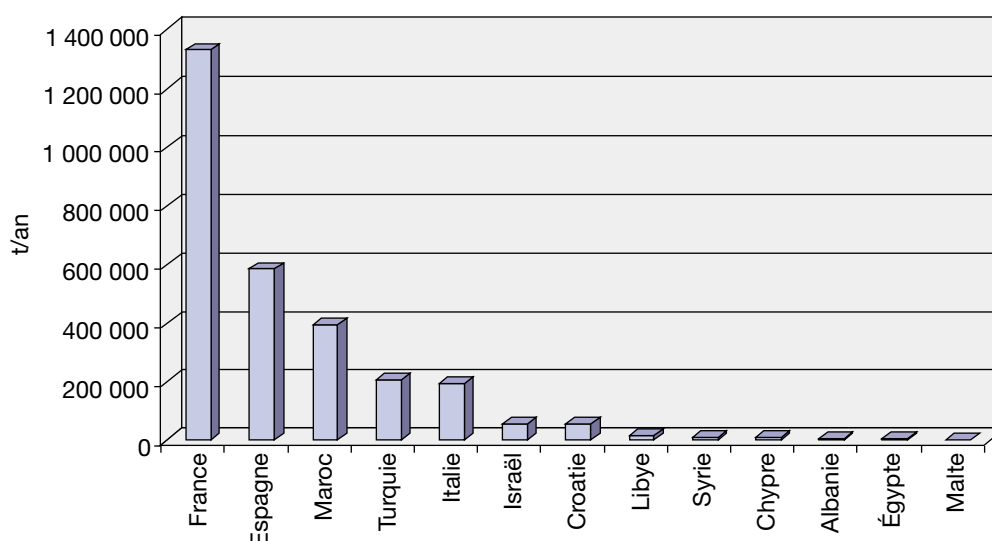
En ce qui concerne la production de fromage, à noter la grande variété de fromages élaborés dans les pays de l'arc méditerranéen principalement avec du lait de vache et, dans une proportion moindre, avec du lait de brebis, de chèvre ou un mélange des précédents. Le principal pays producteur est la France avec 1,7 millions de t/an, suivie par l'Italie avec 1,0 million de t/an (voir figures 8 et 14).

**Figure 8**  
**CLASSEMENT DES PAYS PRODUCTEURS DE FROMAGE**



Dans les pays méditerranéens, on produit un total de 2,8 millions de t/an de yaourt et autres laits fermentés (voir figures 9 et 13), parmi lesquels se distinguent la France, avec à peu près la moitié de la production totale (46,8 %), l'Espagne (20,4 %) et le Maroc (13,7 %).

**Figure 9**  
**CLASSEMENT DES PAYS PRODUCTEURS DE YAOURT ET D'AUTRES LAITS FERMENTÉS<sup>2</sup>**



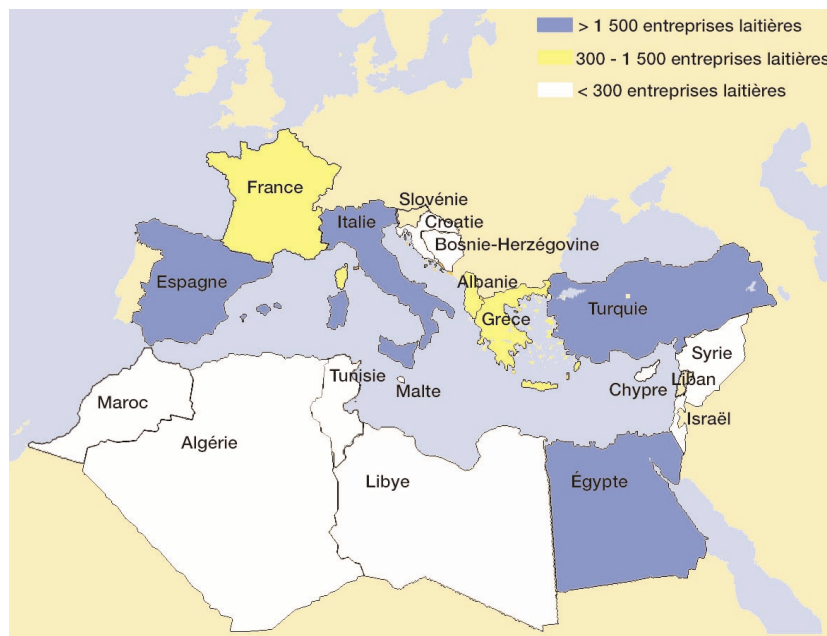
<sup>2</sup> Il manque les données de production de yaourt et d'autres laits fermentés de : la Grèce, le Liban, la Tunisie, l'Algérie et la Bosnie-Herzégovine.

Tableau 2 : Répartition de la production de lait et de produits laitiers dans les pays de l'arc méditerranéen<sup>3</sup>

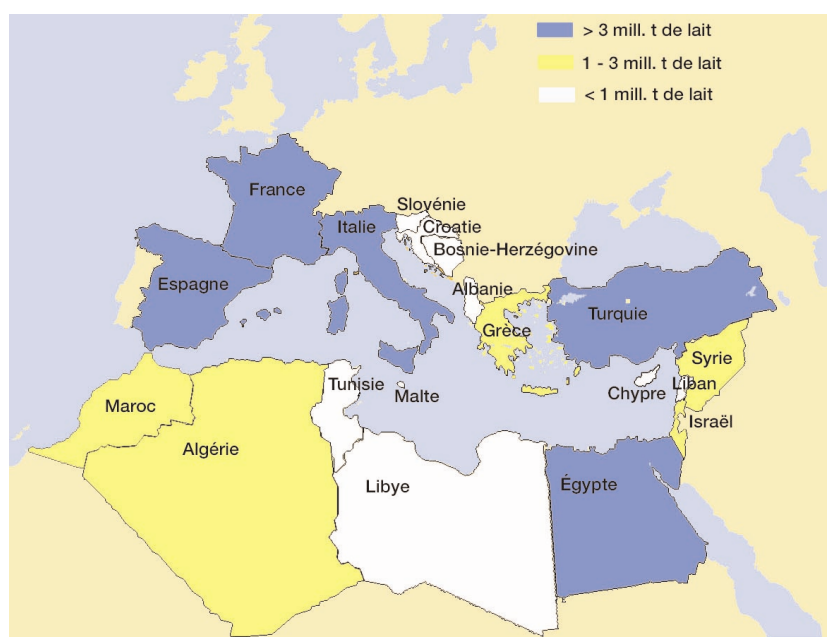
| PAYS           | LAIT DE<br>CONSOMMATION<br>t/an | %            | YAOURT et autres<br>laits fermentés<br>t/an | %            | FROMAGE<br>t/an  | %            | BEURRE<br>t/an | %            | CRÈME FRAÎCHE<br>t/an | %            |
|----------------|---------------------------------|--------------|---|--------------|------------------|--------------|----------------|--------------|-----------------------|--------------|
| ALBANIE        | 10 242                          | 0,0          | 5 310                                       | 0,2          | 8 403            | 0,2          | 440            | 0,1          | 1                     | 0,0          |
| ALGÉRIE        | 72 730                          | 0,2          |   |              | 37 024           | 0,9          | 10 000         | 1,3          | 5 000                 | 1,0          |
| BOSNIE-HERZÉG. | 24 802                          | 0,1          |   |              | 4 311            | 0,1          | 1 179          | 0,1          | 897                   | 0,2          |
| CHYPRE         | 61 664                          | 0,2          | 6 820                                       | 0,2          | 7 956            | 0,2          | 440            | 0,1          | 792                   | 0,2          |
| CROATIE        | 271 116                         | 0,8          | 54 178                                      | 1,9          | 15 282           | 0,4          | 1 743          | 0,2          | 1 147                 | 0,2          |
| ÉGYPTE         | 30 000                          | 0,1          | 2 500                                       | 0,1          | 310 000          | 7,6          | 130 000        | 16,5         |                       |              |
| ESPAGNE        | 3 645 400                       | 11,3         | 581 600                                     | 20,4         | 293 800          | 7,3          | 36 200         | 4,6          | 86 000                | 17,1         |
| FRANCE         | 22 000 000                      | 68,1         | 1 330 000                                   | 46,8         | 1 700 000        | 42,0         | 450 000        | 57,2         | 300 000               | 59,8         |
| GRÈCE          | 713 536                         | 2,2          |   |              | 293 503          | 7,2          | 11 906         | 1,5          | 28 568                | 5,7          |
| ISRAËL         | 872 927                         | 2,7          | 56 152                                      | 2,0          | 100 000          | 2,5          | 5 235          | 0,7          | 77 686                | 15,5         |
| ITALIE         | 3 100 000                       | 9,6          | 190 000                                     | 6,7          | 958 062          | 23,6         | 105 000        | 13,4         |                       |              |
| LIBAN          | 4 042                           | 0,0          |   |              | 21 091           | 0,5          |                |              |                       |              |
| LIBYE          | 57 000                          | 0,2          | 14 000                                      | 0,5          | 100              | 0,0          |                |              |                       |              |
| MALTE          | 30 200                          | 0,1          | 1 510                                       | 0,1          | 2 300            | 0,1          |                |              | 360                   | 0,1          |
| MAROC          | 860 000                         | 2,7          | 390 000                                     | 13,7         | 10 686           | 0,3          | 10 000         | 1,3          | 66                    | 0,0          |
| SYRIE          | 14 111                          | 0,0          | 7 030                                       | 0,2          | 82 170           | 2,0          | 3 356          | 0,4          |                       |              |
| TUNISIE        | 262 480                         | 0,8          |   |              | 6 420            | 0,2          | 5 008          | 0,6          |                       |              |
| TURQUIE        | 251 632                         | 0,8          | 204 961                                     | 7,2          | 201 260          | 5,0          | 15 771         | 2,0          | 1 383                 | 0,3          |
| <b>TOTAL</b>   | <b>32 281 882</b>               | <b>100,0</b> | <b>2 844 061</b>                            | <b>100,0</b> | <b>4 052 368</b> | <b>100,0</b> | <b>786 278</b> | <b>100,0</b> | <b>501 900</b>        | <b>100,0</b> |

<sup>3</sup> Les cases en blanc correspondent à des pays sans production ou à des informations non disponibles.

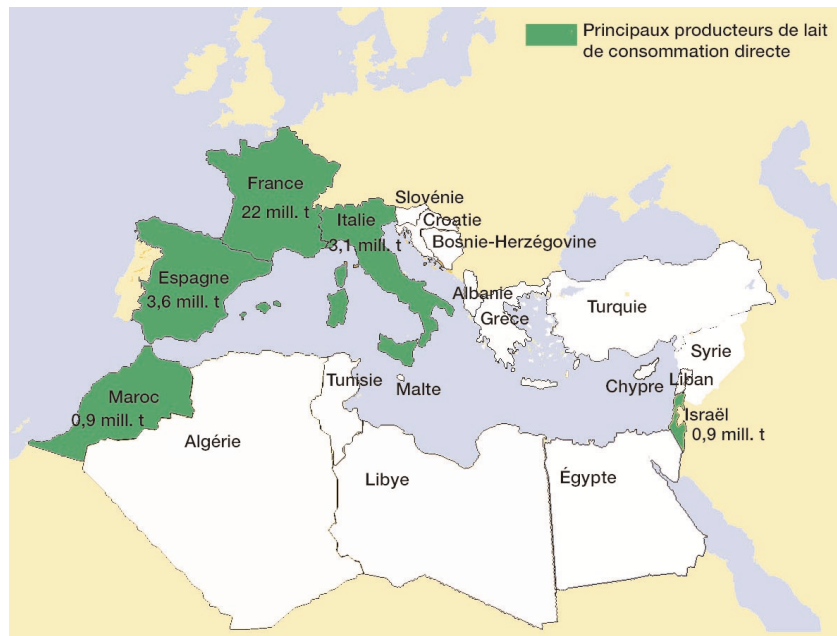
**Figure 10**  
**DISTRIBUTION DES ENTREPRISES LAITIÈRES DANS**  
**LES PAYS MÉDITERRANÉENS**



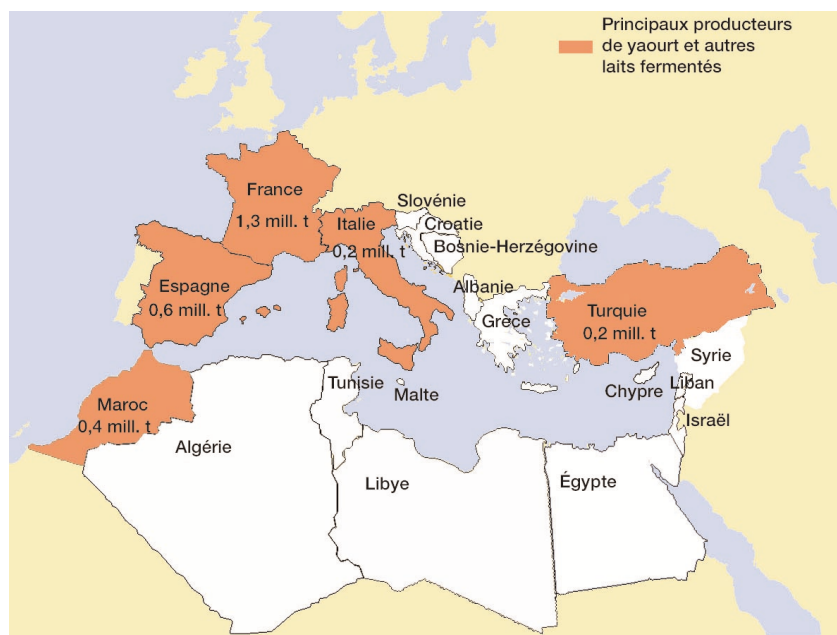
**Figure 11**  
**RÉPARTITION DE LA PRODUCTION DE LAIT À LA SOURCE**  
**DANS LES PAYS MÉDITERRANÉENS**



**Figure 12**  
**PRINCIPAUX PRODUCTEURS DE LAIT**  
**DE CONSOMMATION DIRECTE**

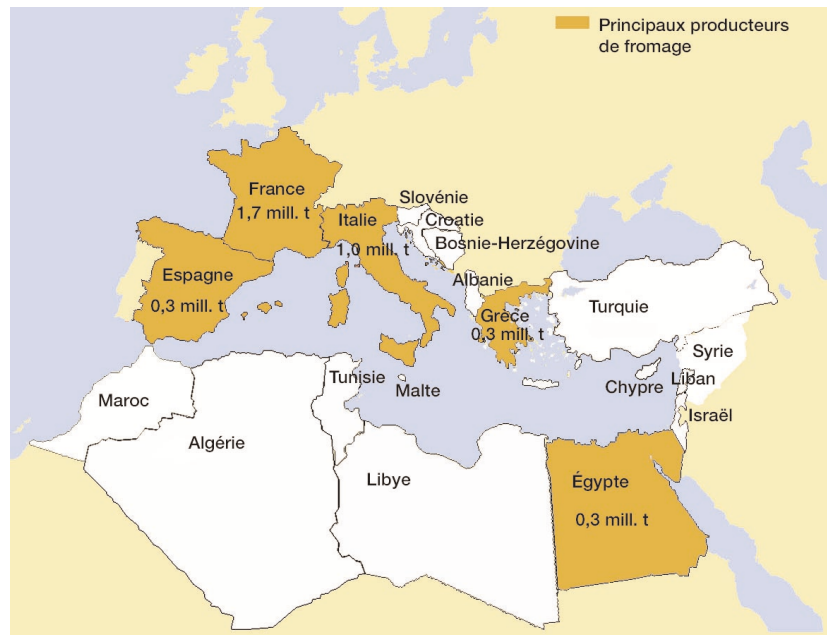


**Figure 13**  
**PRINCIPAUX PRODUCTEURS DE YAOURT ET AUTRES**  
**LAITS FERMENTÉS**





**Figure 14**  
**PRINCIPAUX PRODUCTEURS DE FROMAGE**



## 2.2. Situation PARTICULIÈRE du secteur laitier dans les pays de l'arc méditerranéen

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <br><b>ALBANIE</b> | POPULATION : 3 413 904              |
|   | SUPERFICIE : 28 750 Km <sup>2</sup> |
|   | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 330  |
|   | PRODUCTION DE LAIT : 907 962 t/an   |

Les réformes entreprises en Albanie en 1992 changèrent complètement la structure du secteur agricole dans le pays. L'agriculture comme les exploitations d'élevage furent l'objet d'importantes réformes qui changèrent toute la structure productive. En premier lieu, la terre fut répartie en petites exploitations agricoles de 1 à 2 hectares. En deuxième lieu, le bétail existant dans les laiteries et les fermes d'État fut aussi réparti dans de nouvelles exploitations de 1 à 3 vaches. Ces changements donnèrent lieu à la perte de centralisation de la production de lait dans le pays.

En Albanie, il existe actuellement 330 entreprises laitières qui emploient 970 travailleurs. La majeure partie de ces entreprises (80 %) sont artisanales et emploient moins de 10 travailleurs. (INSTAT, 1999 et Food Research Institute, 2000).

La production totale annuelle de lait s'est élevée à 907 962 t, principalement en lait de vache 761 340 t et dans une proportion moindre en lait de brebis 73 556 t et de chèvre 73 066 t. La production de produits laitiers quant à elle a donné 10 242 t de lait de consommation, 5 310 t de yaourt, 8 403 t de fromage, 440 t de beurre et 1 t de crème fraîche. Pratiquement toute la production a été destinée à la consommation interne (Food Research Institute, 1999).

Seulement 25 % du lait de consommation directe est pasteurisé dans des industries laitières, le reste se vend habituellement dans les fermes directement aux consommateurs, qui le font bouillir avant de l'employer.

Le yaourt est produit généralement à partir du lait de vache et c'est un produit traditionnel de l'Albanie. Le fromage provient du lait de vache ou de brebis ou d'un mélange des deux. Ils se divisent en fromages frais : Feta, Teleme, Tip83, et en fromages maturés : Vize, Kasher. Le sud de l'Albanie produit les fromages de meilleure qualité.

Les politiques de prévention de la pollution sont peu développées en Albanie. Il n'existe pas à l'heure actuelle de ligne nationale de subventions pour le développement de projets de prévention de la pollution. Le Ministère de l'Environnement d'Albanie est en train de préparer une liste comprenant les limites de rejet pour les principaux polluants des effluents industriels.

|   |  |
|---|--|
|  <p><b>ALGÉRIE</b></p> | POPULATION : 28 539 321                |
|   | SUPERFICIE : 2 381 740 Km <sup>2</sup> |
|   | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 19      |
|   | PRODUCTION DE LAIT : 1 409 354 t/an    |

Seulement 2 % de l'industrie algérienne correspond au secteur agroalimentaire, c'est-à-dire 96 entreprises. Le sous-secteur laitier représente 20 %, avec un total de 19 entreprises qui donnent du travail à un total de 19 000 travailleurs.

Ces entreprises appartiennent au groupe industriel public Giplait (Groupe Industriel pour la Production de Lait) qui maîtrise la plus grande partie de la production de lait pasteurisé destiné à la consommation directe. Le nombre de travailleurs est supérieur à 250 dans 70 % de ces installations, alors que dans le reste il oscille entre 100 et 250. (Holdings, Ministry of Industry, 2001).

L'Algérie est un pays nettement importateur ; il ne produit en effet que 40 % des produits laitiers dont il a besoin. Une des causes principales de la faiblesse du secteur laitier est le développement limité du réseau d'approvisionnement en lait frais issu des fermes. Malgré les subventions à la vente de lait aux installations de production industrielle, seulement 7 % du lait produit dans les fermes est destiné à cette fin, le reste est autoconsommé dans les fermes ou vendu directement au consommateur à des prix plus élevés que ceux fixés par le gouvernement.

Le lait de consommation en Algérie est du lait reconstitué et il est obtenu principalement du lait écrémé en poudre importé. Sa production s'élève à 859 206 t/an, alors que celle des produits laitiers (fromage, beurre et crème fraîche) à 52 024 t/an (Holdings, Ministry of Industry, 2001). Toute la production est destinée à la consommation interne.

Giplait préfère destiner le lait frais qu'il recueille en Algérie à la production de produits laitiers, notamment le fromage, le yaourt ou le beurre. Le secteur privé (petites entreprises artisanales) non reflété statistiquement dans ce document s'est également spécialisé dans la fabrication de ces produits.

La production locale de fromage se présente sous forme de fromage frais, de brie et de camembert. Ces types de fromage se fabriquent à partir de lait frais et parfois avec du lait en poudre. Cependant, le fromage le plus populaire et meilleur marché d'Algérie est le fromage à tartiner élaboré à partir de cheddar importé.

Comme il a déjà été dit, le lait frais est rarement disponible sur le marché et les consommateurs achètent normalement du lait reconstitué ou du lait entier en poudre prêt à consommer (26 % de teneur grasse).

En Algérie, un programme de financement a été mis sur pied pour aider les entreprises à réduire la pollution. Les projets les plus importants se rapportent à l'installation de stations d'épuration pour le traitement des eaux résiduaires. Des projets ont également été envisagés pour la valorisation du lactosérum sous forme de boissons gazeuses, bien qu'en ce moment ils soient paralysés.

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
|  <p><b>BOSNIE-HERZÉGOVINE</b></p> | POPULATION : 3 835 777              |
|  | SUPERFICIE : 51 129 Km <sup>2</sup> |
|  | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 16   |
|  | PRODUCTION DE LAIT : 565 815 t/an   |

Bosnie-Herzégovine (B&H) est constituée actuellement de deux grandes entités jouissant d'une grande autonomie : la Fédération de Bosnie et Herzégovine (FB&H) et la République de Srpska (RS). La FB&H est une entité décentralisée et comprend dix cantons, chacun avec son propre gouvernement, qui disposent d'un haut pouvoir de décision pour établir des mesures et les mener à bien. La RS est une entité centralisée divisée en sept régions. L'administration locale n'existe en l'occurrence que sur le plan communal. La RS est donc responsable d'assurer la protection de l'environnement et les communes veillent au respect de la loi.

En 1991, avant la guerre, la production totale à la source de lait de vache fut de 874 000 t, qui contraste avec les 413 837 t de 1997 dues à la perte de la moitié du bétail producteur de lait pendant le conflit (USDA, 2000). Après la guerre, le processus de reconstruction du cheptel a été engagé, et n'est toujours pas terminé. Le processus est en train d'être financé à l'aide de différents programmes de la Banque mondiale, de l'Union européenne et autres organisations gouvernementales et non gouvernementales.

En 1999, la production totale de lait de vache à la source s'est élevée à 552 247 t réparties entre la FB&H avec 286 522 t et la RS avec 265 725 t. En ce qui concerne le lait de brebis, le total s'est élevé à 9 640 t entre la FB&H avec 7 355 et la RS avec 2 285. La production de lait de chèvre dans la FB&H a été de 3 928 t.

Cependant, la quantité de lait vendu à l'industrie est insuffisante pour couvrir la demande, ce qui fait que B&H n'est pas en mesure de fournir suffisamment de lait frais et de produits laitiers et doit en importer des quantités significatives. Les sources d'importation de lait les plus importantes pour la FB&H sont la Slovénie, la Croatie, l'Allemagne et la Hongrie, tandis que pour la RS c'est la République de Serbie. Il convient de souligner que l'entrée de lait par la voie illégale est un problème pour les autorités tant dans la FB&H que dans la RS.

Même avant la guerre, les fermes de l'État ne produisaient que 25 % du lait nécessaire à l'industrie. D'un autre côté, les fermes privées étaient petites (80 % avec une ou deux vaches par ferme) et seulement 6 à 7 % du lait était vendu à l'industrie laitière, le reste étant destiné à l'autoconsommation dans la ferme. Après le conflit, cette situation de manque d'approvisionnement s'est logiquement aggravée, bien que depuis 1997 elle s'améliore progressivement.

De 1997 à 1999, il s'est produit une recrudescence de l'achat de lait aux fermes privées motivé par des primes allouées par les administrations correspondantes et par la construction de nouvelles installations de production.

En 1999, il existait 16 industries laitières en B&H avec une capacité productive de 200 000 t/an (135 t/an dans la FB&H et 65 t/pan dans la RS) (USDA, 2000). Ces industries ont un effectif de 25 à 100 travailleurs et un bon équipement industriel. Elles produisent toutes moins de 50 t/jour, la capacité d'utilisation dont elles disposent (22,6 % dans la FB&H et 32 % dans la RS) n'étant que de 25 %.

La production de lait et de produits laitiers en B&H s'améliorera dans les prochaines années grâce à la récupération du bétail et l'introduction de races plus productives, aux primes à la source en vue d'élever le volume de lait frais domestique vendu aux industries et à la construction de nouvelles installations de production, la demande en produits laitiers importés étant ainsi réduite.

Dans l'actualité, il n'existe pas de financement ni de projets significatifs en matière de prévention de la pollution. Les limites de rejet des eaux résiduaires industrielles appartiennent à l'avant-guerre.

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
|  <p><b>CHYPRE</b></p> | POPULATION : 758 363               |
|  | SUPERFICIE : 9 250 Km <sup>2</sup> |
|  | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 113 |
|  | PRODUCTION DE LAIT : 173 000 t/an  |

En l'an 2000, le nombre d'entreprises agroalimentaires à Chypre était de 997 (16 % de toute l'industrie), dont 11 %, c'est-à-dire approximativement 113, étaient des entreprises laitières. Le nombre des employés dans le secteur laitier fut de 1 285, ce qui supposait 12,5 % des travailleurs du secteur agroalimentaire (Industrial Statistics, 2000).

87 % des entreprises laitières ont moins de 10 travailleurs, 9 % entre 10 et 50 travailleurs et 4 % plus de 50 travailleurs. 98 % des entreprises laitières chypriotes produisent moins de 50 t/jour et seulement 2 % entre 50 et 200 t/jour.

La production à la source de lait de vache fut en l'an 2000 de 130 000 t, la moitié étant destinée au lait de consommation et l'autre moitié à l'élaboration de produits laitiers. En ce qui concerne le lait de brebis et de chèvre, toute la production, c'est-à-dire 43 000 t, fut destinée intégralement à la fabrication de produits laitiers (Cyprus Organisation of Dairy Products, 2000).

La production industrielle de lait par an se divise de la manière suivante : 61 664 t de lait pasteurisé, 6 820 t de yaourt, 7 956 t de fromage, 440 t de beurre et 792 t de crème fraîche. Toute la production (43 000 t) est consommée internement, exception faite de 2 519 t environ de fromage qui sont exportées (Industrial Statistics, 1999).

Les fromages autochtones les plus significatifs sont le halloumi, dont furent fabriqués 5 200 t en 1999, et le feta (776 t).

À Chypre, il existe des programmes de financement de projets environnementaux se rapportant aux technologies propres, à la minimisation, au recyclage, à l'épuration ou au contrôle. Le pourcentage de subvention est généralement de 30 % du coût de ces projets (Ministry of Commerce, Industry and Tourism, 2001).

Le gouvernement a construit une Station Centrale d'Épuration des Eaux Résiduaires où les petites industries (y compris les industries laitières) peuvent déposer leurs rejets. L'installation dispose de traitements secondaires et tertiaires qui emploient les technologies de pointe. Cela permet

d'apporter une solution aux rejets des petites entreprises qui ne peuvent pas se permettre d'avoir leur propre installation d'épuration. La limite de rejet pour la DCO est de 18 000 mgO<sub>2</sub>/l. Des rejets sans traitement préalable sont acceptés.

Des deux entreprises laitières les plus importantes de Chypre, l'une dispose de sa propre installation d'épuration des eaux résiduaires, quant à la seconde on espère que dans le courant de 2001 elle établira des installations de prétraitement et déchargera ces eaux traitées partiellement dans les égouts publics, pour postérieure épuration dans l'installation publique de traitement des eaux résiduaires de la municipalité.

D'un autre côté, le gouvernement est en train de subventionner les fermes à porcs afin qu'elles convertissent leur système actuel d'alimentation à sec en un système humide, ce qui permettra d'utiliser le sérum des industries laitières. Pour fin 2001, on espère que 85 % du sérum liquide soit destiné à l'alimentation des porcs.

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <br><b>CROATIE</b> | POPULATION : 4 282 216              |
|  | SUPERFICIE : 56 538 Km <sup>2</sup> |
|  | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 34   |
|  | PRODUCTION DE LAIT : 603 000 t/an   |

En Croatie, il existe 34 entreprises laitières qui emploient 3 900 travailleurs (Central Bureau of Statistics, 1999), dont 18 ont moins de 10 travailleurs, 13 entre 10 et 250 travailleurs et 3 plus de 250 travailleurs. Ces dernières fabriquent plus de 200 t journalières de lait et de produits laitiers.

La production annuelle de lait de vache s'est élevée à 603 000 t (Central Bureau of Statistics, 1999). En ce qui concerne la production de produits laitiers, la fabrication a consisté en 271 116 t de lait de consommation, 54 178 t de yaourt, 15 282 t de fromage, 1 743 de beurre et 1 147 de crème fraîche. Ont également été fabriquées 6 650 t de lait condensé et 971 t de lait en poudre (Central Bureau of Statistics and Faculty of Agriculture by University of Zabreg, 1999).

À souligner qu'ont été exportées à d'autres pays 14 500 t de lait de consommation, 6 070 de yaourt, 2 240 de fromage et 460 t de beurre. Le reste de la production a été consommé en Croatie.

La consommation annuelle de lait et de produits laitiers en Croatie est de 125 litres par habitant, dont le lait de consommation correspond à 92 litres par habitant (Household Consumption Survey). Actuellement, des projets sont en cours pour une valeur d'environ 2 mill. d'EUROS, projets se rapportant à la protection des eaux superficielles et souterraines, à l'air, au bruit, au sol et à la nature. Et aussi pour la gestion des déchets pour une valeur de 0,1 mill. d'EUROS.

Il existe des limites pour les rejets d'eaux résiduaires industrielles. La valeur maximale de DCO est de 125 mgO<sub>2</sub>/l pour les rejets dans les fleuves et de 700 mgO<sub>2</sub>/l pour les rejets dans les égouts.

Certaines entreprises ont pris des mesures de réduction de la consommation d'eau consistant à utiliser les eaux résiduaires épurées pour certaines fonctions d'usine ou à convertir le système de refroidissement des compresseurs en un système fermé.

|  |  |
|--|--|
|  <p><b>ÉGYPTE</b></p> | POPULATION : 69 536 644                |
|  | SUPERFICIE : 1 001 450 Km <sup>2</sup> |
|  | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 3 334   |
|  | PRODUCTION DE LAIT : 3 723 080 t/an    |

Le secteur agroalimentaire compte 7 531 entreprises agroalimentaires, ce qui représente 31 % de toute l'industrie égyptienne. Quasiment la moitié, soit 47 %, sont des entreprises laitières (3 334) qui donnent du travail à 12 136 travailleurs (Statistics Year Book, 2000). L'industrie laitière est donc le sous-secteur le plus important de l'industrie agroalimentaire.

Il est important de souligner que 97 % de ces entreprises disposent de moins de 10 travailleurs. Les 3 % restants, c'est-à-dire 86 entreprises, sont répartis entre les 51 qui ont entre 10 et 25 travailleurs, les 33 qui disposent de 25 à 100 travailleurs, 2 entreprises entre 100 et 250 travailleurs et 1 de plus de 250 travailleurs.

On estime qu'il existe 85 % d'entreprises à caractère artisanal, 11 à caractère industriel et 4 % de haut niveau technologique. 93 % des entreprises ont un niveau de production journalière inférieure à 50 t et seulement 2 % ont une production supérieure à 200 t/jour.

Il existe un degré de pénétration du capital étranger élevé, 6 des 12 plus grandes entreprises étant contrôlées par des multinationales (AECI, 1999).

La production totale de lait à la source en 1999 a atteint 3,7 millions de t avec une croissance de 6,7 % par rapport à l'année précédente. Cette croissance est due principalement au développement des fermes modernes ayant du bétail importé de haut rendement (USDA, 2000).

Du total de la production de lait en Égypte en 1998, 20 % du lait fut consommé directement dans les propres fermes, 70 % fut traité par de petits transformateurs pour produire du lait (25 %), du fromage (60 %) et d'autres produits (15 %), alors que les industries modernes ne traitèrent que 10 % du lait restant pour produire du lait de consommation (23 %), des fromages frais (70 %) et d'autres produits (7 %) (AECI, 1999).

De ce qui précède on peut déduire que le fromage est le produit laitier le plus important d'Égypte. Quasiment 50 % de la production de lait ainsi que les importations de lait en poudre écrémé sont utilisés pour la production de fromage. La production annuelle de fromage atteint 310 000 t. Quasiment tout le fromage produit (75 %) est du feta. Le fromage est une partie importante du régime égyptien et se consomme journalièrement directement ou avec du pain. La consommation de fromage est estimée à 6 kg/an et habitant.

Le reste de la production annuelle de produits laitiers se divise en 30 000 t de lait (pasteurisé), 2 500 t de yaourt et 130 000 t de beurre.

En Égypte, il existe des initiatives ou des projets environnementaux orientés à réduire la pollution des entreprises laitières. Voici concrètement les principaux : traitement biologique des eaux résiduaires, utilisation de l'eau, minimisation par des systèmes CIP et monitoring et contrôle des opérations de contrôle.

Pour les projets environnementaux, le financement est en général de 20 à 30 % de la valeur des projets se rapportant aux technologies propres, à la minimisation, à l'utilisation, à l'énergie et au contrôle, tandis que l'on finance 50 % des projets d'épuration (EPAP, EEAA, 2001).

Les valeurs limites du rejet des eaux résiduaires sont pour la DCO de 600 mgO<sub>2</sub>/l pour les rejets dans les égouts, de 30 mgO<sub>2</sub>/l dans les fleuves et de 60 mgO<sub>2</sub>/l dans la mer (Law 93/62 48/82 4194).

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <br><b>ESPAGNE</b> | POPULATION : 40 037 995              |
|  | SUPERFICIE : 504 782 Km <sup>2</sup> |
|  | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 1 511 |
|  | PRODUCTION DE LAIT : 6 281 300 t/an  |

L'Espagne a 33 105 entreprises agroalimentaires, ce qui suppose 14 % de l'industrie espagnole, et elle emploie 368 750 travailleurs (19 %). Le sous-secteur laitier compte 1 511 entreprises, c'est-à-dire 5 % de toutes les entreprises agroalimentaires et 7 % de l'emploi agroalimentaire (27 745 travailleurs) (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. FIAB, 1999).

85 % des entreprises ont moins de 10 employés, 11 % entre 10 et 25, 2 % entre 25 et 100, et les 2 % restants plus de 100 travailleurs (FIAB, 1999).

La production annuelle de lait à la source s'est élevée à 6 281 300 t, dont 5 685 400 t étaient du lait de vache, 278 200 t du lait de brebis et 317 700 t du lait de chèvre (FENIL, 1999).

La production de produits laitiers se répartit ainsi : lait de consommation (3 645 400 t), yaourt (581 600 t), fromages (293 800 t), beurre (36 200 t) et crème fraîche (86 000 t) (FENIL, 1999).

L'Espagne importa, en 1999, 400 729 t de lait sous forme liquide, condensée, concentrée ou en poudre, 119 985 t de yaourt et autres laits fermentés, 110 862 t de fromage, 9 237 t de beurre et 10 789 t de crème fraîche (Dpto. de Aduanas, 1999).

D'autre part, l'Espagne exporta en 1999 : 200 494 t de lait sous forme liquide, condensée, concentrée ou en poudre, 33 422 t de yaourt et autres laits fermentés, 36 099 t de fromage, 8 477 t de beurre et 18 411 t de crème fraîche (Dpto. de Aduanas, 1999).

La consommation par habitant et par an fut de 108 kg de lait de consommation, 9,2 kg/habitant et par an de fromage, 16,2 kg/habitant et par an de yaourt, 0,47 kg/habitant et par an de beurre et 2,3 kg/habitant et par an de crème fraîche (MAPA, 1999).



|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  <p><b>FRANCE</b></p> | POPULATION : 59 551 227              |
|  | SUPERFICIE : 547 030 Km <sup>2</sup> |
|  | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 730   |
|  | PRODUCTION DE LAIT : 25 631 650 t/an |

La France a 3 500 entreprises agroalimentaires, ce qui représente 7 % de l'industrie française, et emploie 400 000 travailleurs (10 %). Le sous-secteur laitier compte 730 entreprises, c'est-à-dire 20 % de toutes les entreprises agroalimentaires et 15 % de l'emploi agroalimentaire (60 000 travailleurs) (MA, 2000).

La France est le pays qui a la plus grande production de lait et de produits laitiers de la Méditerranée. Cependant, par nombre d'entreprises ce pays occupe la sixième place, ce qui indique que les entreprises sont de plus grande taille que dans les autres pays de la Méditerranée.

66 % des entreprises laitières produisent moins de 50 t/an, 18 % entre 50 et 100 t et 16 % plus de 200 t par an.

La production annuelle de lait à la source s'est élevée à 25 631 650 t, dont 24 892 000 t étaient du lait de vache, 243 850 t du lait de brebis et 496 800 t du lait de chèvre (USDA, 1999).

La production de produits laitiers se répartit ainsi : lait de consommation (22 000 000 t), yaourt (1 330 000 t), fromages (1 700 100 t), beurre (450 000 t) et crème fraîche (300 000 t). En plus de ces produits, la production se distingue par 737 132 T de lait en poudre et 620 000 t de lactosérum en poudre.

La France a exporté : 750 000 t de lait sous forme liquide et 300 000 t de lait en poudre, 480 000 t de fromage et 75 000 t de beurre. (USDA, 2000).

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
|  <p><b>GRÈCE</b></p> | POPULATION : 10 623 835              |
|   | SUPERFICIE : 131 940 Km <sup>2</sup> |
|   | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 1 128 |
|   | PRODUCTION DE LAIT : 1 910 045 t/an  |

En Grèce, il existe un total de 1 128 entreprises laitières qui se divisent en 28 installations de pasteurisation, 800 fromageries et 300 métairies où est produit du yaourt. Quatre fabricants élaborent 80 % du lait pasteurisé.

Le secteur a des déficiences structurelles par rapport au reste des pays de l'Union européenne, notamment en ce qui concerne la production de lait de vache. Une entreprise moyenne grecque a 5,6 vaches face à la moyenne européenne de 19,6. En Grèce, il n'existe que 220 000 vaches lai-

tières face à 6,5 millions de brebis et 3,9 millions de chèvres avec un faible rendement en lait par animal. La valeur des importations en produits laitiers s'élève à 340 millions d'EUROS (Greek Ministry of Agriculture, 1997).

La production annuelle de lait à la source s'est élevée en 1999 à 1 910 045 t, dont 790 000 t étaient du lait de vache, 670 000 t du lait de brebis et 450 000 t du lait de chèvre (USDA, 1999).

La production annuelle de lait destiné à la consommation fut de 713 536 t de lait de vache, 293 503 t de fromage, 11 906 t de beurre et 28 568 t de crème fraîche (USDA, 1999).

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <br><b>ISRAËL</b> | POPULATION : 5 938 903              |
|  | SUPERFICIE : 20 770 Km <sup>2</sup> |
|  | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 15   |
|  | PRODUCTION DE LAIT : 1 112 000 t/an |

En Israël, il existe environ 300 entreprises agroalimentaires, dont 5 %, c'est-à-dire 15 entreprises, correspondent au secteur laitier, qui donne de l'emploi à 5 300 travailleurs (Manufacturers Association of Israel, 2000).

80 % de la production des produits laitiers se fait dans des entreprises grandes et modernes de haut niveau technologique avec un nombre d'employés supérieur à 250. 60 % des entreprises produisent de grands volumes : plus de 50 t par jour.

La production annuelle de lait destiné à la consommation est de 872 927 t, principalement du lait de vache (99 %). Le reste de la production s'est réparti ainsi : 56 152 t de yaourt, 100 000 t de fromage, 5 235 t de beurre et 77 686 t de crème fraîche (MAI, 2000).

Il est important de souligner que quasiment 80 % du lait de consommation directe produit en Israël est exporté à d'autres pays.

En ce qui concerne les projets environnementaux les plus significatifs se distingue celui qui permet la séparation, le stockage et le transport de saumures dans des centres de rejet agréés. À mentionner qu'il se trouve que le sel et les saumures sont une source de pollution très importante en Israël et que leur déchargement dans les égouts est sanctionné.

Dans d'autres projets actuels, on aborde le prétraitement des eaux résiduaires selon les standards du gouvernement, en respectant les limites des émissions dans l'atmosphère, ou le recyclage des emballages et des déchets d'emballages.

Tous ces projets ne reçoivent pas de subvention de la part du gouvernement.

La valeur limite de DCO pour les rejets dans un collecteur est de 2 000 mgO<sub>2</sub>/l tandis que dans les fleuves elle est de 70 mgO<sub>2</sub>/l (MAI, 2000).

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  <p><b>ITALIE</b></p> | POPULATION : 57 679 825              |
|  | SUPERFICIE : 301 230 Km <sup>2</sup> |
|  | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 2 133 |
|  | PRODUCTION DE LAIT : 11 312 088 t/an |

En Italie, il existe 20 125 entreprises agroalimentaires, ce qui suppose 12,4 % de l'industrie italienne. L'industrie laitière est constituée par 2 133 entreprises, donc par 11 % du secteur agroalimentaire. Le sous-secteur laitier emploie 39 851 travailleurs, ce qui suppose 16 % de l'emploi de l'industrie agroalimentaire (ISTAT, 1996).

65 % des entreprises laitières ont moins de 10 travailleurs, 20 % entre 10 et 25 travailleurs, 13 % entre 25 et 100 travailleurs et les 2 % restants plus de 100 travailleurs.

La production annuelle de lait fut de 11 312 088 t répartie ainsi : lait de vache (10 402 799 t), lait de brebis (638 092 t), lait de chèvre (121 197 t) et lait de bufflonne (150 000 t) (Rapporto Assolatte Industria Lattiero-Casearia Italiana, 2000).

La production annuelle de produits laitiers s'est répartie ainsi : lait de consommation (3 100 000 t), yaourt (190 000 t), fromage (958 062 t) et beurre (105 000 t). (Rapporto Assolatte Industria Lattiero-Casearia Italiana, 2000).

L'Italie exporta ses produits laitiers à de multiples pays, principalement à l'Allemagne et aux États-Unis. L'exportation se distingue par 1 758 357 t de lait cru, 168 925 t de fromage et, dans une proportion moindre, 12 297 t de beurre, 5 672 t de lait de consommation et 5 852 t de yaourt.

Elle importa aussi 347 179 t de fromage et 347 362 t de lait de consommation.

Les fromages les plus connus d'Italie sont le Grana Padano et le Parmigiano Reggiano, qui supposent 25 % de la production. Un volume qui suppose 39 % de fromages frais est produit, notamment la Mozzarella. D'autres fromages importants sont le Pecorino (7 %) et le Gorgonzola (4,5 %) (Rapporto Assolatte Industria Lattiero-Casearia Italiana, 2000).

Les valeurs maximales autorisées pour la DCO sont de 500 mgO<sub>2</sub>/l pour les rejets dans les égouts et de 160 mgO<sub>2</sub>/l pour des rejets dans les fleuves ou la mer.

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
|  <p><b>LIBAN</b></p> | POPULATION : 3 578 036              |
|   | SUPERFICIE : 10 400 Km <sup>2</sup> |
|   | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : -    |
|   | PRODUCTION DE LAIT : 272 300 t/an   |

Le problème principal auquel se heurte l'industrie laitière libanaise est la mauvaise qualité du lait frais produit. Divers facteurs sont à l'origine de ce problème : la conception et les conditions inadéquates des installations pour le bétail, l'hygiène insuffisante et le manque de réfrigération pendant le stockage et le transport.

L'amélioration de la production laitière dans les fermes est entravée par les prix bas du lait qui sont inférieurs aux coûts de production à certaines époques de l'année.

La production actuelle des industries laitières au Liban est au-dessous de sa capacité. Les grands fabricants souhaiteraient accroître l'approvisionnement en lait du pays si la qualité de celui-ci était améliorée. À cet effet, il conviendrait de mettre en œuvre des programmes visant à procurer des cuves de refroidissement aux fermes qui ont intérêt à recevoir des prix plus élevés en échange d'un lait frais de meilleure qualité.

La quantité de lait à la source produite au Liban s'est élevée en 1999 à 272 300 t réparties en 201 000 t de lait de vache, 33 800 t de lait de brebis et 37 500 t de lait de chèvre.

|   |  |
|---|--|
|  <p><b>LIBYE</b></p> | POPULATION : 5 240 599                 |
|   | SUPERFICIE : 1 759 540 Km <sup>2</sup> |
|   | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 12      |
|   | PRODUCTION DE LAIT : 74 800 t/an       |

En Libye, il existe 87 entreprises agroalimentaires qui donnent de l'emploi à 11 000 travailleurs. Le secteur laitier est constitué par 12 entreprises (14 %) et donne du travail à 2 400 travailleurs (22 %). La majeure partie de ces entreprises appartient au gouvernement (General Dairy Product, 2000). Cette statistique ne tient pas compte des plus de 200 petits établissements privés à caractère artisanal.

20 % de ces entreprises emploient entre 25 et 100 travailleurs et le reste des entreprises entre 100 et 200 travailleurs.

La production annuelle de lait en Libye s'est élevée à 74 800 t réparties entre 73 000 t de lait de vache et 1 800 t de lait de chèvre. En ce qui concerne la production de produits laitiers, celle-ci s'est répartie ainsi : lait de consommation (57 000 t/an), yaourt (14 000 t/an) et fromage (100 t/an) (GDP, 2000). Toute la production fut destinée au marché interne.

Quelques entreprises seulement disposent d'installations d'épuration des eaux résiduaires.

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
|  <p><b>MALTE</b></p> | POPULATION : 394 583             |
|   | SUPERFICIE : 316 Km <sup>2</sup> |
|   | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 1 |
|   | PRODUCTION DE LAIT : 50 800 t/an |

À Malte, il existe une seule entreprise laitière importante qui donne de l'emploi à 166 travailleurs répartis entre 10 cadres, 15 techniciens et 141 ouvriers. Cette entreprise produit plus de 50 t de produits laitiers par jour et facture annuellement 26,3 mill. d'EUROS.

En l'an 2000, la production totale de lait à Malte a été de 50 800 t, principalement du lait de vache (46 400 t) et, en moindre quantité, lait de brebis (2 600 t) et de chèvre (1 800 t). La fabrication destinée à la consommation directe fut de 30 200 t de lait, 1 510 t de yaourt, 2 300 t de fromage et 360 t de crème fraîche (Malta Dairy Products Ltd., 2000). Toute la production est destinée au marché interne.

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
|  <p><b>MAROC</b></p> | POPULATION : 30 645 605              |
|  | SUPERFICIE : 446 550 Km <sup>2</sup> |
|  | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 38    |
|  | PRODUCTION DE LAIT : 1 445 000 t/an  |

Le nombre d'entreprises du secteur agroalimentaire s'élève à 1 642, ce qui représente 25 % de toute l'industrie marocaine. Les entreprises laitières représentent 2,3 % du total du secteur agroalimentaire (38 entreprises) et emploient 8 984 travailleurs (Centre Marocain de Production Propre). 70 % des entreprises opérant dans le secteur laitier au Maroc peuvent être considérées comme des grandes sociétés vu leurs productions et les effectifs employés. Certaines sont multinationales, d'autres appartenant à des grands groupes industriels nationaux. Les entreprises avec plus de 250 employés représentent 41 % du total ; celles composées par un nombre de travailleurs compris entre 100 et 250 sont 15 % du total, tandis que celles comptant un effectif compris entre 25 et 100, représentent 13 %.

30 % restant est composé surtout de coopératives et de petites et moyennes unités de production. Dans cette catégorie on a considéré les entreprises avec un effectif compris entre 10 et 25 employés (18 % du total) et celles avec moins de 10 travailleurs, représentant 13 % du total des établissements laitiers.

La région la plus importante pour la production laitière est El Jadida, suivie de Khémisset, Settat, Meknes et Oujda.

Quant à la production moyenne annuelle en t/jour de lait et/ou de produits laitiers, 30 % des entreprises produisent moins de 50 t/jour, 50 % produisent entre 50 et 200 t/jour et 20 % restant produisent plus de 200 t/jour.

La production de lait à la source s'est élevée à 1 445 000 t réparties en 1 410 000 t de lait de vache et 35 000 t de lait de chèvre.

Malgré la production élevée de lait à la source, le volume de lait traité est assez bas à cause de l'autoconsommation et de la vente directe dans les fermes. Le total de lait de consommation produit a été de 860 000 t, alors que celui du fromage et du beurre a atteint 10 686 t et 10 000 t respectivement. La production de yaourt et d'autres laits fermentés s'est élevée à 390 000 t.

Comme il peut être constaté, la production est dominée par le lait de consommation face au reste de produits laitiers du fait que la production de lait à la source a un caractère saisonnier. La production laitière est marquée par deux périodes, l'une de haute lactation (de la mi-février à la mi-août) et l'autre de basse lactation. Pendant la période de haute lactation, les entreprises de transformation travaillent à plein rendement, les excédents de lait étant destinés à la production de dérivés du lait. Pendant la période de basse lactation, les entreprises ne produisent que du lait de consommation ; les petits établissements n'utilisent pas totalement leurs capacités de production et les grandes entreprises reconstituent du lait en poudre produit pendant la période de haute lactation.

Le financement de projets environnementaux atteint normalement 40 % de la valeur du projet sur les technologies plus propres, 20 % dans les projets de minimisation et 40 % dans les projets d'épuration.

Au Maroc il existe un fonds pour la dépollution industrielle (Fonds de Dépollution Industrielle, FODEP) dispensant de l'aide financière aux projets de réduction de la consommation d'eau et la réduction de la pollution environnementale. Dans le cadre du FODEP, 15 projets ont été déclarés agréés pour le financement FODEP en l'an 2001 (parmi les 30 projets présentés). Parmi ces 15, 8 avaient comme objet le traitement des effluents liquides, 5 le traitement des effluents gazeux et 2 les déchets solides. Au total, les 15 projets représentaient un investissement global de 104,55 millions de Dirhams (10 170 960 EUROS) nécessitant un financement de 78,20 millions de Dirhams (7 607 547 EUROS). Les projets relatifs aux rejets liquides représentent plus de 50 % du coût global, presque 60 % de ces projets émane du secteur laitier.

Concernant les limites des rejets liquides, il n'existe aucune loi spécifiant ces valeurs limites. Toutefois, au niveau régional, il existe des contrôles des rejets liquides sur la base des seuils de rejets liquides moyens par zone industrielle.

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| <br><b>SYRIE</b> | POPULATION : 16 728 808              |
|   | SUPERFICIE : 185 180 Km <sup>2</sup> |
|   | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 31    |
|   | PRODUCTION DE LAIT : 1 656 085 t/an  |

En Syrie, il existe 1 250 entreprises agroalimentaires, dont 2,5 %, c'est-à-dire 31 entreprises, correspondent au secteur laitier (Statistic of food association, 2001) (Arab Federation for Food Industries, 2001).

40 % des entreprises disposent de 10 à 25 travailleurs tandis que les 60 % restants emploient entre 25 et 100 travailleurs. 70 % des entreprises sont à caractère traditionnel. 99 % des entreprises produisent moins de 50 t/an.

Il existe de nombreuses petites fermes, notamment dans les zones rurales, qui produisent des quantités importantes de yaourt et fromage pour consommation domestique. Les chiffres de cette production ne sont pas compris dans cette étude en raison de ne pas disposer de données de confiance.

La production totale de lait à la source en Syrie fut de 1 656 085 t réparties entre 1 143 423 t de lait de vache, 445 913 t de lait de brebis, 65 853 t de lait de chèvre et 896 t de lait de bufflonne.

Ces volumes élevés de production contrastent avec le bas niveau de production des produits laitiers fabriqués par un nombre réduit d'entreprises. La production annuelle de lait de consommation fut concrètement de 14 111 t de lait de vache. Le reste de la production s'est réparti ainsi : 7 030 t de yaourt, 82 170 t de fromage, 3 356 t de beurre (Ministry of Industry, 2000).

Le principal projet environnemental dans le cadre du secteur laitier correspond à une initiative qui sera développée à court terme pour l'utilisation du lactosérum.

La valeur maximale autorisée de DCO pour les rejets dans les égouts est de 3 000 mgO<sub>2</sub>/l (Syrian Standard, 1995).

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
|  <p><b>TUNISIE</b></p> | POPULATION : 9 593 402               |
|   | SUPERFICIE : 163 310 Km <sup>2</sup> |
|   | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 47    |
|   | PRODUCTION DE LAIT : 830 000 t/an    |

Le nombre d'entreprises laitières s'élève à 47 réparties en 8 installations de production de lait de consommation, 14 installations de production de yaourt et 25 de fromage.

La production de lait en Tunisie est en hausse grâce à l'amélioration de l'alimentation et de la race du bétail. La quantité de lait en poudre importé s'est considérablement réduite au cours des dernières années et actuellement le pays est sur le point de couvrir ses besoins en lait, c'est-à-dire d'être autosuffisant.

La production totale de lait à la source atteint 830 000 t réparties entre 800 000 t de lait de vache, 17 000 t de lait de brebis et 12 000 t de lait de chèvre.

La production de lait de consommation atteint 262 480 t en 1996, tandis que furent fabriqués 550 millions de pots de yaourt, 6 420 t de types différents de fromages et 5 008 t de beurre (USDA, 2000).

Il convient de souligner que la production industrielle de yaourt, comme celle du fromage, s'accroît en harmonie avec le développement du secteur laitier.

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| <br><b>TURQUIE</b> | POPULATION : 66 493 470              |
|   | SUPERFICIE : 780 580 Km <sup>2</sup> |
|   | NBRE D'ENTREPRISES LAITIÈRES : 4 320 |
|   | PRODUCTION DE LAIT : 9 970 000 t/an  |

Le secteur agroalimentaire turc compte 24 000 entreprises, dont 18 %, c'est-à-dire 4 320 entreprises, appartiennent au secteur laitier (Rep.Turkey, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, 1999).

70 % de ces entreprises sont à caractère traditionnel avec moins de 10 travailleurs. 29,5 % d'entre elles emploient 10 à 250 travailleurs et 0,5 % dispose d'une technologie moderne et ont plus de 250 employés.

La production annuelle de lait de la Turquie atteint 9 970 000 t réparties entre la production de lait de vache (8 832 000 t), de brebis (813 000 t), de chèvre (245 000 t) et de bufflonne (80 000 t) (Rep.Turkey, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, 1998).

La production annuelle de produits laitiers se répartit ainsi : lait frais (251 632 t), yaourt (204 961 t), fromage (201 260 t), beurre (15 771 t) et crème fraîche (1 383 t). Quasiment toute la production est destinée au marché interne, à l'exception de 5 006 t de fromage, qui sont exportées (Rep. Turkey, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, 1999).

Voici les principaux projets environnementaux menés à bien en Turquie en vue de réduire la pollution dans l'industrie laitière : la collecte et le séchage du lactosérum du fromage par le système spray, le recyclage des déchets solides, la réduction de la consommation d'eau et l'utilisation de machines à faible consommation d'énergie.

La DBO maximale autorisée dans les rejets d'eaux résiduaires en Turquie est de 40 mgO<sub>2</sub>/l, tant dans les égouts que dans les fleuves et la mer (Turkish National Water Pollution Control Act, 1988).



### 3. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX PROCESSUS DE PRODUCTION DE L'INDUSTRIE LAITIÈRE ET ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS

Ce chapitre décrit les processus de production les plus représentatifs des principaux groupes de produits laitiers et les opérations auxiliaires communes à tous les processus.

- Lait de consommation directe
- Produits obtenus à partir de la graisse du lait (crème et beurre)
- Lait fermentés (yaourts)
- Fromages (matures et jeunes)
- Opérations auxiliaires

On décrira et évaluera pour chacun de ces processus de production et pour chaque activité auxiliaire les principaux aspects environnementaux associés. L'évaluation semi-qualitative des aspects environnementaux associés à chaque opération de processus ou opération auxiliaire s'effectuera en fonction de son importance relative par rapport au processus dans sa totalité. Le barème utilisé présente trois niveaux : 1er ordre, 2ème ordre et non-significatif (voir tableau suivant).

**Tableau 3 : Critères d'évaluation des aspects environnementaux**

|                        |   |
|------------------------|---|
| 1 <sup>er</sup> ORDRE  | Aspect important par rapport à l'impact global de l'activité        |
| 2 <sup>ème</sup> ORDRE | Aspect modéré par rapport à l'impact global de l'activité           |
| NON-SIGNIFICATIF       | Aspect non-significatif par rapport à l'impact global de l'activité |

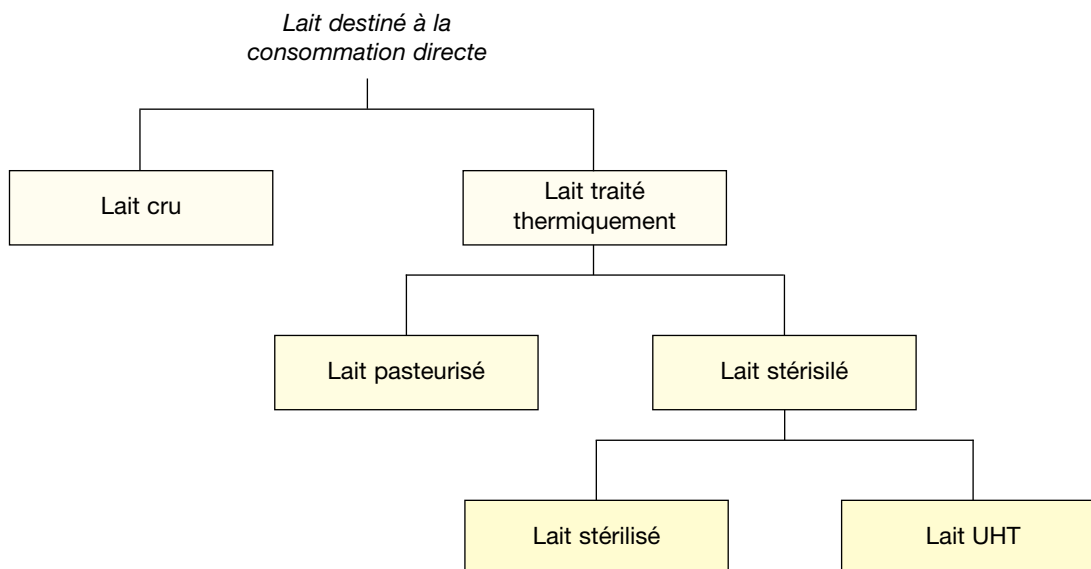
#### 3.1. Production de lait de consommation

Les laits destinés à la consommation humaine actuels peuvent être classés en deux catégories :



- Lait cru. Le lait cru, qui n'a subi aucune transformation, est un produit naturel consommé depuis très longtemps ; il est toujours consommé de façon très régulière dans de nombreux pays.
- Lait traité thermiquement (pasteurisé ou stérilisé). Le lait pouvant connaître une rapide détérioration et une contamination de tous types, il faut le soumettre à un traitement spécifique afin d'augmenter sa durée de conservation et d'éliminer les éventuelles contaminations avant consommation. Dans de nombreux pays, ce traitement est une obligation légale.

**Figure 15**  
**CLASSIFICATION DES LAITS DE CONSOMMATION DIRECTE**



Même si dans certaines zones de la Méditerranée la vente de lait cru est une pratique habituelle, soumis celui-ci à un traitement thermique directement dans les foyers avant consommation, la majeure partie du lait de consommation directe présente sur le marché correspond à un lait traité thermiquement dans l'établissement industriel.

En raison du caractère plus représentatif et complexe de ce type de lait du point de vue environnemental, nous décrivons son processus de production.

### **3.1.1. Description générale du processus de production du lait traité thermiquement**

Voici en résumé le processus général d'obtention de lait traité thermiquement.

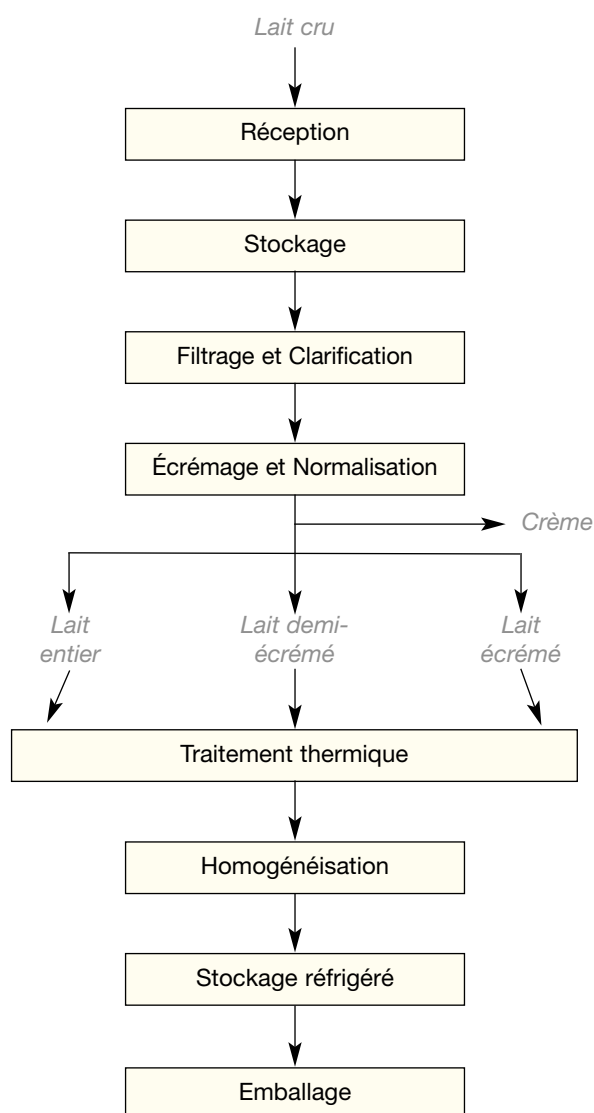
Après réception du lait, celui-ci est stocké temporairement dans des cuves réfrigérées jusqu'au début du traitement. Le lait est ensuite filtré pour éliminer les solides étrangers visibles, puis clarifié pour éliminer les poussières et les coagulum de protéine.

On procède ensuite à un écrémage pour séparer la crème du lait, et on passe à la normalisation pour ajuster la teneur en gras finale du lait. A présent normalisé au niveau de sa teneur en gras, le lait est soumis à une homogénéisation afin de réduire la taille des particules et de les distribuer uniformément en améliorant son émulsion.

En dernier lieu, on passe au traitement thermique de stabilisation microbiologique, qui, en fonction des conditions de temps-température, pourra être appelé pasteurisation, stérilisation ou

traitement UHT. Après le traitement thermique, le lait est stocké dans des conditions réfrigérées jusqu'à son conditionnement final. Voici à présent le diagramme de flux du traitement thermique du lait.

**Figure 16**  
**DIAGRAMME DE FLUX DU PROCESSUS D'ÉLABORATION**  
**DU LAIT TRAITÉ THERMIQUEMENT**



### **3.1.2. Description des opérations du processus de production et considérations environnementales**

#### **3.1.2.1. Réception**

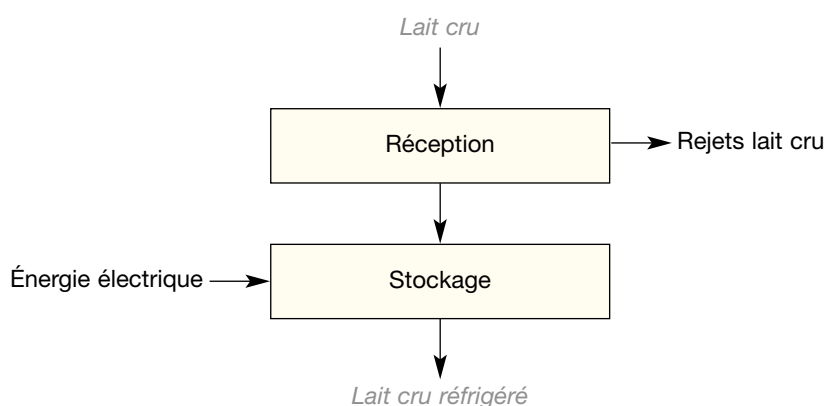
Le lait arrive généralement à l'installation de traitement dans des camions-citernes, des cuves ou des bidons. Les cuves sont en acier inoxydable, en aluminium ou, dans certains cas, en plastique. La capacité de ces dernières est également très variable.

À l'arrivée du lait à l'usine, on prélève généralement des échantillons afin d'effectuer les analyses correspondantes de qualité et de détermination de la teneur en gras et en substances protéiques. Le prix du lait varie parfois en fonction de sa composition.

Après réception, le lait est généralement stocké dans des conditions réfrigérées jusqu'à son entrée en ligne. La conservation du lait est ainsi garantie jusqu'au traitement. Cette mesure s'avère particulièrement importante lorsque le lait, pour des raisons de distribution, doit rester stocké avant traitement.

On procède également lors de cette étape au nettoyage des camions ou des cuves de collecte du lait qui transporteront par la suite ce dernier. Vous trouverez une description plus détaillée du nettoyage des camions et des cuves à la section correspondant aux opérations de nettoyage ; y sont également présentés les aspects environnementaux découlant de cette opération.

**Figure 17**  
**RÉCEPTION ET STOCKAGE DU LAIT CRU**



Lors de cette étape, on observe des pertes de lait dues aux opérations de vidage et de remplissage des réservoirs. Ces pertes de lait peuvent atteindre les systèmes d'évacuation des eaux résiduaires et contribuer à augmenter la charge organique de celles-ci. Le stockage entraîne d'importantes consommations d'énergie électrique.

Il faut souligner qu'au cours de cette étape, on peut détecter du lait non-conforme aux exigences de qualité requises, ce qui peut mener à un refus du lait reçu.

La consommation d'eau et son déversement postérieur se produisent lors du rinçage et du nettoyage des camions, des tuyaux, des conduites et des réservoirs. Comme on l'a déjà dit, on trouvera la description générale de cet aspect pour toutes les opérations de nettoyage à la section correspondante.

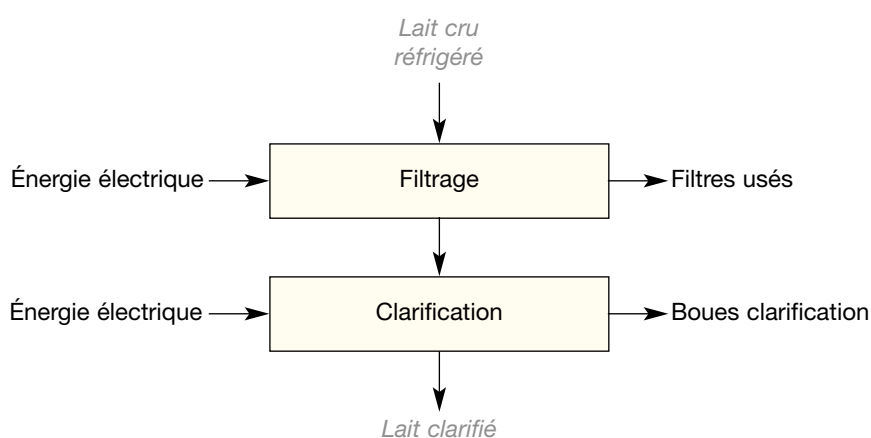
### **3.1.2.2. Filtrage / Clarification**

On élimine ensuite les particules organiques et inorganiques de poussière pouvant être présentes dans le lait après la traite ou le transport. On élimine également les agglomérés de protéines

(caillots) qui se forment dans le lait. Le degré d'impuretés présent dans le lait varie en fonction des techniques de traite, du traitement dans les fermes et du transport. Dans tous les cas, un traitement d'épuration dans l'industrie est inévitable.

On peut tout d'abord effectuer un filtrage pour éliminer les particules les plus grossières (dépend du diamètre d'ouverture du filtre utilisé). On passe ensuite à la clarification du lait, où l'on élimine les particules organiques et inorganiques ainsi que les agglomérés de protéines. Cette opération s'effectue à l'aide de centrifugeuses qui, grâce à la force centrifuge, séparent les impuretés dotées d'un poids spécifique supérieur à celui du lait.

**Figure 18**  
**FILTRAGE ET CLARIFICATION DU LAIT**



Cette opération génère ce qu'on appelle des boues de clarification. Ces boues sont des déchets semi-pâteux composés de particules d'impuretés, de composants sanguins, de germes et d'autres substances, principalement de type protéique. Si elles sont rejetées avec l'effluent final, elles peuvent produire d'importantes augmentations de la charge polluante du rejet, ce qui causera des problèmes au niveau du milieu récepteur. Il se produit également des pertes de lait qui peuvent être entraînées avec les eaux résiduelles jusqu'à l'endroit du rejet final.

Les déchets apparaissant lors du filtrage sont les filtres utilisés lors de cette étape. On observe une consommation d'énergie électrique lors du filtrage mais également lors de la clarification.

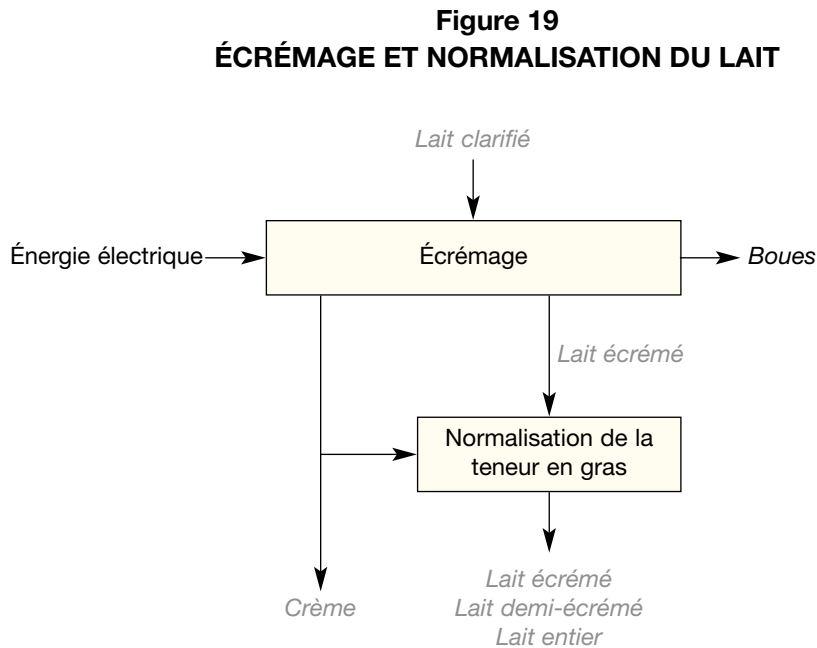
### 3.1.2.3. Écrémage et Normalisation

L'écrémage consiste en une séparation de la matière grasse (crème) du reste des composants du lait (lait écrémé). Cette opération s'effectue généralement à l'aide de centrifugeuses qui séparent la crème (approximativement 40 % de matière grasse) du lait, (approximativement 0,5 % de matière grasse).

On passe ensuite à la normalisation du contenu gras du lait, ce qui consiste à ajouter de la crème au lait écrémé dans diverses proportions selon que l'on souhaite obtenir du lait entier, du lait demi-écrémé ou du lait écrémé. La crème restante sert à élaborer d'autres produits, par exemple de la crème de consommation ou du beurre.

Les centrifugeuses utilisées pour l'écémage pouvant effectuer simultanément la clarification et l'écémage du lait, leur utilisation est très répandue. Elles peuvent également être équipées d'un système de normalisation du contenu gras du lait.

La figure suivante présente un schéma des aspects environnementaux de cette opération :



Le processus de séparation de la crème par centrifugation génère des boues ou fanges renfermant moins de composants sanguins et de bactéries que dans le cas du lait cru. Comme dans le cas précédent, si les boues sont rejetées directement dans l'effluent final, elles entraînent une augmentation importante de la charge organique du rejet.

Lors de cette étape, on note également une consommation d'énergie électrique due aux centrifugeuses d'écémage.

#### 3.1.2.4. Traitement Thermique

L'objectif du traitement thermique est la destruction quasi-totale des microorganismes présents dans le lait. Un autre effet est l'inactivation des enzymes du lait à un degré plus ou moins important.

En fonction des caractéristiques du binôme température-temps utilisé pour le traitement thermique, distinguons :

- La pasteurisation. Il s'agit d'un traitement thermique à même de détruire l'agent de transmission de la tuberculose qui présente des valeurs temps-température oscillant entre 15 et 30 secondes à 72-85 °C. La pasteurisation ne garantissant pas la destruction de tous les germes du lait, il faut donc, pour le conserver, le réfrigérer jusqu'à consommation.
- La stérilisation. En quoi consiste-elle ?

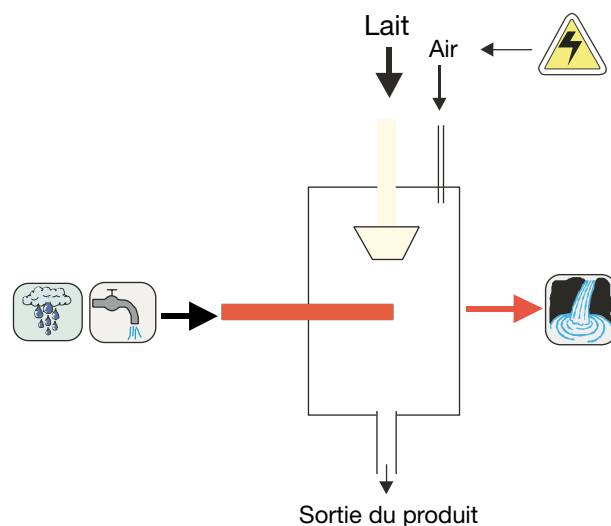
- La stérilisation proprement dite est un traitement thermique capable de détruire tous les microorganismes pathogènes et d'inactiver les enzymes. Elle s'effectue à 100-120 °C pendant 20 minutes.
- Le traitement UHT ou ultrapasteurisation ou stérilisation à températures ultra-hautes se base sur l'application d'une température très élevée (135-150 °C) pendant une durée très courte (2,5 secondes), ce qui entraîne un effet germicide très puissant.

Après un traitement de stérilisation, le lait peut se conserver à température ambiante pendant une longue période du moment qu'il a été conditionné avec un emballage aseptique. On utilise essentiellement ces traitements pour fabriquer des laits de consommation longue conservation et des laits aromatisés.

Si nous observons la forme du traitement thermique, nous nous apercevons qu'il existe deux systèmes, le réchauffement direct ou le réchauffement indirect.

**Systèmes de réchauffement direct :** le lait se réchauffe lorsqu'il entre en contact avec un fluide à température élevée (vapeur d'eau). Au moment d'entrer dans l'échangeur, la température du lait doit être de 70-80 °C, pour ensuite entrer en contact avec la vapeur d'eau. Le lait passe ensuite par un évaporateur sous vide pour éliminer l'eau ajoutée pendant la stérilisation. Avec cette évaporation d'eau, la température du lait baisse rapidement et atteint une température proche de 80 °C.

**Figure 20**  
**ÉCHANGEUR DE CHALEUR DIRECT PAR INJECTION DE VAPEUR**

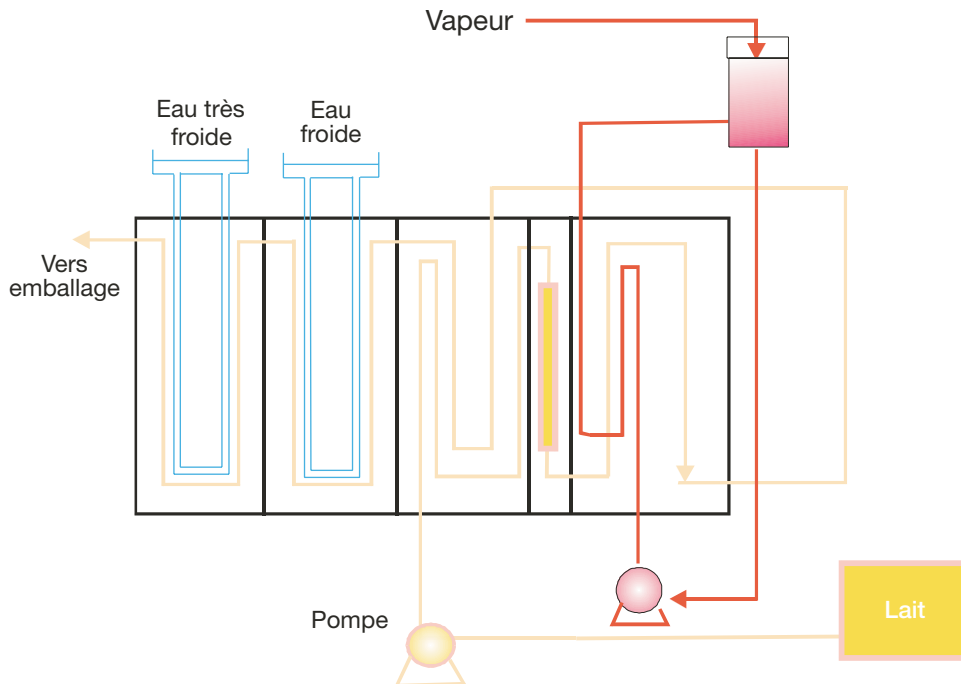


L'avantage de cette méthode est la brièveté du temps de chauffe, ce qui suppose un traitement du produit très modéré. L'un de ses inconvénients est la nécessité d'une vapeur de très haute qualité. Outre cela, la capacité de récupération thermique n'est que de 40-50 %.

**Systèmes de réchauffement indirect.** Dans le réchauffement indirect, le transfert de chaleur se produit via une surface d'échange : ainsi, le fluide, qui est à température élevée (vapeur d'eau, eau

chaude ou eau surchauffée) n'entre jamais en contact avec le lait. Ces processus prennent place dans des systèmes d'échangeurs à plaques, tubulaires ou dans un système mêlant ces deux éléments.

**Figure 21**  
**ÉCHANGEUR INDIRECT À PLAQUES**

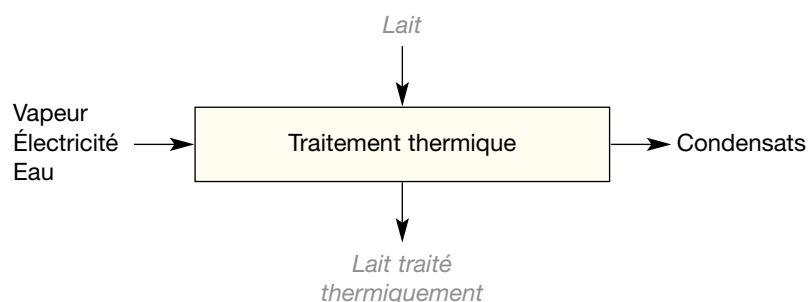


L'avantage de ce système de réchauffement est l'importante récupération de chaleur (80-90 %). Parmi les inconvénients, soulignons la possibilité d'abîmer le produit en cas de surchauffe, ainsi que la difficulté du nettoyage due aux dépôts présents dans les échangeurs.

Généralement, on utilise pour la pasteurisation et la stérilisation des systèmes de réchauffement indirect ; on peut par contre utiliser pour le traitement UHT des systèmes directs ou indirects.

La figure suivante présente les aspects environnementaux les plus significatifs de cette opération.

**Figure 22**  
**TRAITEMENT THERMIQUE DU LAIT**



La consommation énergétique dérivée de cette opération est élevée, même si elle diminue en fonction du pourcentage de récupération de la chaleur.



Dans les systèmes de réchauffement direct, on fait passer le lait par un évaporateur sous vide afin d'éliminer l'eau ajoutée pendant le traitement thermique direct à la vapeur d'eau. La vapeur dégagée est condensée : si elle est rejetée, elle est considérée comme un courant résiduaire.

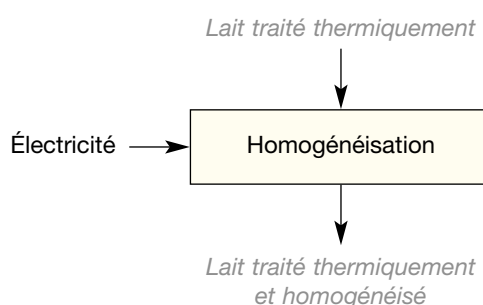
### 3.1.2.5. Homogénéisation

Avant ou après le traitement thermique, on procède à l'homogénéisation. Avec l'homogénéisation, la taille des globules gras diminue, ce qui permet une distribution uniforme de la matière grasse et empêche la séparation de la crème.

L'homogénéisation réduisant la stabilité des protéines face à la chaleur, cette opération est effectuée après le traitement thermique en cas d'exposition postérieure du lait à des températures élevées.

On fait passer le lait à haute pression dans les homogénéisateurs via d'étroites fentes de dimensions inférieures à celles des globules gras ; on réduit ainsi le diamètre des globules gras en les maintenant en suspension.

**Figure 23**  
**HOMOGÉNÉISATION DU LAIT**

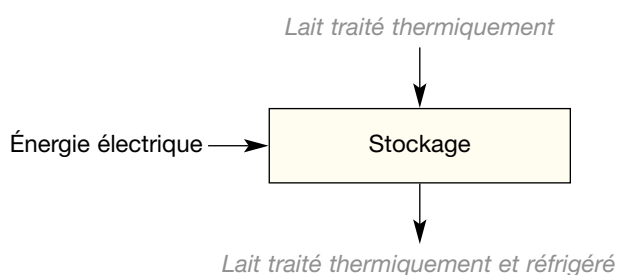


Cette opération entraîne une consommation d'énergie électrique due au fonctionnement des systèmes d'homogénéisation.

### 3.1.2.6. Stockage réfrigéré

Une fois traité et réfrigéré, le lait est stocké dans des cuves jusqu'à l'étape d'emballage. Ce stockage réfrigéré permet de contrôler la qualité du lait avant l'emballage et de rendre cette étape indépendante par rapport au processus de production.

**Figure 24**  
**STOCKAGE AVANT EMBALLAGE**



Le principal aspect environnemental généré par cette étape est dû à la consommation énergétique nécessaire au maintien du lait au froid ainsi qu'aux éventuelles pertes de lait au cours de son séjour dans les cuves de stockage.

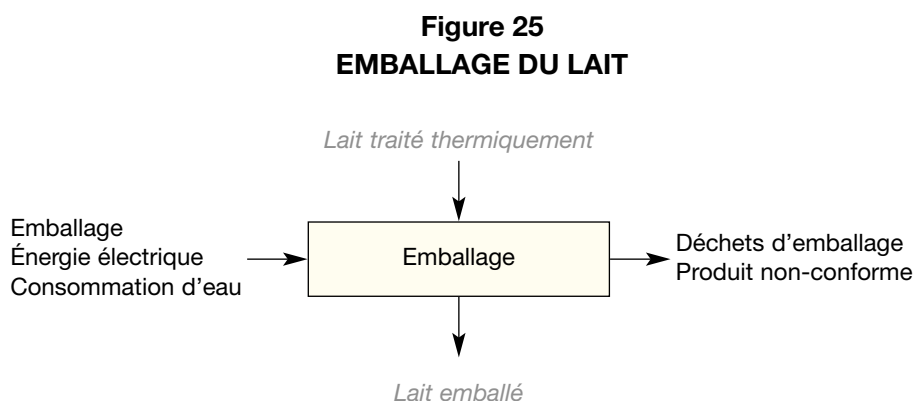
### 3.1.2.7. Emballage

L'emballage est la dernière étape du processus ; il consiste à introduire le produit dans les emballages. La condition indispensable à une bonne conservation du produit pendant une longue période est le maintien des conditions aseptiques pendant cette opération.

Le choix de tel ou tel type d'emballage devra tenir compte des aspects liés à la conservation du produit mais également des aspects économiques et environnementaux.

Les types d'emballages de lait les plus courants sont les emballages en verre, en plastique et en carton.

- Si les bouteilles en verre ont pour avantage d'être réutilisables, elles ont pour inconvénient de ne pas être adaptées au lait longue conservation : en effet, leur poids est important, elles sont fragiles et elles posent problème au niveau de la conservation du produit (la lumière solaire peut entraîner la dégradation de la graisse et des protéines du lait).
- L'inconvénient des sachets plastique, généralement en polyéthylène (PE), est qu'ils sont difficiles à manier en raison de leur instabilité ; de plus, une fois sur le lieu de consommation et ouverts, des récipients auxiliaires sont nécessaires à leur maniement.
- Les bouteilles en plastique sont faites de matières telles que le polystyrol et le polyéthylène haute et basse densité ; ces emballages sont plus particulièrement utilisés pour l'élaboration du lait stérilisé.
- À la base des emballages en carton de type TetraBrik, des lamelles en carton ou en papier qui, en fonction des nécessités, peuvent également être composées de couches de plastique, de paraffine ou d'aluminium. Ces emballages sont surtout utilisés pour le lait UHT.

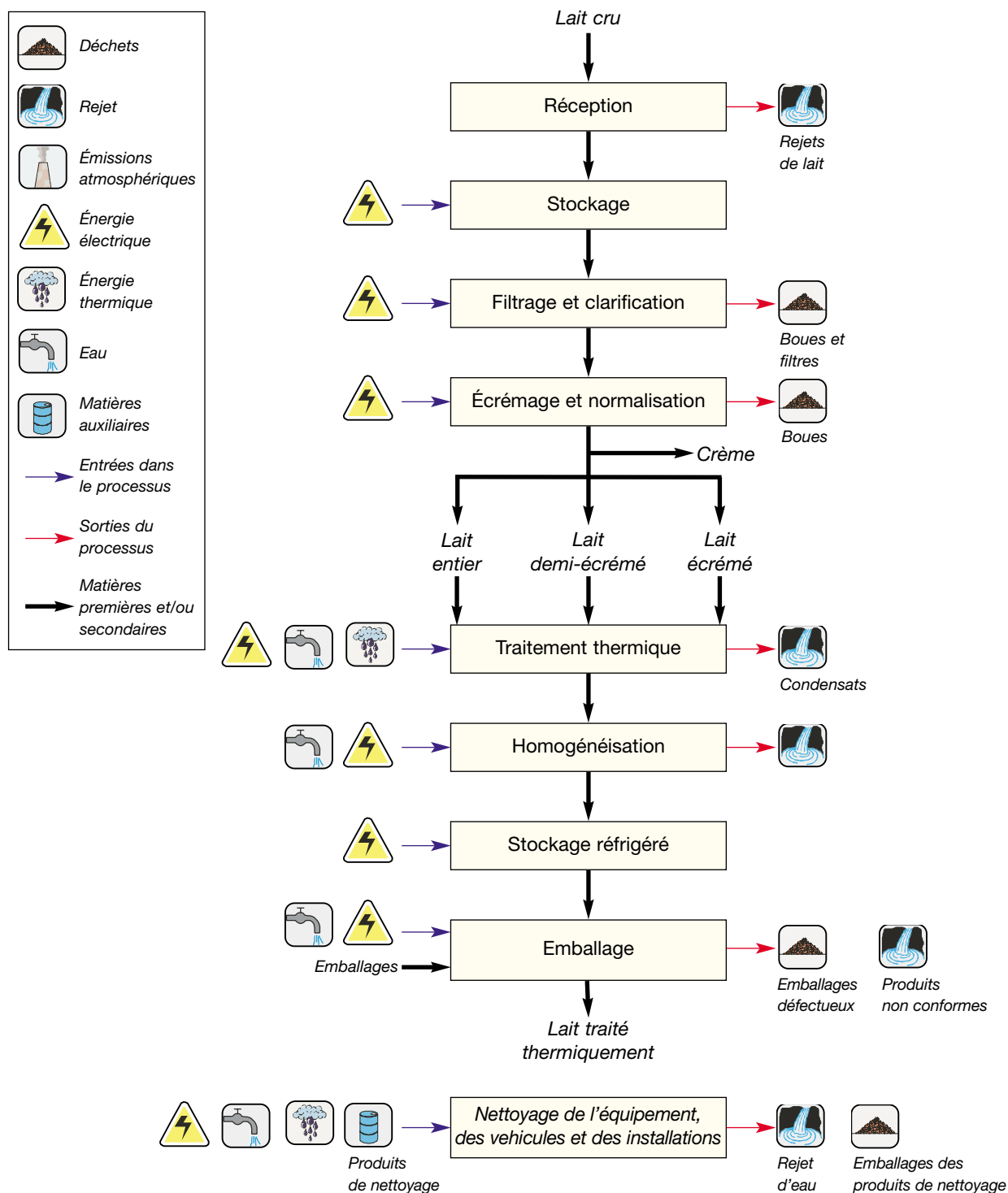


Dans l'opération d'emballage, la consommation énergétique des machines est élevée ; de plus, on observe une génération de déchets d'emballage due à des défauts de fabrication ou à des problèmes apparaissant au cours du processus.

### 3.1.3. Aspects environnementaux du processus d'élaboration du lait traité thermiquement

Les principaux effets sur l'environnement issus de la production du lait traité thermiquement sont présentés ci-dessous.

Figure 26  
ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'ÉLABORATION  
DU LAIT TRAITÉ THERMIQUEMENT



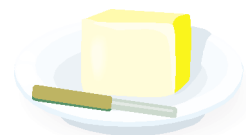
Voici un tableau résumant et évaluant les aspects environnementaux susceptibles d'être générés lors du processus d'élaboration du lait traité thermiquement.

**Tableau 4 : Évaluation des aspects environnementaux du processus d'élaboration du lait traité thermiquement**

| OPÉRATION BASIQUE  | EFFET  | ORDRE            |
|--|--|------------------|
| Réception  | Rejet de lait  | 1 <sup>er</sup>  |
| Stockage   | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
| Filtrage / Clarification   | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Génération de boues  | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Filtres usés   | 2 <sup>ème</sup> |
| Écrémage et normalisation  | Énergie électrique   | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Boues  | 2 <sup>ème</sup> |
| Traitement thermique   | Consommation d'énergie thermique                             | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'énergie électrique                            | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'eau*  | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Condensats*  | 2 <sup>ème</sup> |
| Homogénéisation  | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Consommation d'eau   | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Rejet d'eaux résiduaires                                     | 2 <sup>ème</sup> |
| Stockage   | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
| Emballage  | Consommation d'énergie électrique                            | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Déchets d'emballage  | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Produit non-conforme   | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Consommation d'eau   | NS               |
| Nettoyage cuves, équipement et installations (voir section 3.5.1.) | Consommation d'énergie thermique                             | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'eau   | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Rejet eaux résiduaires (volume du rejet et charge polluante) | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation de produits chimiques                           | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Génération de déchets (emballages de produits nettoyants)    | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |

\* En fonction du système de traitement thermique utilisé, la consommation d'eau et la génération de condensats sont plus ou moins importantes.

### 3.2. Produits laitiers obtenus à partir de la graisse du lait : crème et beurre



Les principaux produits laitiers obtenus à partir de la graisse du lait sont la crème et le beurre. La crème est une émulsion de gras en eau, le beurre est lui un produit obtenu à partir de la crème, après maturation de celle-ci et élimination d'une bonne partie de la phase aqueuse (il s'agit donc en fait d'une émulsion d'eau en gras).

#### 3.2.1. Description générale du processus de production de la crème et du beurre

La matière première utilisée dans le processus de fabrication de la crème et du beurre de consommation est la crème restante après l'opération d'écémage-normalisation du processus d'élaboration du lait de consommation.

##### Crème

La crème de consommation est obtenue après la désodorisation et le traitement thermique de la crème de base. Elle sera commercialisée comme crème fraîche (pasteurisée) ou longue conservation (traitement UHT) après son passage par un processus de stabilisation microbiologique via une pasteurisation/stérilisation et un emballage final.

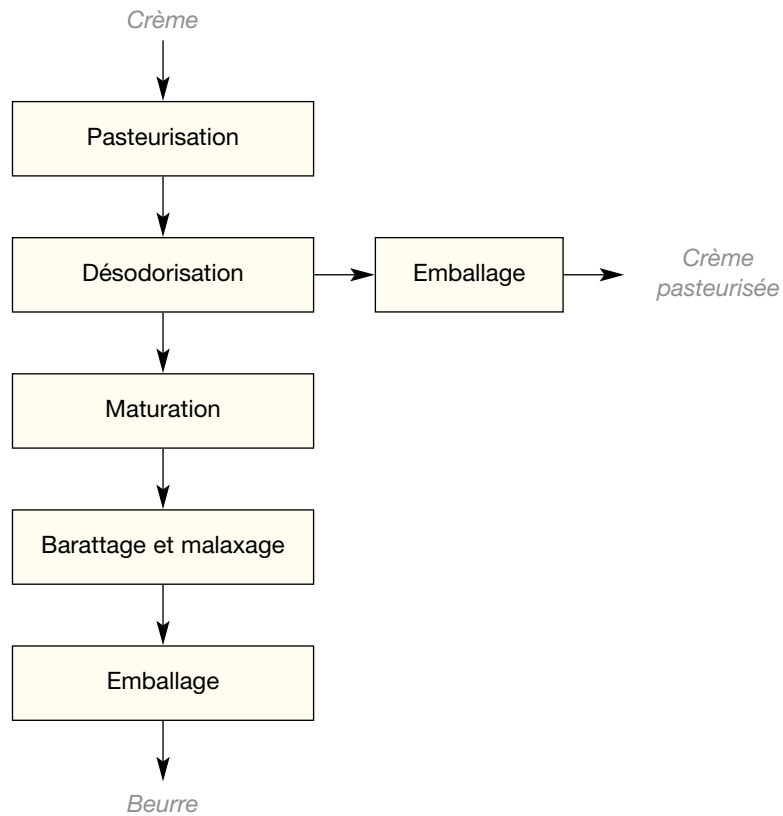
##### Beurre

Le beurre est un produit à l'odeur et à la saveur caractéristiques issu de la maturation de la crème, qui passe par une série de transformations biochimiques. Via le barattage et le malaxage, il perd une grande partie de sa phase aqueuse et se transforme en émulsion d'eau en gras.

Il existe plusieurs systèmes d'élaboration du beurre, mais nous pouvons citer les deux systèmes les plus représentatifs : ceux basés sur l'agglomération des globules gras et ceux basés sur le refroidissement d'une concentration de gras (utilisé pour obtenir du beurre à teneur en gras inférieure à 50 %). Nous allons à présent décrire le procédé continu d'élaboration du beurre basé sur l'agglomération des globules gras, celui-ci étant le plus significatif du point de vue de la production totale.

La figure suivante présente le diagramme de flux d'élaboration de la crème et du beurre ; comme vous pouvez le constater, les premières étapes de l'élaboration de ces produits coïncident.

**Figure 27**  
**DIAGRAMME DE FLUX DU PROCESSUS D'ÉLABORATION**  
**DE LA CRÈME ET DU BEURRE**



L'élaboration du beurre commence avec le traitement préalable de la crème (pasteurisation et désodorisation).

On soumet ensuite la crème à une période de maturation, puis la crème est battue pour former les grumeaux de beurre.

On sépare alors la fraction aqueuse (babeurre ou petit-lait) des grains de beurre, et ces derniers sont soumis à un lavage postérieur à l'eau froide ou au petit-lait.

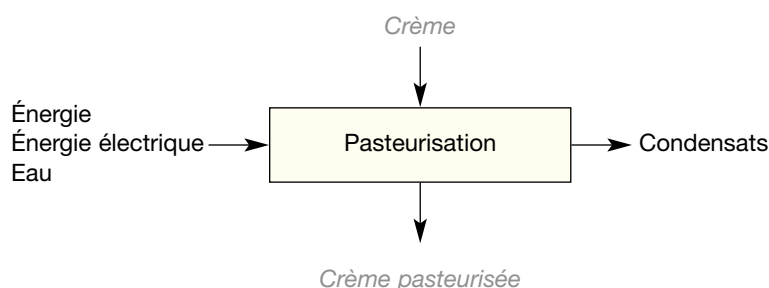
Enfin, dans le but d'obtenir une masse compacte et homogène où l'eau est distribuée uniformément, les grains de beurre passent au malaxage. La dernière opération est l'emballage du beurre.

### 3.2.2. Description des opérations du processus de production et considérations environnementales

#### 3.2.2.1. Pasteurisation de la crème

La température de pasteurisation de la crème oscille entre 95 et 110 °C. Plus la teneur en gras est importante, plus la température de pasteurisation doit être élevée. On utilise pour cette opération des échangeurs à plaques spécialement préparés et conçus pour la haute viscosité de la crème. Avant d'entrer dans la phase de maturation, la crème doit refroidir et atteindre une température d'environ 20 °C.

**Figure 28**  
**PASTEURISATION DE LA CRÈME**



Pour obtenir plus d'informations sur l'opération de pasteurisation, voir la section 3.1.2.4.

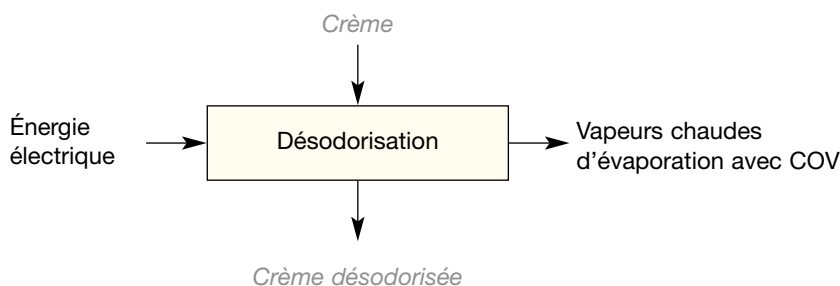
#### 3.2.2.2. Désodorisation de la crème

La désodorisation consiste à éliminer une partie des substances aromatiques de la graisse, qui peuvent par la suite donner aux produits finaux une odeur ou un saveur bizarre. La désodorisation permet également de réduire l'oxydation des acides gras et la croissance de microorganismes aérobies indésirables. Cette opération peut être effectuée avant et/ou après la pasteurisation.

Il existe différents systèmes de désodorisation, notamment :

- La surface ouverte à tôle ondulée, en utilisant la température d'arrivée de la crème du pasteurisateur.
- Les évaporateurs sous vide (80-85 kPa). Cette opération s'effectue à chaud pour plus d'efficacité ; on utilise pour cela des échangeurs de chaleur indirects (à plaques ou tubulaires à surface plane).

**Figure 29**  
**DÉSODORISATION DE LA CRÈME**



Les principaux effets de cette opération sur l'environnement sont la consommation d'énergie et la génération de vapeurs chaudes qui entraînent les COV éliminés de la crème.

### 3.2.2.3. Maturation de la crème

La maturation de la crème a pour objectif la cristallisation des globules de gras et le développement des arômes. Une série de modifications physiques et biochimiques qui dépendent du système utilisé pour sa fabrication se produit. Après la période de maturation, la crème refroidit et passe en-dessous de 10 °C.

La maturation a lieu dans des cuves équipées d'un agitateur et parfois d'une gaine d'isolation externe pour conserver les conditions de température requises dans cette étape. La température variant en fonction des phases de maturation, il est important de contrôler la température.

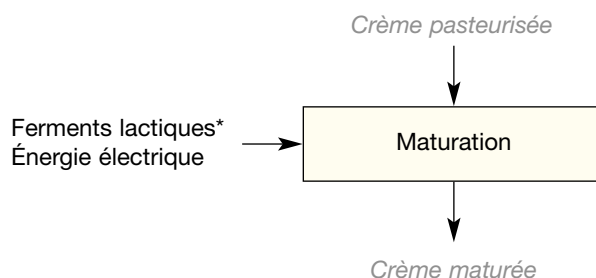
En fonction de la variété de beurre que l'on souhaite produire, on trouve les systèmes de maturation suivants :

- *Maturation sans acidification*  
Cette méthode consiste à maintenir la crème à une température de 6-12 °C pendant 4-15 heures, période au cours de laquelle la crème passe par des transformations purement physiques. La crème ainsi préparée maintient un pH de >6,2 approximativement. Ce type de maturation est utilisé dans la fabrication du beurre provenant de la crème douce.
- *Maturation avec acidification*  
Dans la maturation avec acidification, on observe des processus physiques et biochimiques. Dans ce cas, on ajoute des ferments lactiques à la crème : dans des conditions adéquates, ceux-ci transforment le lactose en acide lactique en acidifiant le milieu et en provoquant des changements physico-chimiques qui facilitent ensuite la séparation du gras et du petit-lait pendant le barattage. Les ferments lactiques s'additionnent dans le réservoir de maturation jusqu'à obtention du pH adapté au barattage.

Un mélange des deux méthodes précitées consiste à effectuer tout d'abord une maturation sans acidification puis, par la suite, pendant le malaxage, à ajouter les ferments lactiques, ce qui permet d'obtenir du beurre de crème acidifiée.



**Figure 30**  
**MATURATION DE LA CRÈME**



\* Dans le cas de la maturation avec acidification.

Pour une maturation efficace, il est nécessaire de maintenir les conditions de température. En raison de cela, cette étape entraîne une consommation d'énergie élevée.

#### 3.2.2.4. Barattage-malaxage

Il existe depuis les années 60 des systèmes de production en continu basés sur un tambour cylindrique rotatif qui effectue consécutivement les opérations de barattage et de malaxage.

Pour le barattage de la crème maturée, il faut chauffer celle-ci à une température supérieure à celle de la maturation. Le barattage entraîne une grande force de cisaillement qui casse l'enveloppe des globules gras et permet leur union ; on obtient donc deux phases à la fin de l'opération : une phase grasse composée de grumeaux de beurre et une phase aqueuse composée appelée babeurre ou petit-lait. La première est en fait une émulsion d'eau en matière grasse.

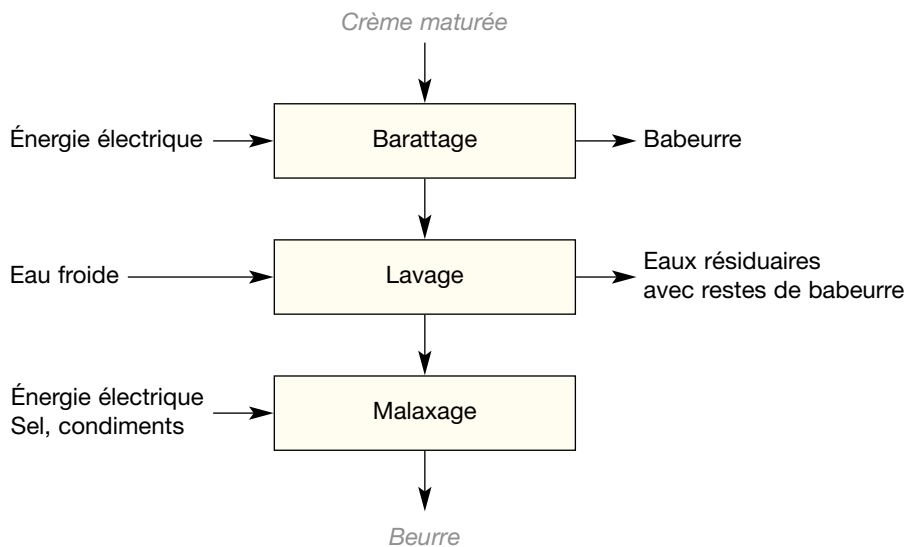
Dans certains cas, les grains de beurre sont lavés à l'eau froide pour éliminer les restes de babeurre, ce qui tient lieu de phase préalable au malaxage. La qualité de l'eau utilisée doit garantir la non-contamination du produit.

L'opération de malaxage des grains de beurre permet d'obtenir une masse compacte, d'ajuster la teneur en eau et de mélanger de façon homogène les additifs susceptibles d'être ajoutés (sel, arômes).

La technique de fabrication continue consiste à effectuer ces opérations sans interruption et à plus grande vitesse, ce qui permet d'augmenter les débits horaires de production, d'augmenter la qualité du produit et facilite l'emballage postérieur. Seules les petites installations utilisent encore le système discontinu ou batch.

Du point de vue économique et environnemental, le système continu de fabrication permet de réduire la consommation énergétique, les pertes de gras du babeurre, la consommation d'eau de lavage, ainsi que les nettoyages.

**Figure 31**  
**BARATTAGE - MALAXAGE DE LA CRÈME**



Pendant l'opération de barattage-malaxage se produit la génération du babeurre mais également l'élimination de la majeure partie des microorganismes présents dans la crème (ferments lactiques et autres microorganismes). Si le babeurre est éliminé en même temps que les eaux résiduaire générées dans l'entreprise, on observe une augmentation de la charge polluante de ces eaux, qui sont alors susceptibles de détériorer le milieu récepteur.

D'autre part, le lavage entraîne une consommation d'eau et leur rejet postérieur renfermant les restes de babeurre.

### 3.2.2.5. Emballage

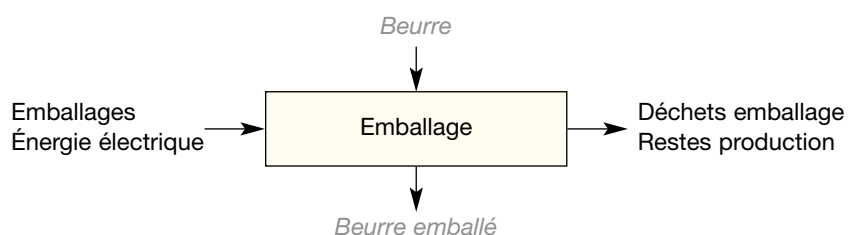
Le beurre doit être emballé dès sa sortie de la machine de fabrication afin d'éviter toute contamination microbiologique. On peut utiliser pour l'emballage des machines à mouler, des remplisseuses et des scelleurs.

La nature de l'émulsion du beurre rend possible des réactions d'oxydation des graisses, ce qui entraîne la détérioration du produit ; de plus, le beurre absorbant rapidement les odeurs, l'emballage doit le protéger contre la lumière, prévenir l'oxydation et résister à la vapeur d'eau afin d'éviter un dessèchement de la surface et des modifications de couleur.

Voici les matériaux d'emballage les plus courants : papier ou feuille d'aluminium laminé avec papier végétal ou papier résistant au gras, feuilles en polyéthylène, pots en plastiques (polypropylène thermoformé, LDPE ou PVC). Les emballages les plus courants sur le marché sont les boîtes en carton garnies de LDPE ou les boîtes en fer-blanc.

En ce qui concerne l'emballage de la crème, on utilise des emballages en plastique (polystyrène) ou en carton équipés de couches de plastique ou d'une feuille d'aluminium.

**Figure 32**  
**EMBALLAGE DE LA CRÈME OU DU BEURRE**

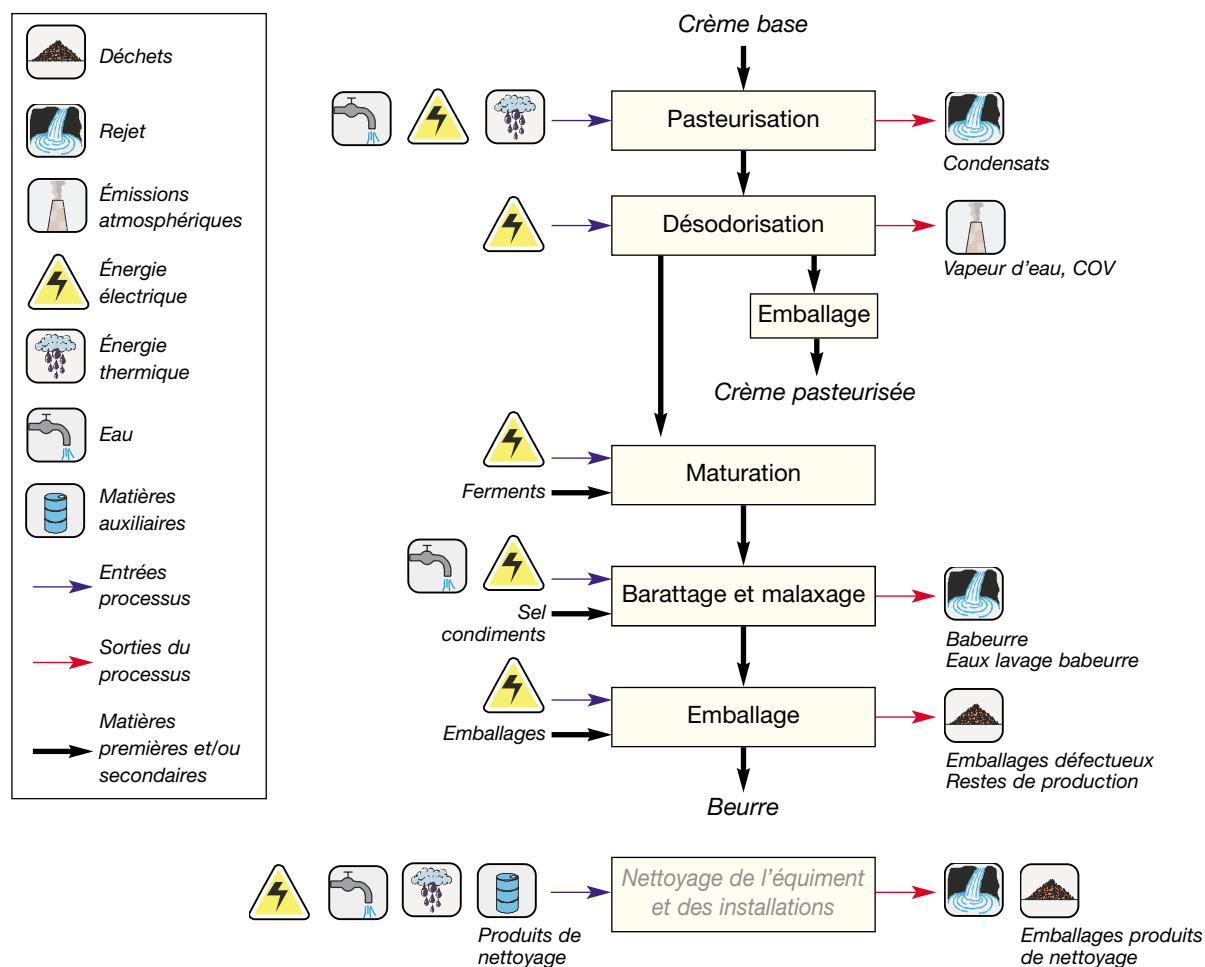


Le principal aspect environnemental susceptible d'être généré par cette opération est lié aux restes de la production et aux emballages défectueux découlant de défauts d'emballage et de la contamination microbologique. Citons également la consommation d'énergie électrique des emballeuses.

### 3.2.3. Aspects environnementaux de l'élaboration de la crème et du beurre

Les principaux effets environnementaux dérivés de la production de crème et de beurre sont présentés ci-dessous.

**Figure 33**  
**ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROCESSUS DE LA CRÈME ET DU BEURRE**



Le tableau ci-dessous résume et évalue les aspects environnementaux susceptibles d'être générés lors du processus d'élaboration de la crème ou du beurre.

**Tableau 5 : Évaluation des aspects environnementaux du processus d'élaboration de la crème et du beurre**

| OPÉRATION BASIQUE  | EFFET  | ORDRE            |
|--|--|------------------|
| Pasteurisation   | Consommation d'énergie thermique                             | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'énergie électrique                            | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'eau   | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Rejet de condensats  | 2 <sup>ème</sup> |
| Désodorisation   | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Génération de vapeur d'eau avec COV                          | 2 <sup>ème</sup> |
| Maturation   | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
| Barattage – Malaxage   | Rejet de babeurre  | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Rejet des eaux de lavage du babeurre                         | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Consommation d'eau   | 2 <sup>ème</sup> |
| Emballage de la crème et du beurre                                   | Déchets d'emballages défectueux                              | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Produits non-conformes                                       | 2 <sup>ème</sup> |
| Nettoyage de l'équipement et des installations (voir section 3.5.1.) | Consommation d'énergie thermique                             | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'eau   | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Rejet eaux résiduaires (volume du rejet et charge polluante) | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation de produits chimiques                           | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Génération de déchets (emballages de produits nettoyants)    | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |

### 3.3. Production de laits fermentés

On obtient les laits fermentés par la multiplication des bactéries lactiques, parfois accompagnées d'autres microorganismes, dans une préparation lactée. L'acide lactique produit coagule ou épaissit le lait, ce qui lui confère une saveur acide plus ou moins prononcée.

Les caractéristiques propres aux différents laits fermentés sont dues à la variation particulière de certains facteurs tels que la composition du lait, la température d'incubation ou la flore lactique et similaire.

La fermentation du lait par les bactéries lactiques a pour résultat la modification des composants normaux du lait : ainsi, le lactose se transforme partiellement en acide lactique ou, dans certains types de lait, en alcool éthylique. Les protides subissent un début de peptonisation qui améliore leur digestibilité, et il arrive que le lait se charge de CO<sub>2</sub> et devienne mousseux.

Le yaourt est le lait fermenté le plus connu ; il sera donc étudié avec une attention toute particulière dans cette section.

Il existe une grande variété de yaourts, classés selon leur consistance (coagulés, liquides, mousses), leur composition (écrémés, demi-écrémés, normaux, enrichis) ou leur saveur (naturels, sucrés, aromatisés, aux fruits, etc).

### **3.3.1. Description générale du processus de production du yaourt**

Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique, produite par l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* dans le lait pasteurisé ou concentré, totalement ou partiellement écrémé avec ou sans addition (crème pasteurisée, lait en poudre, sucre, ...). On utilise également d'autres types de bactéries lactiques, y compris des souches de genre différent, par exemple le *Bifidobacterium*, pour la production des laits fermentés. L'acceptation pour l'inclusion de ces produits sous le terme " yaourt " dépend de la législation de chaque pays.

Le yaourt peut se préparer avec du lait de chèvre, de brebis ou d'ânesse, mais le plus courant est celui au lait de vache.

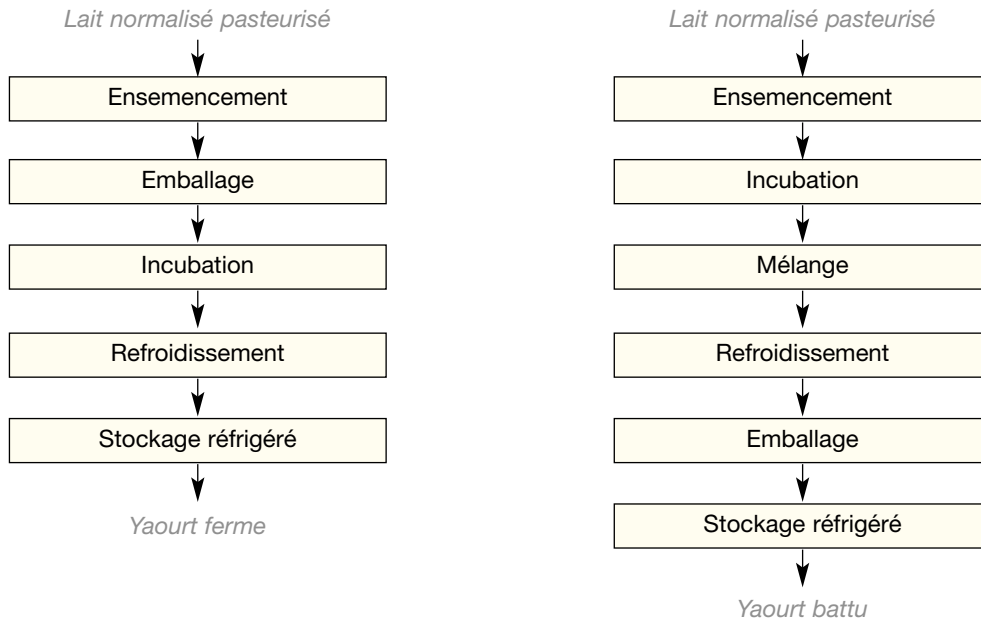
La fabrication du yaourt est basée sur du lait normalisé au niveau de sa teneur en gras et sur du lait pasteurisé, ce qui évite les contaminations microbiennes non-désirées.

On procède en premier lieu à la fermentation du lait via l'inoculation d'une culture bactérienne et une incubation postérieure du lait à température appropriée. En fonction du type de yaourt élaboré, l'incubation peut s'effectuer dans l'emballage final du yaourt ou dans les cuves (l'emballage sera postérieur). La fermentation cesse via la réfrigération.

La consistance du yaourt dépend de la proportion de l'extrait sec maigre (caséine) du lait ; ainsi, dans l'élaboration des yaourts consistants, il faut parfois équilibrer le produit en lui ajoutant du lait en poudre écrémé ou concentré. L'addition de sucre et d'autres compléments (sirop de fruits, confiture, marmelade, pulpe de fruits, etc.) peut s'effectuer directement dans le flux de produit avant l'emballage à l'aide de dosificateurs ou dans la cuve de fermentation ou de stockage.

Voici à présent le diagramme de flux de la fabrication du yaourt :

**Figure 34**  
**DIAGRAMME DE FLUX DU PROCESSUS**  
**D'ÉLABORATION DU YAOURT**



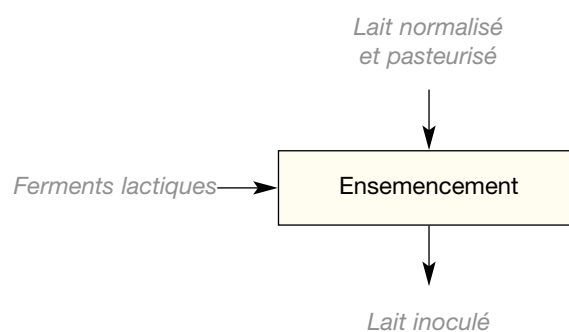
### 3.3.2. Description des opérations du processus de production et considérations environnementales

#### 3.3.2.1. Ensemencement

L'ensemencement consiste à inoculer le ferment dans le lait préalablement chauffé à la température d'incubation adaptée au ferment.

Selon le type de yaourt, l'ensemencement peut s'effectuer en régime continu, en dosant la culture directement dans le flux de lait avant l'emballage, ou de manière discontinue, en l'introduisant dans la cuve d'incubation.

**Figure 35**  
**ENSEMENCEMENT DU LAIT DANS L'ÉLABORATION DU YAOURT**



### 3.3.2.2. Incubation

Après l'ensemencement des ferments, on passe à l'étape d'incubation. Dans cette étape, les microorganismes fermentatifs métabolisent le lactose en produisant de l'acide lactique. Ce phénomène entraîne la réduction du pH et la coagulation de la caséine. Ce processus prend place dans des conditions de température et de temps bien précises (42 ° - 45 °C pendant 2,5-3 heures), variables en fonction du type de ferment utilisé.

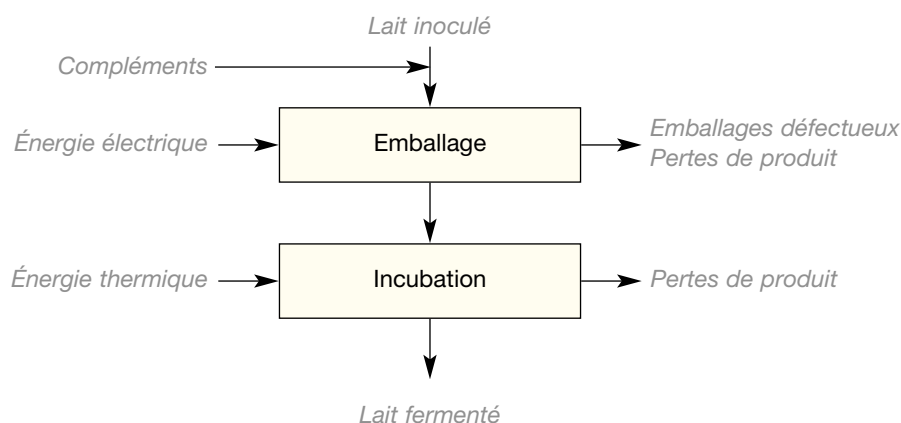
Après la coagulation de la caséine, le processus s'interrompt et entraîne une brusque chute de la température.

La formation du gel de caséine étant particulièrement sensible aux efforts mécaniques, l'incubation doit s'effectuer en période de repos total.

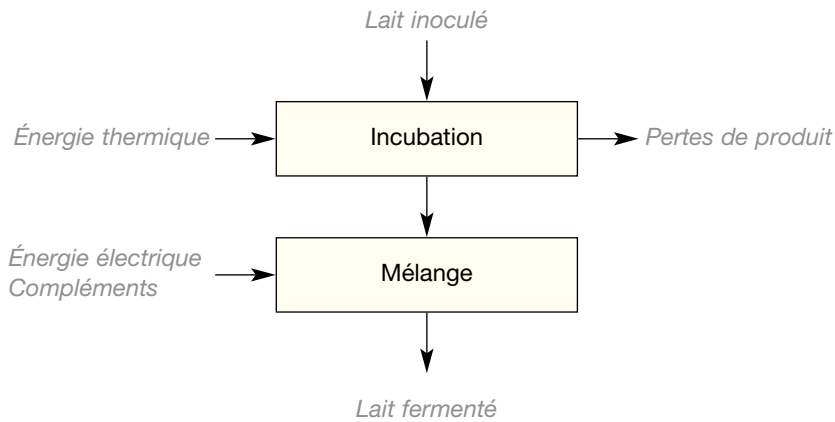
En fonction du produit à élaborer et du type d'installation disponible, l'incubation peut s'effectuer de différentes manières :

- *Fermentation dans les emballages.* Utilisé pour la fabrication du yaourt ferme ; la fermentation s'effectue dans l'emballage-même de commercialisation du produit. L'ensemencement du lait s'effectue en ligne avant l'emballage et la palettisation. Les palettes d'emballages sont introduites dans les chambres d'incubation chauffées par air. Du point de vue énergétique, il s'agit du système le moins efficace.
- *Fermentation discontinue en cuves.* Du point de vue de la production et de l'énergie, il s'agit de la technique la plus efficace. L'incubation s'effectue en cuves de fermentation ; après cette opération, on laisse le yaourt se refroidir et on l'emballage. Ce système est plutôt utilisé pour la fabrication des yaourts battus, même s'il est envisageable pour les yaourts coagulés (en ajoutant des agents stabilisateurs au lait).
- *Fermentation continue.* Ce type de fermentation exige des fermentateurs spéciaux permettant la formation du yaourt par mouvement modéré. La technologie nécessaire est donc moderne et coûteuse ; toutefois, elle présente des avantages évidents du point de vue de la production et de l'énergie.

**Figure 36**  
**FERMENTATION DANS LES EMBALLAGES**



**Figure 37**  
**FERMENTATION DISCONTINUE EN CUVES**



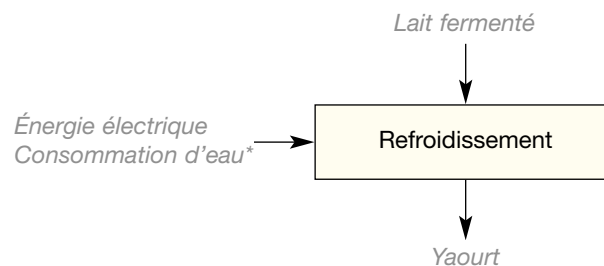
L'incubation exigeant certaines conditions de température (42-45 °C) pendant des périodes de temps oscillant entre 2,5 et 3 heures, on observe dans cette étape une consommation d'énergie qui sert à maintenir les conditions d'incubation.

### 3.3.2.3. Refroidissement

Le refroidissement du yaourt paralyse les réactions fermentatives, ce qui stoppe l'acidification du yaourt. Selon le type de système d'incubation utilisé (voir section précédente), on trouve deux principaux systèmes de refroidissement :

- *Les tunnels de refroidissement par air sec* : si la fermentation s'effectue dans l'emballage-même, les palettes avec les emballages sont introduites dans des tunnels de refroidissement par air sec froid qui font descendre la température du produit à 15 °C.
- *Les échangeurs à plaques* : si le refroidissement se produit après la fermentation et avant l'emballage, il est possible de refroidir rapidement le yaourt incubé à l'aide d'échangeurs à plaques.

**Figure 38**  
**ÉTAPE DE REFROIDISSEMENT**



\* Dans le cas du refroidissement par échangeurs de chaleur.

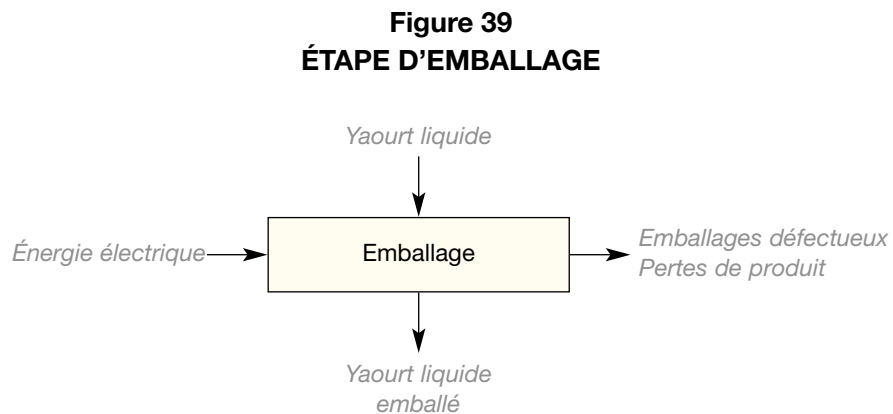


On observe dans cette étape une consommation énergétique importante. L'utilisation d'échangeurs à plaques pour le refroidissement s'avère plus rentable que les tunnels de refroidissement au niveau énergétique.

#### 3.3.2.4. Emballage

Comme nous l'avons vu précédemment, on peut procéder à l'emballage avant ou après l'incubation.

Pour l'emballage du yaourt, on utilise presque toujours des emballages en polystyrène avec des opercules laminés en aluminium recouverts de polyéthylène scellable à chaud. On utilise également d'autres types d'emballage, par exemple les pots en verre.

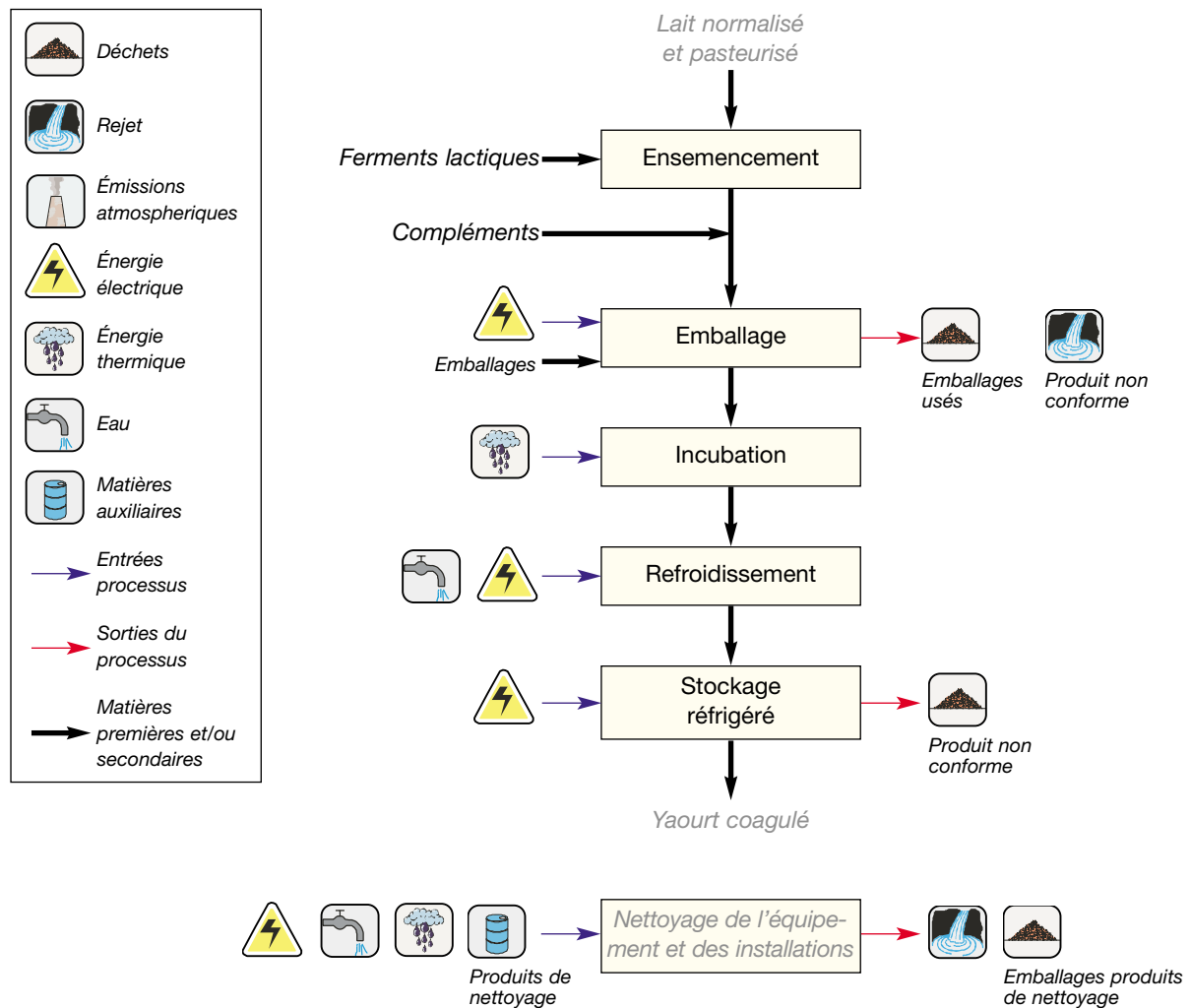


La génération de déchets d'emballage est généralement le principal aspect environnemental de cette étape. On observe parfois également des pertes de produit, qui sont éliminées avec les eaux résiduaires lors des opérations de nettoyage.

### 3.3.3. Aspects environnementaux générés par l'élaboration du yaourt

Les principaux effets sur l'environnement dérivés de la production du yaourt sont indiqués ci-dessous.

**Figure 40**  
**ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROCESSUS**  
**D'ÉLABORATION DU YAOURT**



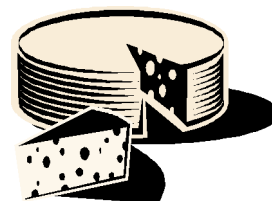
Le tableau ci-dessous résume et évalue les aspects environnementaux susceptibles d'être générés lors du processus d'élaboration du yaourt.

**Tableau 6 : Évaluation des aspects environnementaux du processus d'élaboration du yaourt**

| OPÉRATION BASIQUE                              | EFFET  | ORDRE            |
|--|--|------------------|
| Emballage                                      | Déchets d'emballage  | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Écoulements de produit non-conforme                          | 2 <sup>ème</sup> |
| Incubation                                     | Consommation d'énergie thermique                             | 2 <sup>ème</sup> |
| Refroidissement                                | Consommation d'énergie électrique                            | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'eau de refroidissement                        | 2 <sup>ème</sup> |
| Stockage réfrigéré                             | Écoulement de produit non-conforme                           | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |
| Nettoyage de l'équipement et des installations | Consommation d'énergie thermique                             | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation d'eau   | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Rejet eaux résiduaires (volume du rejet et charge polluante) | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Consommation de produits chimiques                           | 1 <sup>er</sup>  |
|  | Génération de déchets (emballages de produits nettoyants)    | 2 <sup>ème</sup> |
|  | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup> |

### 3.4. Production de fromage

L'élaboration du fromage est l'une des plus anciennes formes de traitement du lait ; il est produit de manière traditionnelle dans chaque famille, village ou région.



Le fromage est un produit élaboré avec du lait entier, de la crème, du lait écrémé, du babeurre ou avec des mélanges de ces produits. De manière générale, il est produit par coagulation des protéines de lait, à partir de ferments lactiques et/ou de présure. Ce processus peut être favorisé via l'ajout d'enzymes, en procédant à une acidification et/ou à un réchauffement. Le produit est ensuite moulé, salé et pressé ; pour certains types de fromage, on effectue un ensemencement à l'aide de cultures fongiques ou bactériennes. Dans certains cas, on ajoute également des colorants, des épices ou d'autres aliments non lactés. Le fromage se consomme frais ou à divers stades de maturation.

Il existe plus de 2 000 sortes de fromage dans le monde : leurs caractéristiques sont très diverses et exigent au niveau de l'élaboration une série de procédés plus ou moins différenciés.

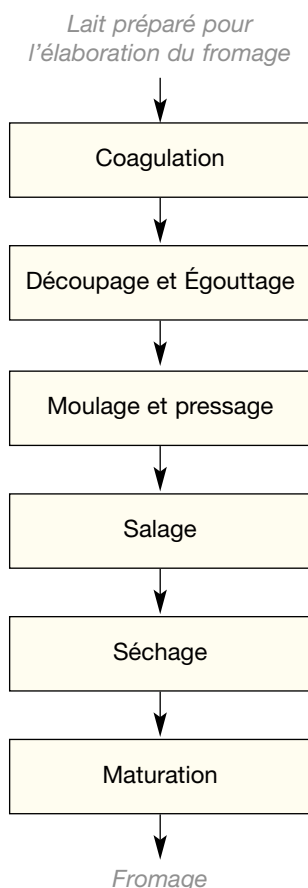
On peut les classer en fonction de plusieurs critères :

- En fonction de l'origine du lait qui a servi à leur élaboration (lait de vache, de chèvre, de brebis).
- En fonction des caractéristiques du produit final (fromage salé, fromages fondus, etc.)
- En fonction du processus de maturation (fromages secs, frais).

### 3.4.1. Description générale du processus de production du fromage

Avant le démarrage des opérations de fabrication du fromage, le lait doit être traité et préparé pour adapter ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques (filtrage, clarification, normalisation) au produit final que l'on souhaite obtenir (voir section 3.1.2.4., production du lait). Une fois l'étape de coagulation prête à être lancée, le lait est porté à la température adéquate, puis on lui ajoute les ferments et/ou les enzymes responsables de la formation du gel ou caillot. La coagulation terminée, on découpe le caillé en petits cubes pour faciliter l'égouttage. Après la séparation du petit-lait, on introduit le caillé dans les moules, et, dans certains cas, on le presse. Une fois la forme du fromage stabilisée, on le sale et on procède à la maturation. Dans le cas de certains fromages, le processus s'achève par l'égouttage et l'emballage, sans mise en place de l'étape de maturation (fromages frais).

**Figure 41**  
**PROCESSUS D'ÉLABORATION DU FROMAGE**



### 3.4.2. Description des opérations du processus de production et considérations environnementales

#### 3.4.2.1. Coagulation

L'opération de coagulation consiste à provoquer l'altération de la caséine et sa précipitation, ce qui produit une masse gélatineuse englobant tous les composants du lait. La nature du gel formé au moment de la coagulation de la caséine a une puissante influence sur les pro-

cessus postérieurs de fabrication du fromage (égouttage, développement de la maturation, formation d'“ yeux ”).

La coagulation s'effectue dans les cuves où se forme le caillé ; ces cuves ne doivent pas être déplacées ou recevoir de coups pendant la période de coagulation sous peine d'altérer les processus de coagulation et donc de perdre la caséine en même temps que le déchet liquide.

Voici les trois formes de réalisation de la coagulation :

- Coagulation acide
- Coagulation enzymatique
- Coagulation mixte

La *coagulation acide* se produit via des acides, généralement par l'action de bactéries lactiques qui entraînent la transformation du lactose en acide lactique. La formation d'acide lactique réduit le pH du lait et provoque l'altération du complexe caséine-calcium, ce qui libère progressivement le calcium du même complexe. Lorsque le pH atteint une valeur de 4,6, on observe une précipitation de la caséine, qui flotte dans la phase liquide (lactosérum) qui contient également le calcium de la caséine à l'état dissous. Le gel issu de ce processus est formé de chaînes protéiques plus ou moins polymérisées formant un réseau ni rigide ni compact.

La *coagulation enzymatique*, le système de coagulation le plus utilisé pour l'élaboration du fromage, se produit via l'addition d'enzymes de type protéinase. La présure issue des estomacs secs des veaux en période de lactation contient ces enzymes, c'est pourquoi on l'utilise traditionnellement dans la production de fromage.

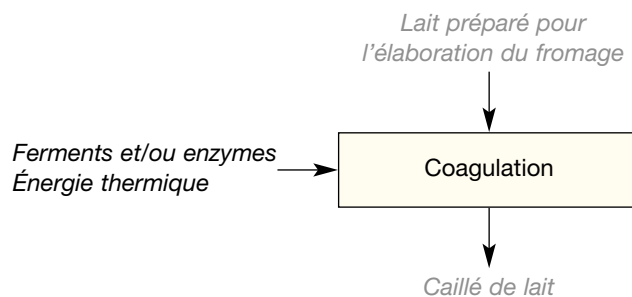
La coagulation enzymatique transforme le complexe caséine-calcium qui était à l'état de dissolution colloïdale dans un réseau de paracaséine de calcium, formant le gel ou caillot, qui englobe le reste des composants du fromage. La charge minérale des micelles du caillot ainsi formé lui confère rigidité et compacité. Ainsi, une bonne partie de la phase liquide (lactosérum) est retenue à l'intérieur de cette structure.

La quantité d'enzyme coagulant à ajouter au lait dépend de la valeur du pH de ce dernier, de la capacité de coagulation de l'enzyme et de la concentration et des caractéristiques du lait à coaguler. Un autre facteur important de la coagulation est la température d'addition de la présure ou des enzymes coagulants.

La durée de la coagulation et du caillage dépend de la température d'addition de la présure ; la température a également une influence sur la capacité de liaison de l'eau, la rétraction du caillot et l'acidification. On travaille généralement à des températures comprises entre 28 et 34 °C, excepté dans le cas des fromages n'exigeant pas de maturation, produits à température plus basse.

Enfin, la *coagulation mixte*, résultat de l'action conjointe de la présure et de l'acidification lactique. Il est possible d'obtenir un gel mixte en ajoutant de la présure à un lait acide ou en acidifiant un gel enzymatique.

**Figure 42**  
**ÉTAPE DE COAGULATION DU LAIT DANS L'ÉLABORATION DU FROMAGE**



Il peut se produire au cours de cette étape des pertes ou des écoulements de lait dus à la manipulation de ce dernier.

La consommation d'énergie thermique dans cette étape est due aux conditions de température, parfois nécessaires à la formation du caillé.

#### **3.4.2.2. Découpage et égouttage**

Quelle que soit la méthode de coagulation utilisée, le gel qui en découle présente un état physique instable. En fonction des conditions de la phase liquide ou du lactosérum qui l'imprègne, il se sépare plus ou moins rapidement. Ce phénomène est connu sous le nom d'égouttage.

L'égouttage d'un caillé obtenu par coagulation acide est difficile et produit un caillé très humide et peu égoutté. Ceci est dû à la dispersion des agrégats de caséine, à la faible contraction du caillot et à l'absence de charge minérale de la caséine qui forme une masse plastique enfermant le lactosérum. On peut considérer l'égouttage comme un tamisage au travers de la masse du caillot.

Le caillot obtenu par voie enzymatique ne s'égoutte pas au repos, il est nécessaire d'effectuer des actions mécaniques pour obtenir la sortie du lactosérum. Pour faciliter l'égouttage, on découpe le caillé, ce qui permet de multiplier la surface d'exsudation.

Les conditions de tranchage du gel ayant une influence sur le produit final obtenu, ce tranchage sera plus ou moins intense en fonction du type de fromage.

Il existe deux principales méthodes d'égouttage. Dans l'égouttage en cuve, le caillot est divisé en cubes, qui baignent dans le lactosérum qu'ils exhudent. Dans l'égouttage en moule, le caillot plus ou moins divisé est maintenu en une masse ; on sépare alors le lactosérum de la masse au fur et à mesure de sa formation. Pour certains types de caillots très acidifiés et déminéralisés, la séparation du lactosérum s'effectue par centrifugation.

La séparation du lactosérum des caillés laissés au repos est faible et lente, et la majeure partie des fromages produits ne présente pas la composition finale désirée.

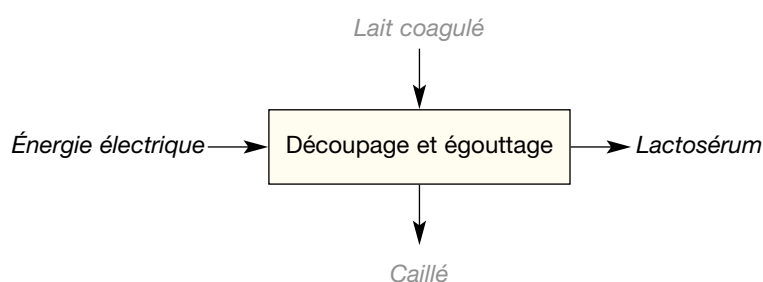
En conséquence, on effectue d'autres opérations qui facilitent l'égouttage du caillé. Il existe deux types de traitements : les traitements thermiques et les traitements mécaniques.

On souhaite pour certains fromages obtenir un extrait sec très élevé ; on utilise donc les traitements thermiques qui, via l'élévation de la température, entraînent l'augmentation du degré d'égouttage du fromage.

Les traitements mécaniques appliqués au caillé peuvent être le découpage, l'agitation, le moulage, le pressage... (utilisation d'un seul traitement ou de plusieurs en fonction du type de fromage).

L'agitation consiste à agiter dans le lactosérum les morceaux de caillé obtenus via le découpage pour éviter la tendance à la sédimentation du caillé divisé.

**Figure 43**  
**DÉCOUPAGE ET ÉGOUTTAGE**



Le principal aspect environnemental généré par l'élaboration du fromage est la production de lactosérum. On obtient un type de lactosérum différent selon le type de coagulation utilisé :

- Petit-lait doux. Il est généré lors de la coagulation enzymatique du lait. Il contient généralement entre 0,6 – 0,9 % de protéine soluble, environ 0,3 % de gras et une grande quantité de lactose (plus de 5 %). Dans ce type de petit-lait, la présence d'acide lactique est pratiquement inappréciable.
- Petit-lait acide. Il est généré lorsqu'on effectue une coagulation acide pour coaguler le lait. Si ce type de lactosérum contient approximativement la même proportion de protéine soluble que le lactosérum doux, sa proportion de gras est moindre et il renferme un peu moins de lactose (4,5 %) ; cependant, l'acide lactique représente jusqu'à 0,8 % de sa composition.

On parlera de lactosérum pour le petit-lait issu du processus d'élaboration du fromage, indépendamment du type de coagulation employé.

La teneur en lactose et en protéine du lactosérum entraîne une augmentation particulièrement élevée du degré de pollution des eaux résiduaires (qui peuvent dépasser les 60 000 mg DCO / l de lactosérum) ; il faut par conséquent éviter le rejet du lactosérum avec le reste des eaux résiduaires.

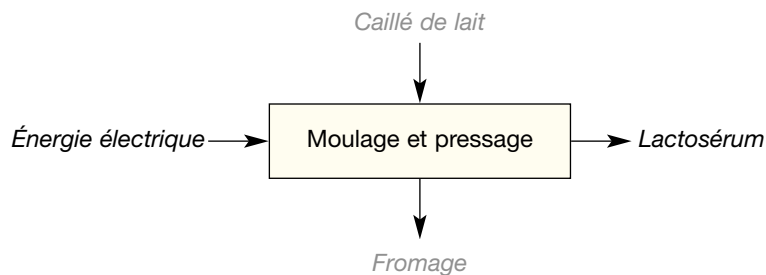
La consommation d'énergie électrique aura lieu en fonction du degré d'automatisation du processus et de l'utilisation de moyens mécaniques pour séparer le lactosérum.

### 3.4.2.3. Moulage et pressage

Le moulage consiste à verser dans des moules prévus à cet effet les morceaux de caillé. Si ces moules sont généralement en plastique (PVC), des moules en métal ou en bois sont parfois utilisés. Les moules doivent conférer au fromage fini les mesures et le poids établis au départ.

On applique le pressage pour favoriser l'expulsion du petit-lait intergranulaire du caillé et donner au fromage sa forme définitive. Le pressage confère une majeure consistance au produit final. L'intensité de la pression exercée varie en fonction du type de fromage. Le pressage des fromages s'effectue soit via la pression exercée par le poids-même des fromages, soit via une force additionnelle.

**Figure 44**  
**MOULAGE ET PRESSAGE DES FROMAGES SECS**



Tout comme dans l'étape précédente, la consommation d'énergie électrique dépend du degré d'automatisation du processus.

On observe également lors du pressage la sortie du lactosérum de la masse du fromage, bien que la quantité de liquide générée dans cette étape soit moindre que dans l'égouttage.

### 3.4.2.4. Salage

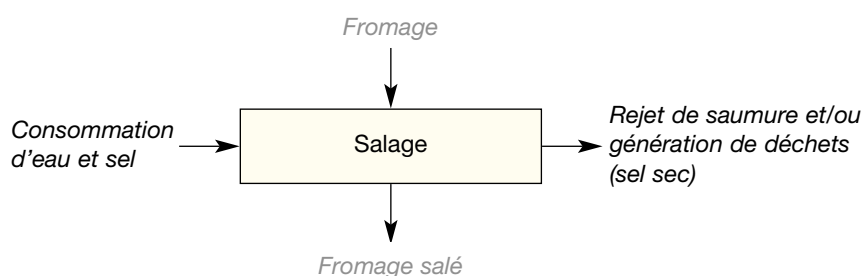
Chaque variété de fromage présente une teneur en sel commun bien déterminée. La norme générale est que plus la proportion d'extrait sec est faible, plus la teneur en sel l'est également.

Le salage est l'un des facteurs qui a le plus d'influence lorsqu'il s'agit de donner une saveur bien déterminée au fromage. Il intervient en outre dans la régulation du contenu en petit-lait et de l'acidité. Le sel permet d'éponger la pâte du fromage, il garantit sa conservation (en association avec le pH), inhibe la germination des microorganismes responsables de son gonflement et stimule le développement de sa flore de maturation. La teneur en sel a également une influence sur la consistance du fromage : plus la teneur en sel est élevée, plus la consistance est importante.

On peut effectuer cette opération sur le lait (dans la cuve) ou sur le fromage, à l'aide de saumures (à 16 – 22 % de sel) ou de sel sec. Le temps, la quantité ou la concentration de sel dépendent du type de fromage et de la méthode de salage.



**Figure 45**  
**SALAGE DES FROMAGES**



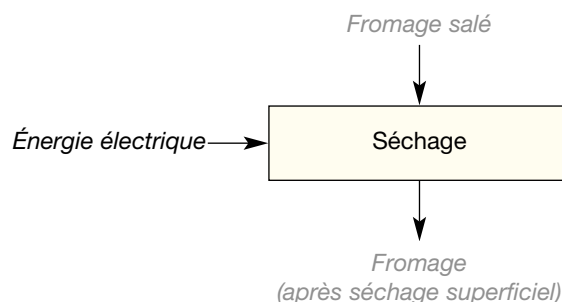
On observe dans l'étape du salage une consommation d'eau destinée à la formation de la saumure ainsi que le rejet ponctuel des deux liquides une fois épuisés. La mise en place de cette opération via l'application de sel sec à la surface du fromage entraîne la production de restes de sel qui sont éliminés en même temps que les eaux de nettoyage ; ceci produit un rejet à haute conductivité (similaire au rejet de saumure) ou un déchet si le sel est éliminé à sec.

#### 3.4.2.5. Séchage

Une fois l'opération de salage terminée, le fromage est éventuellement exposé à un courant d'air afin de sécher sa surface. Le séchage superficiel revêt une importance toute particulière dans le cas de fromages enrobés ou recouverts de cire pour la mise en maturation.

Cette opération s'effectue dans des salles ou des chambres de séchage spécialement conditionnées. On fait circuler un courant d'air dans des conditions de température et d'humidité contrôlées afin de provoquer le séchage superficiel du fromage.

**Figure 46**  
**ÉTAPE DE SÉCHAGE DU FROMAGE**



On observe dans cette étape une consommation d'énergie électrique dérivée de la génération d'un courant d'air à température et humidité déterminées.

### 3.4.2.6. Maturation

Une fois salés et séchés, les fromages sont placés dans les salles ou chambres de maturation, où l'on contrôle la température et l'humidité.

La maturation du fromage implique des processus physiques, microbiologiques et enzymatiques qui donnent lieu à un produit fini doté de caractéristiques bien précises d'arôme, de saveur et de texture.

#### *Transformations organoleptiques*

Voici les processus les plus évidents qui ont lieu couramment :

- Formation d'une croûte plus ou moins dure qui, selon le fromage concerné, sera sèche ou recouverte d'une couche de ferments ou de moisissure (aspect externe).
- Formation d'une pâte homogène et douce ; sa couleur peut aller du blanc au jaune (aspect interne).
- Formation de trous ou " yeux ", de fissures ou de fentes.

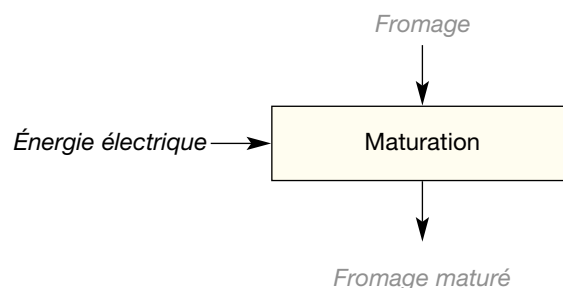
#### *Transformations chimiques*

La caséine subit un dédoublement hydrolytique (décomposition par addition d'eau) qui prend place de manière échelonnée ou en parallèle et atteint même parfois ses composants élémentaires, les aminoacides. Les graisses subissent également des transformations chimiques, avec un dédoublement à l'origine de la production des substances aromatiques qui caractérisent le fromage fini.

#### *Transformations microbiologiques*

Une des conditions indispensables au développement optimal de la maturation est la formation d'une flore spécifique de maturation. Ceci se caractérise essentiellement par une flore superficielle ainsi que par la formation de trous dans la pâte du fromage.

**Figure 47**  
**MATURATION DES FROMAGES MATURÉS**

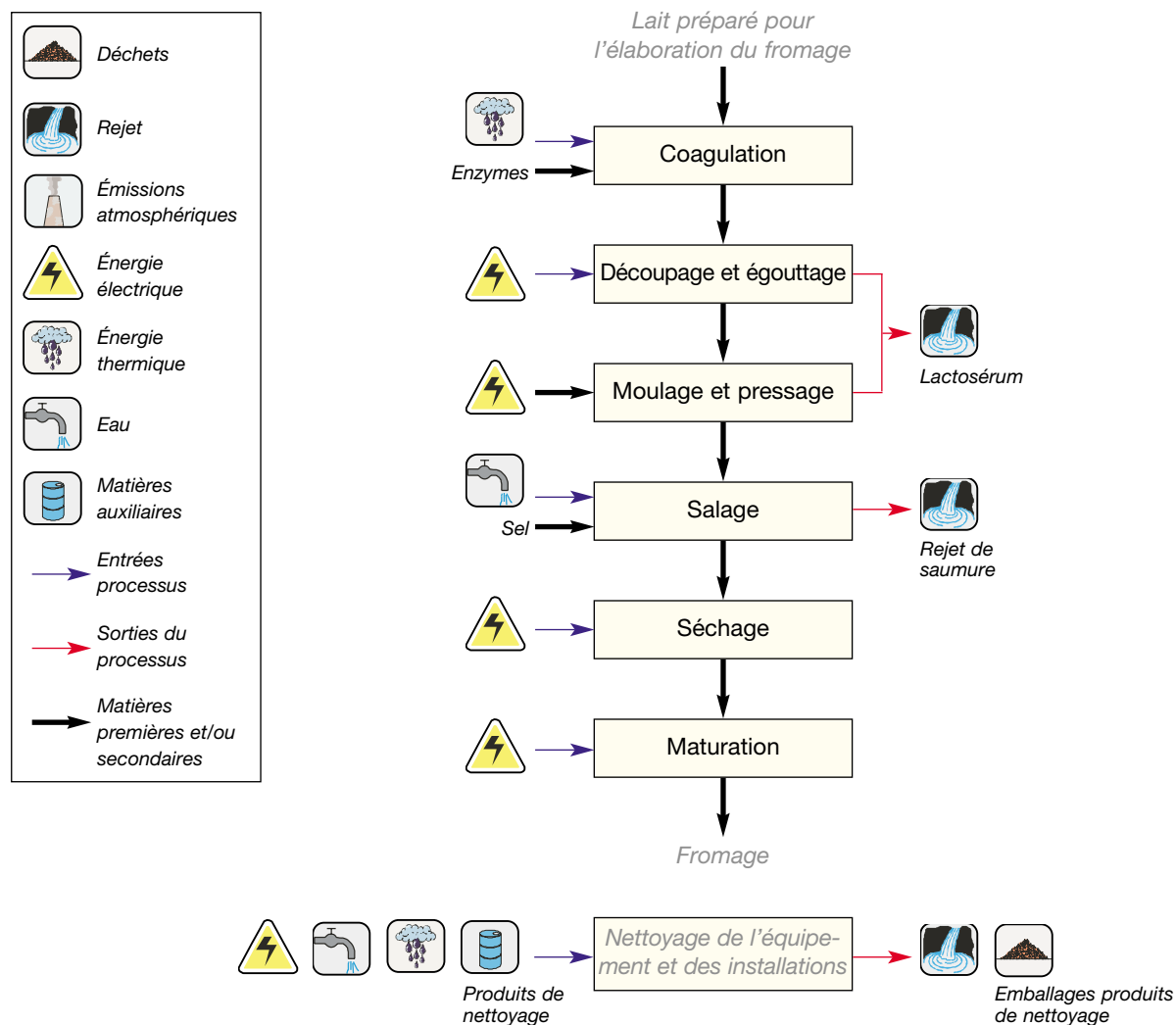


Tout comme dans l'étape précédente, il y a production d'une consommation d'énergie électrique pendant la maturation des fromages secs : ceci est dû au séjour du fromage dans les chambres de maturation à température et humidité contrôlées.

### 3.4.3. Aspects environnementaux générés par l'élaboration du fromage

Les principaux effets sur l'environnement dérivés de la production du fromage sont indiqués ci-dessous.

**Figure 48**  
**ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROCESSUS D'ÉLABORATION DU FROMAGE**



Le tableau ci-dessous présente un résumé et une évaluation des aspects environnementaux susceptibles d'être générés lors du processus d'élaboration du fromage.

**Tableau 7 : Évaluation des aspects environnementaux du processus d'élaboration du fromage**

| OPÉRATION BASIQUE      | EFFET  | ORDRE                               |
|------------------------|--|-------------------------------------|
| Coagulation            | Consommation d'énergie thermique                             | 2 <sup>ème</sup>                    |
| Découpage et égouttage | Rejet de lactosérum<br>Consommation d'énergie électrique     | 1 <sup>er</sup><br>2 <sup>ème</sup> |
| Moulage et pressage    | Rejet de lactosérum<br>Consommation d'énergie électrique     | 1 <sup>er</sup><br>2 <sup>ème</sup> |
| Salage                 | Consommation d'eau<br>Rejets de saumure                      | 1 <sup>er</sup><br>1 <sup>er</sup>  |
| Séchage                | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup>                    |
| Maturation             | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup>                    |
| Nettoyage              | Consommation d'énergie thermique                             | 1 <sup>er</sup>                     |
|                        | Consommation d'eau   | 1 <sup>er</sup>                     |
|                        | Rejet eaux résiduaires (volume du rejet et charge polluante) | 1 <sup>er</sup>                     |
|                        | Consommation de produits chimiques                           | 1 <sup>er</sup>                     |
|                        | Génération de déchets (emballages de produits nettoyants)    | 2 <sup>ème</sup>                    |
|                        | Consommation d'énergie électrique                            | 2 <sup>ème</sup>                    |

### 3.5. Opérations auxiliaires de l'industrie laitière

Cette section décrit les opérations auxiliaires communes à tous les processus de l'industrie laitière. Les aspects environnementaux associés à ces opérations sont évalués en fin de section.

#### 3.5.1. Opérations de nettoyage et de désinfection

En raison des caractéristiques de la matière première utilisée et des produits fabriqués, les conditions d'hygiène de l'équipement et des installations des entreprises laitières doivent garantir la qualité des produits élaborés.

Le maintien des conditions d'hygiène de l'entreprise laitière exige la mise en place d'opérations de nettoyage et de désinfection permanentes, ce qui peut se traduire par un quart de la durée totale du travail. Ce sont ces opérations qui entraînent la plus grande partie de la consommation d'eau, d'énergie et de produits chimiques de l'installation, ainsi qu'un volume considérable d'eaux résiduaires.

On entend par nettoyage l'élimination totale de tous les restes de lait ou de ses composants, ainsi que des autres impuretés visibles. On prétend avec la désinfection éliminer tous les microorganismes pathogènes et la majorité des microorganismes non-pathogènes susceptibles d'affecter la qualité du produit.

Le nettoyage et la désinfection sont deux opérations généralement mises en place successivement : tout d'abord, le nettoyage, puis la désinfection, en utilisant des détergents et des désinfectants sé-

parément. Cependant, il est également possible de procéder à ces deux opérations de façon conjointe, à l'aide de produits à action combinée.

Dans tous les cas, la mise en place des opérations de nettoyage et de désinfection exige :

- De l'eau, qui a plusieurs fonctions, notamment : le ramollissement et/ou la dissolution de la saleté qui adhère aux surfaces, la formation de solutions détergentes et l'élimination des restes de solutions nettoyantes.
- De l'énergie : thermique, afin d'atteindre la température optimale du processus, et électrique, pour faire circuler les solutions nettoyantes dans l'équipement et les conduites (Systèmes CIP).
- Des produits chimiques (détergents, désinfectants).
- Du personnel pour effectuer les opérations de nettoyage.

Les **voies de nettoyage** peuvent être classées en voies mécaniques ou en voies physiques (pression, température, brosses, éponges et balais) et en voies chimiques (produits acides et basiques). On les utilise généralement de manière conjointe pour le nettoyage de l'équipement et des installations.

On utilise les voies physiques pour décoller la saleté de façon mécanique. L'utilisation de brosses, d'éponges, etc. sous-entend une méthode économique, mais l'inconvénient de cette dernière est que le nettoyage doit être effectué de façon adéquate pour ne pas devenir source de pollution. L'utilisation d'eau sous pression présente certains avantages que n'ont pas les systèmes sans pression : l'énergie de l'impact augmentant, la puissance d'extraction des solides est plus importante et la consommation d'eau est moindre.

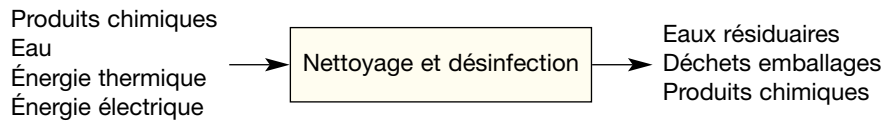
Les méthodes chimiques sont basées sur l'utilisation de produits chimiques qui, dans la majorité des cas, sont appliqués sous forme de dissolutions aqueuses de caractère acide ou basique. Les détergents alcalins provoquent l'émulsion des graisses, qu'il est alors facile d'extraire ; les produits acides dissolvent et éliminent quant à eux les incrustations formées par accumulation des sels du lait et de l'eau.

Tout comme dans le cas du nettoyage, les **voies de désinfection** peuvent être physiques (la température) ou chimiques (produits désinfectants). La voie de température consiste à appliquer de la chaleur, via de l'eau chaude, de la vapeur ou de l'air chaud, sur les surfaces que l'on souhaite désinfecter. Le composé germicide de la majeure partie des désinfectants chimiques est constitué de substances alcalines, de chlore et d'oxygène. Les produits désinfectants contiennent de plus d'autres substances telles que des acides ou des bases, des inhibiteurs de corrosion et des formateurs de complexes pour améliorer leur application industrielle.

En fonction du type d'impureté présent dans l'équipement, à la surface ou dans l'installation, on applique le protocole de nettoyage et de désinfection correspondant. Dans l'industrie laitière, les impuretés sont surtout issues des composants du lait ; elles consistent la plupart du temps en graisses et en protéines qui se déposent dans les conduits et l'équipement.

Il est à noter que l'efficacité des nettoyages dépend de multiples facteurs, notamment de la formation du personnel, de l'existence de procédés et indications écrits, de l'équipement disponible, des produits chimiques utilisés, de la conception des installations, etc.

**Figure 49**  
**NETTOYAGE ET DÉSINFECTION**



La conséquence des opérations de nettoyage est un rejet des eaux de nettoyage et des produits chimiques utilisés, mais également la présence d'une charge organique due à l'extraction ou à la dissolution des restes de production.

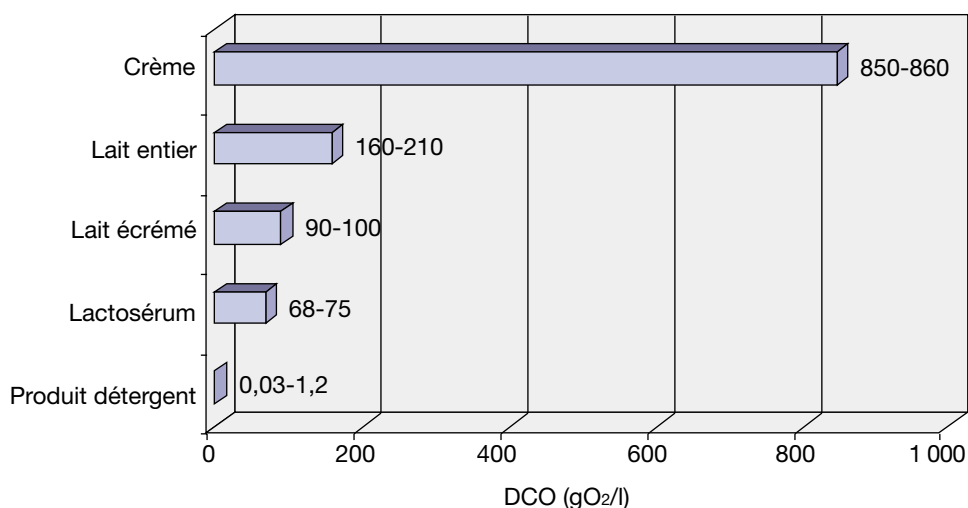
Des particules de sable et de poussière peuvent également apparaître lors du nettoyage des installations : ces particules arrivent dans l'industrie par différentes voies, la plus courante étant via l'élimination des restes de composants organiques du lait (graisse, protéines, sels minéraux).

En général, l'utilisation de systèmes de nettoyage basés sur les voies physiques entraîne des économies au niveau de la consommation d'eau ainsi qu'une génération de rejets moindre. Au contraire, l'utilisation de produits de nettoyage, appliqués dans la majorité des cas comme solutions aqueuses, entraîne un volume plus important d'eaux à épurer.

Comme on l'a vu, les eaux résiduaires des industries laitières atteignent des valeurs de DCO très élevées, ce qui est principalement dû à l'apport de composants du lait ; en effet, l'apport des détergents des opérations de nettoyage est faible comparé à celui entraîné par les impuretés.

L'oscillation de la contribution de la charge organique des divers détergents est généralement importante (entre 30 – 1 200 mg O<sub>2</sub>/litre) car la composition chimique des produits n'est pas la même. Ainsi, certains produits alcalins sans tensioactifs se situent dans la marge inférieure des valeurs indiquées et certains produits tensioactifs détergents moussants se situent dans la marge supérieure. (F. Arnau, 1995).

**Figure 50**  
**DCO DE DIFFÉRENTS PRODUITS LAITIERS ET DÉTERGENTS (F. Arnau, 1995)**



Un autre aspect important de l'utilisation des produits détergents est leur teneur en phosphates et/ou en nitrates, qui contribue largement aux processus d'eutrophisation des eaux. Les détergents traditionnels de base acide phosphorique employés dans les opérations de nettoyage renferment de 10 à 20 % de phosphore, et on doit donc tenir compte de leur contribution aux eaux résiduaires.

### 3.5.2. Génération de vapeur

Les besoins en chaleur des entreprises laitières sont couverts la plupart du temps par l'utilisation de vapeur d'eau ou d'eau chaude en fonction des exigences de l'opération et du processus.

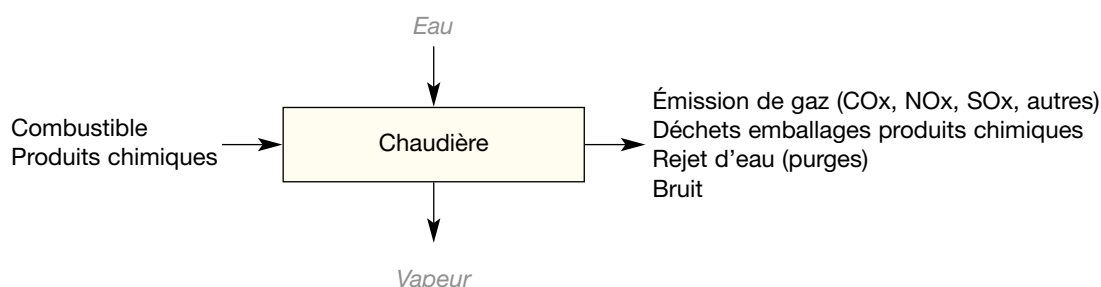
La vapeur se forme dans des chaudières à vapeur, et elle est ensuite distribuée via des conduits dans divers points d'utilisation de l'entreprise.

Ce système exige une installation complémentaire de conduites ; celles-ci doivent être équipées d'un isolement thermique approprié sous peine de provoquer des pertes de chaleur importantes.

L'eau utilisée pour l'alimentation des chaudières n'exige pas de conditions hygiéniques particulières. Cependant, une teneur en carbonates et en sulfates basse est nécessaire afin d'empêcher la formation d'incrustations de sels dans les chaudières et conduites de distribution, facteur qui complique l'échange de chaleur ; pour cette raison, on utilise fréquemment des produits chimiques pour éviter les incrustations et les dépôts de sels.

Les condensats produits dans le système de distribution par la condensation de la vapeur peuvent être réutilisés comme alimentation des chaudières ou comme eau chaude dans le processus, ce qui entraîne des économies au niveau de la consommation d'eau.

**Figure 51**  
**GÉNÉRATION DE VAPEUR**



Les processus de combustion sont associés à l'émission de gaz dans l'atmosphère ; la composition et la quantité de ces gaz varient principalement en fonction du type de combustible employé et des conditions de fonctionnement de la chaudière. La combustion de fuel-oil (combustible le plus utilisé dans l'industrie laitière) entraîne l'émission de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) principalement. Selon le fonctionnement de la chaudière, des imbrûlés peuvent être produits, ce qui donne lieu à l'émission de particules solides.

La consommation d'eau peut être optimisée en évitant les fuites éventuelles de l'équipement et des conduites et en réutilisant les condensats générés dans le système d'alimentation de la chaudière.

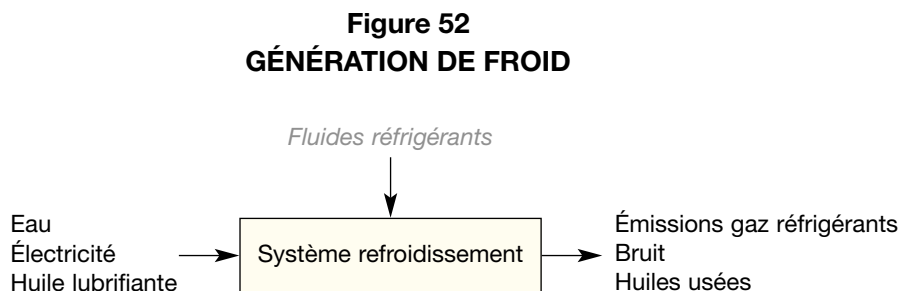
La génération des déchets d'emballage de produits chimiques est significative car ces emballages sont des déchets dangereux devant être gérés de manière appropriée.

### 3.5.3. Génération de froid

Voici les deux principaux objectifs de la production de froid dans les entreprises laitières : refroidissement des locaux ou des chambres ou refroidissement des liquides.

Les équipements frigorifiques les plus présents dans l'industrie laitière sont les machines frigorifiques à compression, qui emploient l'ammoniaque comme agent refroidissant ou des substances telles que les composés à base de chlorofluorocarbones (CFC).

Cet agent refroidissant peut être utilisé directement pour refroidir les chambres ou les produits ou employé pour refroidir un second fluide refroidissant (généralement de la saumure ou de l'eau glycolée) qui sera celui qui réalisera le refroidissement (système de refroidissement indirect).



Les principaux aspects environnementaux générés par l'opération de génération de froid sont la consommation d'énergie électrique et d'eau.

D'autre part, il y a possibilité de production d'émission de gaz refroidissants due à des fuites des circuits frigorifiques.

Si vous utilisez des CFC (interdits dans de nombreux pays), nous vous recommandons de les remplacer par d'autres fluides refroidissants étant donné leur contribution à la destruction de la couche d'ozone.

### 3.5.4. Alimentation en eau

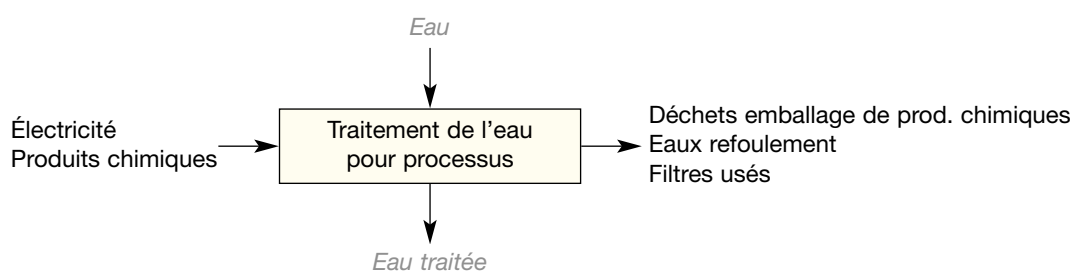
La qualité de l'eau utilisée dans l'entreprise laitière doit être similaire à celle de l'eau à usage domestique, particulièrement en cas de contact direct avec le produit, ce qui est le cas de l'eau employée dans le traitement thermique du lait, dans le lavage du babeurre du beurre ou dans les saumures de salage du fromage.



Si les conditions de qualité de l'eau d'entrée dans l'entreprise laitière ne sont pas appropriées, un traitement d'élimination des causes possibles de la contamination du produit final est indispensable.

Ces traitements peuvent prendre la forme d'une élimination des solides en suspension, des substances dissoutes ou des microorganismes.

**Figure 53**  
**TRAITEMENT DE L'EAU**



La consommation d'énergie électrique est le principal aspect généré par cette opération. L'énergie électrique est utilisée aussi bien pour le pompage de l'eau que pour le traitement lui-même.

En fonction du type de traitement, on observe la génération plus ou moins forte d'eaux de rejet à haute conductivité et/ou pH extrêmes.

D'autres aspects sont la consommation de produits chimiques, par exemple en cas de chlorage de l'eau, et la génération de déchets d'emballage de ces produits.

### **3.5.5. Aspects environnementaux générés par les opérations auxiliaires de l'industrie laitière**

Le tableau ci-dessous résume et évalue les aspects environnementaux susceptibles d'être générés lors des opérations auxiliaires de l'industrie laitière.

**Tableau 8 : Évaluation des aspects environnementaux des opérations auxiliaires de l'industrie laitière**

| OPÉRATION BASIQUE         | EFFET   | ORDRE            |
|---------------------------|---|------------------|
| Nettoyage et désinfection | Voir tableaux d'évaluation des aspects des divers processus de production |                  |
| Génération de vapeur      | Émissions de gaz et de particules   | 1 <sup>er</sup>  |
|                           | Consommation de combustibles  | 1 <sup>er</sup>  |
|                           | Rejet d'eaux à haute conductivité (purges)                                | 2 <sup>ème</sup> |
|                           | Consommation de produits chimiques (additifs)                             | NS               |
|                           | Déchets d'emballage de produits chimiques                                 | NS               |
| Génération de froid       | Émissions de gaz refroidissants (CFC et ammoniaque)                       | 1 <sup>er</sup>  |
|                           | Consommation d'énergie électrique   | 1 <sup>er</sup>  |
|                           | Bruit   | 2 <sup>ème</sup> |
|                           | Produits d'entretien des équipements                                      | NS               |
|                           | Déchets d'emballage des produits chimiques                                | NS               |
| Alimentation en eau*      | Consommation d'énergie électrique   | 2 <sup>ème</sup> |
|                           | Rejets de refoulement du traitement                                       | 2 <sup>ème</sup> |
|                           | Consommation de produits chimiques et de filtres                          | 2 <sup>ème</sup> |
|                           | Déchets d'emballage   | NS               |

\* L'évaluation de cette opération dépend en grande mesure des caractéristiques de l'eau d'entrée et des traitements nécessaires à son conditionnement.

## 4. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'INDUSTRIE LAITIÈRE

Les principaux aspects environnementaux de l'industrie laitière concernent une consommation importante d'eau et d'énergie, la génération d'eaux résiduaires à haute teneur en matière organique, ainsi que la production et la gestion de déchets. Les émissions de gaz et de particules dans l'atmosphère ainsi que le bruit ont une moindre importance.

Il est important de souligner que la quantification de ces aspects peut varier d'une installation à l'autre en fonction de facteurs tels que la taille et l'âge de l'installation, les équipements, la manipulation, les plans de nettoyage, la sensibilisation des employés, etc.

### 4.1. Consommation d'eau

Comme la plupart des entreprises du secteur agroalimentaire, les industries laitières consomment quotidiennement de grandes quantités d'eau au cours de leurs processus, tout particulièrement dans le but de maintenir les conditions hygiéniques et sanitaires exigées.

**Tableau 9 : Valorisation qualitative de la consommation d'eau dans l'industrie laitière**

| PROCESSUS DE PRODUCTION | NIVEAU DE CONSOMMAT. | OPÉRATIONS CONSOMMANT LE PLUS D'EAU                                  | OBSERVATIONS   | OPP*                       |
|-------------------------|----------------------|--|--|----------------------------|
| Lait                    | Bas                  | Traitement thermique<br>Emballage                                    |  | 1-29                       |
| Crème et beurre         | Bas                  | Pasteurisation de la crème<br>Barattage-Malaxage                     | Lavage du babeurre avant malaxage                                  | 1-29                       |
| Yaourt                  | Bas                  | —  | Surtout dans les opérations auxiliaires                            | 1-29                       |
| Fromage                 | Moyen                | Salage   | Salage par saumures  | 1-10-11-29                 |
| Opérations auxiliaires  | Élevé                | Nettoyage et désinfection<br>Génération de vapeur<br>Refroidissement | Ces opérations impliquent la consommation d'eau la plus importante | 12-13-14-15-16-17-18-19-21 |

\* Opportunité de prévention de la pollution (voir chapitre 5).

Suivant le type d'installation, le système de nettoyage et la manipulation de celui-ci, la quantité totale d'eau consommée lors du processus peut dépasser de plusieurs fois l'équivalent du volume de lait traité. Cette consommation se situe habituellement entre 1,3 et 3,2 l d'eau/kg de lait reçu, des valeurs aussi élevées que 10 l d'eau/kg de lait reçu pouvant être atteintes. Il est cependant possible d'optimiser cette consommation et d'atteindre des valeurs de 0,8 à 1,0 l d'eau/kg de lait reçu via des équipements avancés et une manipulation appropriée (PNUE, 2000).

Comme précisé dans le tableau 9, la plus grande consommation d'eau a lieu dans les opérations auxiliaires, notamment lors du nettoyage et de la désinfection où sont consommés de 25 à 40 % du total.

## 4.2. Consommation d'énergie

L'utilisation de l'énergie est fondamentale pour assurer le maintien de la qualité des produits laitiers, tout particulièrement lors des traitements thermiques, des opérations de refroidissement et du stockage du produit.

**Tableau 10 : Utilisations d'énergie les plus courantes dans les entreprises laitières**

| ÉNERGIE    | UTILISATIONS LES PLUS COURANTES   | ÉQUIPEMENTS  |
|------------|---|--|
| Thermique  | Génération de vapeur et d'eau chaude, nettoyages                        | Pasteurisateurs/stérilisateurs, systèmes de nettoyage CIP                    |
| Électrique | Refroidissement, éclairage, ventilation, fonctionnement des équipements | Equipements à fonctionnement électrique (pompes, agitateurs, etc.), lumières |

La consommation totale d'énergie d'une entreprise laitière est répartie entre environ 80 % d'énergie thermique obtenue à partir de la combustion de combustibles fossiles (fuel-oil, gaz, etc.) et 20 % d'énergie électrique.

**Tableau 11 : Évaluation qualitative de la consommation d'énergie dans l'industrie laitière**

| PROCESSUS DE PRODUCTION | NIVEAU DE CONSOMMAT. | OPÉRATIONS CONSOMMANT LE PLUS D'ÉNERGIE  | OBSERVATIONS  | OPP      |
|-------------------------|----------------------|--|---|----------|
| Lait                    | Élevé                | Filtrage / Clarification<br>Écrémage / Normalisation<br>Traitement thermique<br>Homogénéisation<br>Emballage | Principalement, consommation d'énergie thermique lors du traitement thermique du lait   | 1-4-5-30 |
| Crème et beurre         | Moyen                | Pasteurisation<br>Désodorisation<br>Maturation<br>Barattage-Malaxage<br>Emballage                            | Principalement, consommation d'énergie électrique pour le fonctionnement des équipements  | 1-4-5-30 |
| Yaourt                  | Bas                  | Incubation<br>Emballage  | Énergie électrique pour le fonctionnement des équip. et énergie thermique en raison des exigences thermiques de l'étape d'incubation  | 1-4-5-30 |
| Fromage                 | Moyen                | Coagulation<br>Découpage – Égouttage<br>Moulage – Pressage<br>Séchage<br>Maturation                          |   | 1-4-5-30 |
| Opérations auxiliaires  | Élevé                | Nettoyage et désinfection<br>Refroidissement   | Au cours des opérations de nettoyage, on consomme surtout de l'énergie thermique ; lors du refroidissement, c'est la consommation d'énergie électr. qui est plus importante | 18-22    |

Les opérations consommant le plus d'énergie thermique telles que la pasteurisation/stérilisation du lait et les nettoyages CIP peuvent en arriver à consommer 80 % du total de l'énergie thermique de l'ins-

tallation. L'utilisation de systèmes de moindre consommation d'énergie et l'adoption de mesures d'économies d'énergie peuvent contribuer à réduire considérablement les consommations totales.

Pour ce qui est de la consommation de l'énergie électrique, le refroidissement peut représenter de 30 à 40 % de la consommation totale de l'installation (López y Hernández, 1995). D'autres services tels que la ventilation, l'éclairage ou la production d'air comprimé exigent également une consommation élevée. Vous trouverez ci-dessous les valeurs moyennes de consommation d'énergie de quelques industries laitières.

**Tableau 12 : Consommations spécifiques d'énergie pour divers produits laitiers**  
(Source : PNUE, 2000)

|                      | CONSOMMATION D'ÉNERGIE (KWH/L PRODUIT) |      |       |
|----------------------|--|------|-------|
|                      | Électrique*                            | Fuel | Total |
| Lait de consommation | 0,05                                   | 0,12 | 0,17  |
| Fromage              | 0,21                                   | 1,20 | 1,41  |
| Beurre               | 0,19                                   | 0,98 | 1,17  |

\* La consommation d'énergie électrique peut varier en fonction du degré plus ou moins important d'automatisation du processus.

De même que pour la consommation d'eau, la consommation énergétique dépend du type de produit élaboré et d'autres facteurs tels que l'âge et la taille de l'installation, le degré d'automatisation, la technologie employée, le maniement du nettoyage, la conception de l'installation, les mesures prises en vue de faire des économies ou bien la réalisation dans l'installation elle-même d'autres opérations telles que la concentration du lactosérum.

**Tableau 13 : Consommations d'énergie en fonction des caractéristiques de l'usine**  
(Source : UNEP, 2000)

| UNITÉ D'ÉLABORATION DE LAIT   | CONSOMMATION TOTALE D'ÉNERGIE<br>KWh/l lait traité |
|---|--|
| Usine moderne avec pasteurisateur hautement efficace et chaudière moderne | 0,09   |
| Installation moderne se servant d'eau chaude pour le processus            | 0,13   |
| Installation ancienne employant de la vapeur d'eau                        | 0,27   |
| Rang commun de la plupart des installations                               | 0,14 - 0,33  |

Une consommation d'énergie inadéquate entraîne la réduction des ressources naturelles limitées, par exemple les combustibles fossiles, et l'augmentation de la pollution atmosphérique provoquée par l'émission des gaz produits par la génération d'énergie. L'émission de ces gaz contribue à l'effet de serre.

### 4.3. Eaux résiduaires

Le problème environnemental le plus important de l'industrie laitière est celui de la génération d'eaux résiduaires, tant en raison de leur volume qu'en raison de la charge polluante associée (essentiellement organique). Pour ce qui est du volume d'eaux résiduaires généré par une entreprise laitière, les valeurs peuvent se situer entre 2 et 6 l/l de lait traité.

**Tableau 14 : Volume des eaux résiduaires généré en fonction du processus de production**

| ACTIVITÉ PRINCIPALE   | VOLUME DES EAUX RÉSIDUAIRES* |
|---|------------------------------|
| Fabrication du beurre   | 1 - 3                        |
| Fabrication du fromage  | 2 - 4                        |
| Obtention de lait de consommation (Pasteurisation et Stérilisation) | 2,5 - 9                      |

\* Exprimé en l d'eau résiduaire / l de lait.

Les eaux résiduaires générées dans une entreprise laitière peuvent être classées suivant deux sources de génération : processus et nettoyage, et refroidissement.

**Tableau 15 : Classification des eaux résiduaires générées dans une entreprise laitière**

| SOURCE                 | DESCRIPTION  | CARACTÉRISTIQUES   | VOLUME*   |
|------------------------|--|--|-----------|
| Nettoyage et processus | Nettoyage de surfaces, tuyauteries, cuves, équipements. Pertes de produit, lactosérum, saumure, ferments, etc. | pH extrêmes, haute teneur en matière organique (DBO et DCO), huiles et graisses, solides en suspension | 0,8 - 1,5 |
| Refroidissement        | Eau des tours de refroidissement, condensats, etc.   | Variations de température, conductivité  | 2 - 4     |

\* Volume exprimé en l d'eaux résiduaires / l de lait traité (Source : E. Spreer, 1991).

**Tableau 16 : Évaluation qualitative du rejet d'eaux résiduaires dans l'industrie laitière**

| PROCESSUS DE PRODUCTION | NIVEAU DE REJET | OPÉRATIONS GÉNÉRANT LE PLUS D'EAUX RÉSIDUAIRES    | OBSERVATIONS  | OPP                  |
|-------------------------|-----------------|---|---|----------------------|
| Lait                    | Moyen           | Traitement thermique<br>Emballage                 | Le rejet diminue si l'on procède au recyclage des eaux du traitement thermique  | 2-3                  |
| Crème et beurre         | Moyen           | Pasteurisation<br>Barattage-Malaxage<br>Emballage | Les eaux de lavage du babeurre ont une haute teneur en graisses   | 2-3-6                |
| Yaourt                  | Bas             | —   | En provenance surtout d'opérations auxiliaires  | 2-3                  |
| Fromage                 | Élevé           | Découpage-Égouttage<br>Moulage-Pressage<br>Salage | Le rejet du lactosérum représente un volume et une charge polluante importants. La régénération des saumures implique un rejet régulier à forte conductivité  | 2-3-7-8-10-11        |
| Opérations auxiliaires  | Élevé           | Nettoyage et désinfection<br>Refroidissement      | Les volumes et la charge polluante des eaux de nettoyage dépendent de la gestion de celles-ci par l'entreprise.<br>Le rejet des eaux de refroidissement dépend du degré de recyclage de ces dernières | 12-13-14-15-16-17-18 |

Il a été estimé que 90 % de la DCO des eaux résiduaires d'une industrie laitière sont attribuables aux composants du lait et que seulement 10 % le sont aux impuretés étrangères à celui-ci.

Dans la composition du lait on trouve, outre l'eau, des graisses, des protéines (tant en solution qu'en suspension), des sucres et des sels minéraux. Les produits laitiers, outre les éléments qui composent le lait, peuvent contenir du sucre, du sel, des colorants, des stabilisateurs, etc., suivant la nature et le type de produit ainsi que le type de technologie de production employé. Tous ces composants se retrouvent dans les eaux résiduaires en quantité plus ou moins grande ; ceci est dû à la dissolution ou à l'entraînement de ces éléments par les eaux de nettoyage.

En général, les effluents liquides d'une industrie laitière présentent les caractéristiques suivantes :

- *Haute teneur en matière organique*, en raison de la présence de composants du lait. La DCO moyenne des eaux résiduaires d'une industrie laitière se situe entre 1 000 et 6 000 mg DBO<sub>5</sub>/l.
- *Huiles et graisses*, à cause de la graisse du lait et d'autres produits laitiers, comme c'est le cas des eaux de lavage du babeurre.
- *Niveaux élevés d'azote et de phosphore*, issus principalement des produits de nettoyage et de désinfection.
- *Variations importantes du pH*, rejets de solutions acides et basiques. Issus surtout des opérations de nettoyage et pouvant osciller entre des valeurs allant d'un pH 2 à 11.
- *Conductivité élevée* (tout particulièrement dans les entreprises productrices de fromage à cause du rejet de chlorure sodique issu du salage).
- *Variations de température* (en prenant en considération les eaux de refroidissement).

Les pertes de lait, qui peuvent atteindre de 0,5 à 2,5 % de la quantité de lait reçu ou dans les cas les plus défavorables jusqu'à 3 - 4 % (PNUE, 2000), constituent un apport considérable à la charge polluante de l'effluent final. Un litre de lait entier équivaut à une DBO<sub>5</sub> de 110 000 mgO<sub>2</sub>/l et à une DCO de 210 000 mgO<sub>2</sub>/l.

**Tableau 17 : Principales sources de pertes de lait pénétrant les flux d'eaux résiduaires**

| PROCESSUS                                       | SOURCE DE PERTE DE LAIT  |
|---|--|
| Production de lait pour la consommation directe | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Écoulements des cuves de stockage.</li> <li>- Débordement des cuves.</li> <li>- Écoulements et fuites dans les conduites.</li> <li>- Dépôts à la surface des équipements.</li> <li>- Élimination des boues de filtrage / clarification.</li> <li>- Écoulements provoqués par des emballages endommagés ou en mauvais état.</li> <li>- Défauts dans la ligne d'emballage.</li> <li>- Opérations de nettoyage.</li> </ul> |
| Production de crème et de beurre                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Écoulements au cours du stockage.</li> <li>- Écoulements et fuites dans les conduites.</li> <li>- Débordement des cuves.</li> <li>- Opérations de nettoyage.</li> </ul>   |
| Production de yaourt                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuites et écoulements des cuves de stockage.</li> <li>- Écoulements des bassins d'incubation.</li> <li>- Défauts dans la ligne d'emballage.</li> <li>- Opérations de nettoyage.</li> </ul>  |
| Production de fromage                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuites et écoulements des cuves de stockage.</li> <li>- Pertes dans le bassin de caillage.</li> <li>- Débordement des moules.</li> <li>- Séparation incorrecte lactosérum / fromage.</li> <li>- Opérations de nettoyage.</li> </ul>   |

Dans le processus d'élaboration du fromage, il faut mentionner la génération de lactosérum. Le volume de lactosérum généré au cours de l'élaboration du fromage est équivalent à environ neuf fois la quantité de lait traité, avec une charge organique très importante (DCO d'environ 60 000 mg/l) ; en conséquence, son rejet avec les eaux résiduaires augmente de manière considérable la charge polluante du rejet final.

#### 4.4. Déchets

La plupart des déchets générés dans l'entreprise laitière sont de nature inorganique ; il s'agit principalement de déchets de conditionnement et d'emballage (matières premières et secondaires mais également produit final). D'autres déchets sont également générés, liés aux activités d'entretien, de nettoyage, ou bien au travail dans les bureaux et le laboratoire.

**Tableau 18 : Principaux déchets trouvés dans une entreprise laitière**

| GROUPE                           |        | DÉCHET   | LIEU DE GÉNÉRATION                                       | UTILISATIONS LES PLUS COURANTES  |
|----------------------------------|--------|--|--|--|
| Déchets organiques               |        | Produit non conforme (matière première, produit semi-fini, produit final)                                | Processus  | Recyclage (alimentation animale)   |
| Assimilables aux domestiques     |        | Restes de nourriture, papier   | Bureaux  | Compostage ou dépôt dans la décharge   |
| Récipients et emballage          | Vides  | Film rétractable, palettes en bois, sacs en papier kraft. Récipients en plastique, verre, carton, papier | Réception  | Réutilisation ou recyclage   |
|                                  | Pleins | Récipients en plastique, verre, carton, papier   | Emballage<br>Stockage<br>Retours                         | Dépôt dans la décharge ou séparation emballage-produit et gestion séparée              |
| Déchets d'opérations d'entretien |        | Câbles électriques, déchets métalliques  | Ateliers<br>Aires d'entretien                            | Recyclage ou dépôt dans la décharge  |
| Déchets dangereux                |        | Huiles usées, batteries, emballages de produits dangereux  | Laboratoire<br>Entrepôt<br>Atelier<br>Aires de nettoyage | Transport, traitement et élimination ou dépôt dans une décharge pour déchets dangereux |

Les possibilités de recyclage des déchets et de traitement des déchets générés dans l'entreprise laitière passent par une séparation de ces déchets ; ceci évite aussi bien leur élimination avec les rejets liquides que leur mélange, facteur qui empêche un traitement approprié de chaque type de déchet.



**Tableau 19 : Évaluation qualitative de la génération de déchets dans l'industrie laitière**

| PROCESSUS DE PRODUCTION | NIVEAU DE GÉNÉRATION | OPÉRATIONS LES PLUS SIGNIFICATIVES                                      | OBSERVATIONS   | OPP      |
|-------------------------|----------------------|---|--|----------|
| Lait                    | Élevé                | Filtrage / Clarification<br>Écrémage / Normalisation<br>Emballage       | Filtres usagés et boues de filtrage de nature organique. Déchets de conditionnements et d'emballages   | 25       |
| Crème et beurre         | Élevé                | Emballage   | Déchets de conditionnements et d'emballages  | 25       |
| Yaourt                  | Élevé                | Emballage   | Déchets de conditionnements et d'emballages  | 25       |
| Fromage                 | Bas                  | —   | À cause surtout d'opérations auxiliaires   | 25       |
| Opérations auxiliaires  | Moyen                | Nettoyage et désinfection<br>Entretien des installations<br>Laboratoire | Déchets des conditionnements des produits de nettoyage et de désinfection.<br>Déchets des opérations d'entretien.<br>Déchets de laboratoire. | 24-26-32 |

#### 4.5. Émissions dans l'atmosphère

Les principales émissions gazeuses des industries laitières sont générées dans les chaudières de production de vapeur ou d'eau chaude nécessaires aux opérations de production et de nettoyage.

Les polluants que l'on peut s'attendre à trouver dans les gaz de combustion sont le CO, SO<sub>2</sub> ou NO<sub>x</sub>, ainsi que des particules. Les niveaux d'émission de ces polluants changent en fonction du type et de la qualité du combustible employé, de l'état des installations, de l'efficacité et du contrôle du processus de combustion.

Les combustibles les plus employés dans les chaudières sont de type solide (charbon ou bois), liquide (fuel ou gazole) ou gazeux (gaz naturel).

**Tableau 20 : Propriétés moyennes de quelques combustibles**  
(Source : Brennan J.G., 1998)

| TYPE DE COMBUSTIBLE | VALEUR CALORIFIQUE (MJ/kg) | SOUFRE (%) | CENDRES (%) |
|---------------------|----------------------------|------------|-------------|
| Charbon             | 29                         | 2          | 8           |
| Bois                | 14                         | -          | 4 - 5       |
| Gazole 34 s *       | 45,5                       | 0,75 max.  | 0,01 max.   |
| Fuel 220 s *        | 43,5                       | 3,2 max.   | 0,05 max.   |
| Gaz naturel         | 37,2 MJ/m <sup>3</sup>     | Nég.       | Nég.        |

\* Viscosité en secondes Redwood, à 38 °C.

Les combustibles solides se caractérisent par une haute teneur en soufre et en cendres. De plus, ils contiennent des traces de produits volatiles et/ou toxiques tels que le plomb ou l'arsenic. La teneur de ces composés varie en fonction de la qualité et de l'origine du combustible.

De même que pour les combustibles solides, les liquides se caractérisent par une teneur élevée en soufre ainsi que par la possibilité de produire de la suie et des particules du fait d'une combustion incomplète. Il faut de plus disposer de réservoirs de stockage du combustible en tenant compte du facteur sécurité afin d'éviter les risques découlant d'éventuelles fuites et explosions.

Le gaz naturel, bien qu'il représente seulement 10 % des réserves énergétiques mondiales, est un combustible dont l'emploi est de plus en plus répandu étant donné les avantages qu'il présente. Le gaz naturel est exempt de soufre et d'autres impuretés, il ne produit donc pas d'émissions de ces polluants. Il n'est pas nécessaire de le stocker dans les usines ; toutefois, son utilisation implique des risques d'incendie et d'explosion.

Les mesures préventives de l'émission de gaz polluants se fondent sur l'entretien et le nettoyage approprié des brûleurs, l'autocontrôle des émissions et, si cela s'avère nécessaire, la mise en œuvre de mesures de redressement.

Un autre aspect à prendre en considération en ce qui concerne les émissions dans l'atmosphère est l'émission de gaz refroidissants utilisés dans les systèmes de refroidissement. Les pertes ou les fuites de ces gaz supposent un impact sur l'environnement considérable étant donné leur répercussion sur la destruction de la couche d'ozone.

#### **4.6. Bruit**

Suivant la proximité des centres urbains, des problèmes de bruit peuvent se poser à cause des machines employées dans l'activité industrielle, principalement dans l'emballage et les équipements de génération de froid. Un autre problème est le bruit causé par la circulation des camions, tant à la réception du lait qu'à la sortie du produit fini (la circulation continue des camions peut entraîner d'importants niveaux de pollution sonore).

Le bruit est un aspect significatif dans certaines installations laitières qui se trouvent proches de zones habitées. Comme mesures préventives, on procède à l'isolement acoustique et des vibrations des équipements qui provoquent le bruit ; la réalisation de contrôles des niveaux de bruit permettant de réduire l'impact avant qu'il ne se produise constitue également une mesure de prévention.

## 5. OPPORTUNITÉS DE PRÉVENTION ET DE RÉDUCTION DE LA POLLUTION À LA SOURCE


En général, les processus menés à bien par l'industrie laitière supposent des consommations en eau et en énergie importantes et de grands volumes d'eaux résiduaire ayant une charge organique élevée.

Ces caractéristiques dépendent de la technologie employée, de l'opération et de la manipulation de chaque installation. Pour cette raison, diverses Opportunités de Production Propre sont décrites ci-après dans le but de réduire les consommations et le rejet final sans que la production en soit pour autant touchée.

Les Opportunités de Production Propre ont été classées en fonction des points suivants :


- *Réduction à la source*, soit toute modification des processus, des installations, de composition du produit ou de substitution de matières premières comportant la diminution de la génération de courants résiduaire (en quantité et/ou dangerosité potentielle), aussi bien lors du processus de production que des étapes ultérieures à leur production.
- *Recyclage*, soit l'option de valorisation impliquant la réintroduction d'un courant résiduaire, dans le processus lui-même ou dans un autre processus. S'il est effectué dans le centre de production où il a été généré, il est considéré comme recyclage à la source.
- *Valorisation*, soit les procédés qui permettent la récupération des ressources contenues dans les déchets.

Chaque Opportunité de Prévention de la Pollution est recueillie sur une fiche où sont indiqués les points suivants :

|   |   |
|---|---|
|  <b>OPP-N : Nom de l'Opportunité de Prévention de la Pollution</b> |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Voici de quelle manière est classée l'OPP : réduction, recyclage ou valorisation.   | Les possibilités de réduction sont classées aussi selon que l'OPP touche les produits ou les procédés.  |
| <b>Processus :</b> Processus de production dans lequel l'OPP est développée.  | <b>Étape / Opération :</b> Opération sur laquelle l'OPP agira.  |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Situation environnementale qui provoque la nécessité d'amélioration.                                       |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Brève description de l'OPP.   |   |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>Dans ce volet on indique les actions ou interventions à exécuter pour mener à bien la prévention de la pollution.           | <b>Bilan économique :</b><br>☞ On indique ainsi quand le résultat de l'OPP implique un bénéfice économique.<br>☜ On indique ainsi que la mise en œuvre de l'OPP implique un coût économique.  |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ On indique par ce symbole que le résultat de l'OPP implique un aspect environnemental positif.<br>☹ On indique par ce symbole que le résultat de l'OPP implique un aspect environnemental négatif. |

**Tableau 21 : Liste des Opportunités de Prévention de la Pollution**

| <b>OPPORTUNITÉ DE PRÉVENTION DE LA POLLUTION</b> |  |
|--|--|
| OPP-1  | Contrôle à la réception de la matière première                                 |
| OPP-2  | Réduire les pertes de lait   |
| OPP-3  | Séparation des boues de clarification  |
| OPP-4  | Utilisation de systèmes continus pour la pasteurisation du lait                |
| OPP-5  | Récupération énergétique lors du traitement thermique du lait                  |
| OPP-6  | Récupération du babeurre ou petit-lait de beurrerie                            |
| OPP-7  | Éviter le rejet de lactosérum  |
| OPP-8  | Valorisation du lactosérum   |
| OPP-9  | Élimination à sec du sel des fromages après le salage                          |
| OPP-10   | Contrôle physico-chimique et microbiologique des saumures de salage du fromage |
| OPP-11   | Récupération des saumures  |
| OPP-12   | Contrôle de la consommation d'eau  |
| OPP-13   | Nettoyage à sec des surfaces   |
| OPP-14   | Pose de systèmes de fermeture instantanée sur les tuyaux d'eau                 |
| OPP-15   | Utilisation d'eau sous pression pour le nettoyage des surfaces                 |
| OPP-16   | Utilisation de systèmes de nettoyage à mousse pour le nettoyage des surfaces   |
| OPP-17   | Utilisation des systèmes de nettoyage CIP                                      |
| OPP-18   | Utilisation de détergents d'une seule passe                                    |
| OPP-19   | Récupération des solutions de nettoyage  |
| OPP-20   | Contrôle périodique des émissions des chaudières                               |
| OPP-21   | Récupération de l'eau de condensation  |
| OPP-22   | Éviter les fuites des fluides frigorigènes                                     |
| OPP-23   | Remplacement des fluides frigorigènes par d'autres ne contenant pas de CFC     |
| OPP-24   | Stocker les produits dangereux dans des conditions appropriées                 |
| OPP-25   | Minimisation des déchets d'emballage   |
| OPP-26   | Séparer les déchets solides de façon adéquate                                  |
| OPP-27   | Neutralisation des courants acides et basiques avant rejet                     |
| OPP-28   | Optimisation du rendement énergétique par cogénération                         |
| OPP-29   | Bonnes Pratiques pour la réduction de la consommation d'eau                    |
| OPP-30   | Bonnes Pratiques pour la réduction de la consommation d'énergie                |
| OPP-31   | Bonnes Pratiques pour réduire les émissions de gaz                             |
| OPP-32   | Bonnes Pratiques pour faciliter la gestion des déchets                         |

|   |   |
|---|---|
|  <b>OPP-1 : Contrôle des matières premières</b>  |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  | Reconception du processus : Bonnes Pratiques.   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Réception de matières.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les matières premières acceptées qui s'avèrent de mauvaise qualité ou sont altérées microbiologiquement, ou bien les déchets générés ultérieurement par des produits non conformes, peuvent se convertir en un déchet en soi.  |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Établir des prescriptions de qualité pour les matières premières et effectuer un contrôle à leur entrée au moyen d'analyses microbiologiques et physico-chimiques.  |   |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Établissement de spécifications d'acceptation des matières premières.</li> <li>- Laboratoire et/ou kits rapides d'analyse.</li> <li>- Contrôle des conditions de stockage de la matière première.</li> <li>- Personnel qualifié.</li> <li>- Procédures d'exploitation.</li> <li>- Instauration d'un système APPCC (analyse des dangers et points de contrôle critiques). Ce système inclut l'homologation des fournisseurs.</li> <li>- Travailler dans un système intégré de la ferme à l'industrie.</li> </ul> | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Réduction du coût des matières premières.</li> <li>☞ Économie sur le coût d'élimination des déchets et/ou les coûts d'épuration.</li> <li>☞ Adéquation du prix à la qualité du lait.</li> <li>☞ Économie du coût de traitement des produits finalement non conformes.</li> <li>☞ Coûts de personnel.</li> <li>☞ Coûts d'équipements d'analyses.</li> </ul> |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Réduction du volume de déchets générés.</li> <li>☺ Consommation de ressources (énergie, eau, etc.) plus faible.</li> </ul>   |


## Commentaires

L'instauration d'un système de contrôle de la qualité de la matière première et autres matières secondaires (comme les ferments, le sucre, les fruits, etc.) implique de connaître quelles sont les spécifications de produit qui sont acceptables pour l'entreprise laitière.

Une fois que les spécifications de produit exigibles sont connues, les contrôles et/ou les analyses opportuns sont effectués afin de vérifier que ces spécifications sont bien respectées. Cette tâche de contrôle exige du personnel qualifié pour l'exécution des tests analytiques ainsi qu'une procédure d'exploitation garantissant son accomplissement d'une manière systématique et correcte.

Le concept de qualité du lait cru englobe de nombreux aspects, bien qu'en général les aspects pris en compte soient les suivants :

- Teneur en substances nutritives.
- Teneur en matière grasse.
- Teneur totale en microorganismes.
- Présence ou absence de germes pathogènes.
- Présence ou absence de substances déterminées (par exemple : solides, pus, antibiotiques, etc.)
- Caractéristiques organoleptiques (arôme et saveur).

|  |   |
|--|---|
|  <b>OPP-2 : Réduire les pertes de lait</b>  |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Reconception du processus : Bonnes Pratiques.   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Tout le processus.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les écoulements et les pertes de lait qui sont évacués avec les eaux résiduelles de l'entreprise augmentent le volume et la charge polluante (tout particulièrement la charge organique, on estime que 90 % de celle-ci sont issus de composants du lait) du rejet.   |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Mettre en place les mécanismes de contrôle pour réduire les pertes de lait aussi bien à la réception que dans les cuves, conduites, pompes et équipements.   |   |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir des procédures d'exploitation pour les opérations comportant un risque majeur d'écoulements et de pertes de lait.</li> <li>- Faire un entretien préventif des équipements et des installations.</li> <li>- Séparer les écoulements de lait du reste des rejets liquides.</li> <li>- Instaurer des systèmes de contrôle et d'alarme.</li> </ul> | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Moins de pertes de matière première.</li> <li>☞ Réduction du coût d'épuration du rejet final.</li> <li>☞ Coût des dispositifs de fermeture et de contrôle.</li> </ul>  |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Réduction du volume final du rejet.</li> <li>☺ Réduction de la charge polluante du rejet.</li> <li>☺ Diminution de la charge organique (diminution des valeurs de DCO et DBO, et des graisses).</li> </ul> |

## Commentaires

Les mesures pouvant être mises en œuvre pour réduire les rejets de lait sont les suivantes :

|  |  |
|--|--|
| Procédures d'exploitation                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier que les tuyaux sont bien raccordés avant de laisser passer le lait.</li> <li>- Éviter les écoulements de lait au moment de déconnecter les tuyaux.</li> <li>- Dans l'élaboration du fromage, éviter les pertes de lait au moment du remplissage des moules à fromage.</li> </ul>   |
| Entretien des équipements et des installations | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Installer des robinets munis de fermetures hermétiques et éviter les fuites tant des robinets que des équipements et des conduites.</li> <li>- Réparer au plus vite les défauts qui provoquent des égouttements et des pertes de lait.</li> <li>- Faire un entretien préventif afin d'éviter les égouttements et les pertes.</li> </ul> |
| Séparation des courants                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Installer des plateaux pour recueillir les égouttements et les écoulements de lait.</li> <li>- Disposer d'un système de collecte du lait rejeté indépendant de celui des eaux résiduelles.</li> </ul>   |
| Contrôle des pertes                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Installer dans les cuves et les réservoirs des dispositifs d'alarme à déconnexion automatique afin d'éviter les écoulements.</li> <li>- Établir des indicateurs, p. ex. (quantité de lait reçu/quantité de lait traité).</li> </ul>   |

## Exemple d'application

Pour une entreprise qui présenterait les valeurs journalières suivantes :

|                                       |                    |
|---------------------------------------|--------------------|
| Production                            | 50 t               |
| Volume de rejet                       | 175 m <sup>3</sup> |
| Pertes de lait (4 %)                  | 2 t                |
| DCO du rejet (due aux pertes de lait) | 2 400 mg/l         |
| Coût économique du lait perdu (*)     | 590,19 €           |


\* En supposant que le prix moyen du lait est de 0,30 €/kg.

En fonction des mesures mises en œuvre, on peut obtenir des pourcentages différents de réduction des pertes de lait. Voici une estimation de la variation de la DCO du rejet en fonction du pourcentage de lait qui se perd avec les eaux résiduaires, ainsi que l'estimation du coût du lait perdu.

| Perte de lait                       | 4 %    | 3,5 %  | 3 %    | 2,5 %  | 2 %    | 1,5 %  | 1 %    |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DCO (mg/l) *                        | 2 400  | 2 100  | 1 800  | 1 500  | 1 200  | 900    | 600    |
| Coût des pertes de lait ** (€/jour) | 590,19 | 516,42 | 442,65 | 368,87 | 295,10 | 221,32 | 147,55 |

\* DCO issue uniquement du lait, approximativement 90 % de la charge organique du rejet.

\*\* En supposant que le prix moyen du lait est de 0,30 €/kg

|  |  |
|--|--|
|  <b>OPP-3 : Séparation des boues de clarification</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Reconception du processus : Bonnes Pratiques.  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Filtrage / Clarification.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les boues de clarification sont des déchets semi-pâteux qui contiennent des particules de saleté, des composants sanguins, des germes et autres substances d'origine protéique : lorsqu'elles sont rejetées avec les eaux résiduaires, elles produisent un accroissement de la charge organique du rejet final. |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Séparer les boues de clarification du restant des courants résiduaires de l'entreprise, en les recueillant avant qu'elles ne se mélangent à d'autres rejets. Cette option permet du reste leur éventuelle récupération.  |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Stockage séparé des boues de clarification.<br>- Conditionnement et/ou traitement des boues en vue de leur récupération.   | <b>Bilan économique :</b><br>☞ Réduction du coût d'épuration des eaux résiduaires.<br>☞ Réduction des coûts de gestion d'un déchet (dans le cas où il serait récupéré).<br>☞ Bénéfices obtenus de la récupération des boues.<br>☞ Coût des cuves de stockage des boues.  |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Réduction de la charge polluante du rejet, tout particulièrement de la matière organique (DCO et DBO <sub>5</sub> ) et des solides en suspension.<br>☺ Réduction du volume final du rejet.<br>☺ Récupération d'un déchet. |

## Commentaires

L'emploi de centrifugeuses pour la clarification du lait facilite la séparation des boues et leur récupération ultérieure. Dans les centrifugeuses autonettoyantes, ces boues sont séparées automatiquement, alors que dans les centrifugeuses à nettoyage manuel elles doivent être séparées pendant les opérations de nettoyage.

Dans les centrifugeuses à nettoyage manuel, les boues sont séparées sous la forme d'une masse relativement épaisse, ce qui facilite leur gestion ultérieure, alors que dans les centrifugeuses autonettoyantes les boues sont obtenues sous forme liquide.

Les boues peuvent parfois être employées comme aliment pour le bétail en raison de leur forte teneur en substances nutritives. Il faut alors s'assurer que les germes pathogènes sont éliminés afin d'éviter de provoquer une éventuelle infection. Lorsque l'on recueille les boues en vue de leur récupération ultérieure, il faut tenir compte du coût de traitement des boues.


## Exemples d'application

Dans le cas d'une entreprise qui traiterait quotidiennement 50 t de lait, le courant résiduaire généré lors de la clarification du lait sera d'environ 17 m<sup>3</sup>/jour avec une DCO de 1 176 mg/l et 117,16 mg/l de graisses. En séparant cette boue, on peut éviter d'ajouter aux eaux résiduaires la quantité de pollution suivante :

|                                    | REJET                | DCO                                | GRAISSES          |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|
| Installation de traitement du lait | 0,30 - 0,34 l/l lait | 100 - 400 mgO <sub>2</sub> /l lait | 10 - 40 mg/l lait |

(Source : Danish EPA, 1991).



|   |   |
|---|---|
|  <b>OPP-4 : Utilisation de systèmes continus pour la pasteurisation du lait</b>  |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  | Reconception du processus : Substitution de Technologies  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Traitement thermique.  |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les traitements thermiques impliquent des consommations énergétiques élevées, et ce d'autant plus dans le cas des pasteurisateurs discontinus en raison de la difficulté à récupérer la chaleur. |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Remplacer les équipements discontinus de pasteurisation du lait par des pasteurisateurs continus avec récupération de chaleur.  |   |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Remplacement des équipements discontinus de pasteurisation par des équipements à fonctionnement en continu.<br>- Adaptation à un processus de production en continu.  | <b>Bilan économique :</b><br>☞ Moindre coût en énergie.<br>☞ Réduction des coûts de personnel, moins de besoins en personnel.<br>☞ Coût du pasteurisateur continu.<br>☞ Coût d'adaptation du processus de production. |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Consommation d'énergie plus faible.<br>☺ Grâce à ces systèmes, il est possible de récupérer entre 65 et 80 % de la chaleur.  |


## Commentaires


Les pasteurisateurs discontinus ou type batch consistent en équipements qui chauffent le lait à des températures relativement basses (autour de 64 °C) pendant de longues périodes de temps (25-30 mn). Les pasteurisateurs continus chauffent le lait à des températures plus élevées pendant des périodes de temps plus courtes.

Les premiers sont énergétiquement plus inefficaces, ils exigent des nettoyages plus fréquents (souvent manuels) et ne permettent pas la récupération de chaleur.

Les pasteurisateurs continus sont soit à plaques soit à tubes et sont construits de manière à ce que toutes les sections soient montables ensemble, ce qui facilite la récupération de la chaleur et réduit les pertes. Ils sont de plus intégrables au système de nettoyage CIP du reste de l'installation.

Les systèmes continus consistent en une cuve depuis laquelle le lait est acheminé vers la section du pasteurisateur où il est préchauffé par échange de chaleur avec le lait de sortie du pasteurisateur. Le lait est ensuite chauffé à l'aide d'eau chaude ou de vapeur jusqu'aux températures exigées. Ensuite, le lait passe dans une section de maintien où la température est maintenue pendant un certain temps, en fonction du traitement thermique auquel il va être soumis. Enfin, le lait est renvoyé dans les sections de départ, où il est refroidi par le lait entrant. L'efficacité énergétique du processus obtenue est ainsi plus grande.

|   |  |
|---|--|
|  <b>OPP-5 : Récupération énergétique lors du traitement thermique du lait</b>  |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  | Reconception des processus : Substitution d'équipements  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Traitement thermique du lait.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Consommation énergétique élevée dans la phase de traitement thermique du lait.   |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Optimiser la récupération d'énergie pendant le traitement thermique du lait, en utilisant des échangeurs de chaleur permettant de récupérer au maximum la chaleur contenue dans le flux de lait à la sortie du pasteurisateur/stérilisateur afin de préchauffer le flux de lait refroidi à l'entrée, ainsi que les flux des circuits de préchauffage et de refroidissement. On peut atteindre des récupérations énergétiques de 90 %. |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Échangeurs à plaques et tubulaires.<br>- Pompes de transferts.<br>- Changements dans le système de conduites du lait, eau chaude et eau froide.   | <b>Bilan économique :</b><br>↳ Consommation d'énergie.<br>↳ Besoins en nettoyage.<br>↳ Coûts d'installation. |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Consommation d'énergie plus faible.                           |


|  |  |
|--|--|
|  <b>OPP-6 : Récupération du babeurre ou petit-lait de beurrerie</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Recyclage.   | Recyclage à la source ou extérieur.  |
| <b>Processus :</b> Beurre.   | <b>Étape / Opération :</b> Barattage-Malaxage.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>La composition du babeurre ou petit-lait de beurrerie est similaire à celle du lait écrémé, mais sa teneur en phospholipides est plus importante. Son rejet avec les eaux résiduelles implique un accroissement de sa charge polluante, tout particulièrement de la charge organique. |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Utilisation du babeurre pour l'élaboration d'autres produits destinés à la consommation humaine ou à l'alimentation animale.   |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Séparation du babeurre.<br>- Conservation du babeurre en vue de son utilisation ultérieure.<br>- Élaboration d'autres produits en utilisant le babeurre, (récupération dans l'entreprise-même ou à l'extérieur).   | <b>Bilan économique :</b><br>☞ Réduction des coûts d'épuration.<br>☞ Bénéfice économique de la récupération du babeurre.<br>☞ Coûts de conditionnement du babeurre en vue de sa récupération.<br>☞ Coûts d'élaboration d'un nouveau produit. |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Diminution de la charge polluante du rejet final.<br>☺ Réduction de la charge organique (DBO, DCO, huiles et graisses).<br>☺ Récupération du babeurre.  |


## Commentaires

La récupération du babeurre pour des usages ultérieurs exige que des conditions adéquates de collecte et de stockage réfrigéré soient maintenues afin d'inhiber le développement des microorganismes. Il est important d'empêcher toute entrée d'air lors des processus de pompage et de stockage, celui-ci provoquant des altérations de goût et d'aspect. Ultérieurement, le babeurre est emballé et stocké au froid de la même manière que les autres produits fermentés.

Le babeurre est utilisable comme lait fermenté pour l'alimentation humaine et peut avoir d'autres utilisations :

- Aliment pour le bétail.
- Obtention de babeurre en poudre par des procédés de déshydratation. Le babeurre en poudre s'utilise dans l'industrie alimentaire pour la pâtisserie, la boulangerie, la préparation de desserts et de glaces, etc. principalement en raison de ses propriétés émulsionnantes.
- Utilisation dans l'élaboration de certains fromages ou ajouté au lait destiné à la fabrication des fromages.

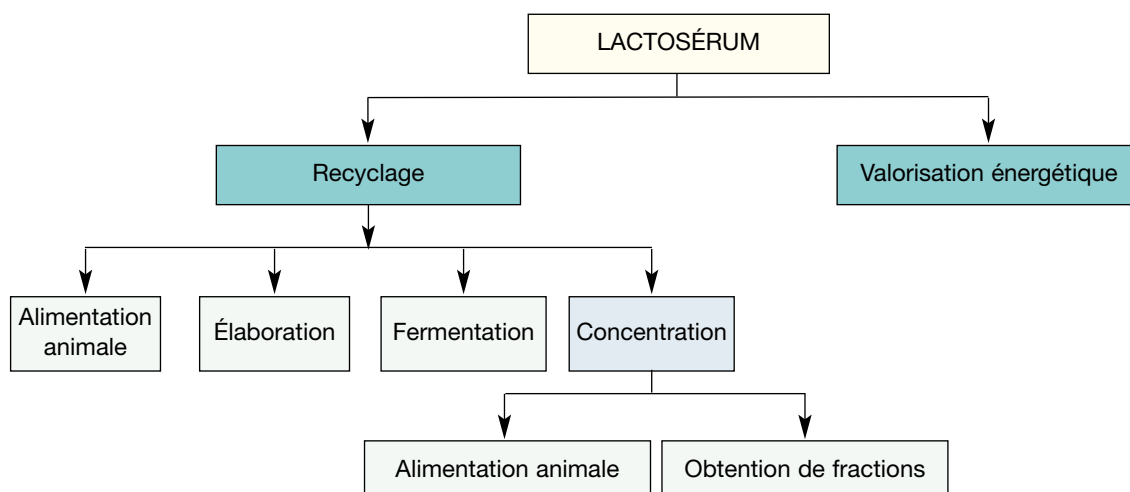
|  |  |
|--|--|
|  <b>OPP-7 : Éviter le rejet de lactosérum</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Reconception du processus : Bonnes Pratiques.  |
| <b>Processus :</b> Fromage.  | <b>Étape / Opération :</b> Égouttage.  |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Le lactosérum généré lors de l'élaboration du fromage est d'environ neuf fois le volume de fromage, avec une DCO de 60 000 mg/l. Ces caractéristiques convertissent le lactosérum en un effluent très problématique s'il est rejeté dans l'environnement.   |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Mettre en œuvre des mesures de contrôle visant à éviter les pertes de lactosérum et empêcher qu'elles parviennent au rejet final.<br>Éviter le rejet de lactosérum.  |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- En plaçant des bacs-collecteurs afin d'éviter les égouttements et les écoulements aux points de sortie du lactosérum.<br>- Enlever tout le lactosérum et les restes de caillé des moules avant de procéder aux nettoyages.<br>- Recueillir le lactosérum dans un réservoir spécifique.<br>- Établissement de procédures d'exploitation.<br>- Formation du personnel. | <b>Bilan économique :</b><br>📌 Réduction des coûts d'épuration du rejet final.<br>📌 Coût des réservoirs de stockage du lactosérum.<br>📌 Coûts de formation du personnel.<br>📌 Coût d'élimination du lactosérum.                              |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>😊 Réduction du volume de rejet.<br>😊 Réduction de la charge polluante de l'effluent, tout particulièrement de la charge organique (diminution des valeurs de DCO et DBO) et de la conductivité. |

|   |  |
|---|--|
|  <b>OPP-8 : Valorisation du lactosérum</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Valorisation et Recyclage extérieur.  |  |
| <b>Processus :</b> Fromage.   | <b>Étape / Opération :</b> Égouttage.  |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Le lactosérum récupéré au cours du processus doit être utilisé de manière à causer le moins possible d'impact sur l'environnement. D'autres interventions associées à sa récupération, comme le transport jusqu'aux centres où il sera valorisé ou sa concentration in situ pour en diminuer le volume et réduire les coûts du transport, doivent également être considérées comme faisant partie de la problématique globale du lactosérum. |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Utilisation du lactosérum pour l'élaboration d'autres produits, l'alimentation animale ou l'obtention de fractions de haute valeur ajoutée comme le lactose ou les protéines.   |  |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identification des alternatives de valorisation.</li> <li>- Évaluation des alternatives (évaluation technique et économique).</li> <li>- Tri des alternatives.</li> <li>- Mise en œuvre de l'option choisie.</li> </ul>   | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✎ Réduction des coûts d'épuration du rejet final.</li> <li>✎ Bénéfices économiques découlant de la valorisation du lactosérum.</li> <li>✎ Coût de l'étude des alternatives et de leur mise en œuvre.</li> <li>✎ Coût des équipements.</li> <li>✎ Coûts de personnel.</li> </ul>         |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Réduction du volume final du rejet.</li> <li>☺ Réduction de la charge polluante de l'effluent, tout particulièrement de la charge organique (diminution des valeurs de DCO et DBO) et de la conductivité.</li> <li>☺ Valorisation d'un courant résiduaire.</li> </ul> |

## Commentaires

Etant donné que la production de lactosérum peut donner en moyenne près de neuf fois la quantité de fromage fabriqué, son apport aux eaux résiduaires de l'entreprise s'avère d'une grande importance, tant en ce qui concerne son volume qu'au niveau de sa haute concentration en matière organique, qui peut dépasser 60 000 mg DCO/l. (F. Omil y F. Morales, 1996). La figure suivante présente quelques alternatives au rejet du lactosérum :

**Figure 54**  
**ALTERNATIVES DE VALORISATION DU LACTOSÉRUM**



Quoi qu'il en soit, avant d'adopter une option quelconque, il faudra tenir compte des aspects suivants :

- Séparation du lactosérum.
- Caractérisation.
- Étude de possibles alternatives au rejet.
- Évaluation technique et économique des alternatives.
- Tri des alternatives.
- Mise en œuvre de l'alternative choisie.

### **Alimentation animale**

Traditionnellement, le lactosérum est destiné directement à l'alimentation du bétail, principalement du bétail porcin, puisque 12 kg de petit-lait équivalent approximativement à 1 kg d'orge, (A. Fernández y M. Díaz, 1995). Cependant, la haute teneur en lactose du lactosérum peut provoquer des troubles digestifs chez certains animaux à cause du manque de lactase (enzyme qui permet l'hydrolyse du lactose). C'est le cas des jeunes veaux, chez lesquels ces troubles se présentent si dans leur régime il y a un excès de lactose. D'autre part le lactosérum a une faible teneur en substances azotées, raison pour laquelle son emploi excessif dans l'alimentation animale peut provoquer des déséquilibres nutritionnels. C'est pourquoi il est conseillé de faire une analyse appropriée du régime en incluant dans la ration un apport de céréales, de correcteurs et d'aliments concentrés afin de compenser ces déficiences.

En adoptant cette option il faut tenir compte des aspects suivants :

- Séparation du lactosérum.
- Caractérisation du lactosérum.
- Choix des installations d'élevage pour l'utilisation du lactosérum.
- Adaptation du régime du bétail.
- Coût du transport de lactosérum.
- Exigences et coût du conditionnement du lactosérum pour son transport et son utilisation (dans les cas où cela est nécessaire).

Suivant le coût du transport, il peut s'avérer rentable de concentrer le lactosérum dans l'entreprise laitière elle-même.

### **Élaboration de boissons au lactosérum**

Une autre possibilité : l'élaboration de boissons à partir du lactosérum.

Le principal inconvénient de l'utilisation du lactosérum dans l'élaboration de boissons est la forte teneur en lactose, qui provoque des problèmes de digestibilité et donne un goût caractéristique qui n'est pas bien accepté par les consommateurs. Pour éviter ces problèmes, les boissons au lactosérum sont élaborées avec une faible teneur en lactose, et leur goût est amélioré moyennant l'adjonction d'arômes de fruits. Ces produits doivent être stérilisés et emballés aseptiquement afin d'en assurer la bonne conservation.

### **Concentration du lactosérum**

Étant donné le haut pourcentage en eau du lactosérum, il peut s'avérer nécessaire de l'éliminer ou de la réduire par concentration afin de diminuer les coûts liés au transport et de faciliter l'obtention des différentes fractions.

La concentration est faisable dans des évaporateurs à effets multiples à basse pression ou osmose inverse. Cette opération est réalisée dans l'installation de l'entreprise laitière quand on souhaite réduire le volume de lactosérum pour minimiser les frais de transport jusqu'aux installations de récupération.

### **Obtention de fractions du lactosérum**

Traditionnellement, la récupération industrielle du lactosérum se fonde sur la récupération des fractions présentant un plus grand intérêt du point de vue industriel (protéines et lactose principalement).

L'installation d'une unité de récupération des fractions du lactosérum est une alternative viable dans le cas des grandes industries ayant des volumes élevés de lactosérum puisque pour les industries de petites dimensions elle représente un coût économique élevé.

La déminéralisation du lactosérum ne présente pas un intérêt particulier mais permet d'augmenter les possibilités de récupération des fractions obtenues.

#### **a.1) Obtention de protéines**

Le lactosérum contient en moyenne 0,8 % de protéines, ce qui représente entre 15 et 22 % de la quantité totale des protéines du lait. Il contient aussi un déchet variable d'agglomérés de caséine qui passent dans le sérum lors du procédé de séparation du lait en caillé et du lactosérum.

La récupération de ces protéines est intéressante car il est possible de les réintégrer dans le processus de production du fromage ou de les utiliser dans d'autres processus industriels (panification, pâtisserie, élaboration d'aliments diététiques ou préparation de produits pharmaceutiques). Une troisième option de récupération des protéines : leur séparation et purification. De cette manière on obtient des protéines pures à valeur commerciale plus élevée.

#### **a.2) Obtention de lactose**

Le lactose est l'élément le plus abondant du sérum. Les caractéristiques du lactose permettent son utilisation dans des produits pharmaceutiques (comme excipient) et diététiques (comme édulcorant). Par ailleurs, le lactose peut servir de substrat pour une grande variété de microorganismes, c'est pourquoi il est employé par exemple dans la production de pénicilline et autres antibiotiques.

### **Fermentation du lactosérum**

Le lactose représente une source d'énergie pour les processus de fermentation de nombreux microorganismes. En faisant fermenter le lactosérum on arrive à diminuer la teneur en lactose et donc à abaisser la DBO<sub>5</sub>.

L'activité de fermentation des microorganismes entraîne la formation de CO<sub>2</sub> et d'éthanol. D'ailleurs, il est possible d'obtenir à partir du lactose de l'acide lactique, utilisable comme additif

alimentaire, et en fonction de son degré de pureté il peut avoir d'autres applications dans l'industrie pharmaceutique et dans la fabrication des polymères.

### **Récupération énergétique**

Le traitement anaérobie du lactosérum donne de bons rendements d'épuration lors de l'élimination de grandes quantités de matière organique, avec l'avantage qu'il n'y a pas à fournir d'énergie d'aération. En outre, on obtient du méthane, qui est récupérable comme combustible.

En fonction du débit et de la concentration en matière organique du courant résiduaire, l'énergie que l'on peut obtenir moyennant la combustion du biogaz produit peut dépasser les besoins en énergie du digesteur. On obtient ainsi un excédent de gaz utilisable comme combustible dans l'installation.

### **Exemple d'application**


Une entreprise laitière avec une production de fromage d'environ 850 t/an produit, sur 6 t de lait traité, 5 t de lactosérum et 1 t de fromage.

Le courant de lactosérum résiduaire obtenu présente les caractéristiques suivantes :

| <b>CARACTÉRISTIQUES</b>     | <b>LACTOSÉRUM</b> |
|-----------------------------|-------------------|
| Volume (m <sup>3</sup> )/an | 4 200             |
| DCO (mg/l)                  | 90 400            |
| Huiles et graisses (mg/l)   | 14 000            |

La séparation du lactosérum en vue de sa récupération implique l'élimination de ce courant du rejet final, ce qui entraîne des réductions importantes des paramètres de charge organique de l'effluent final.



|  |  |
|--|--|
|  <b>OPP-9 : Élimination à sec du sel des fromages après le salage</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Reconception du processus : Bonnes Pratiques.  |
| <b>Processus :</b> Fromage.  | <b>Étape / Opération :</b> Salage.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Le sel employé dans le salage du fromage donne aux eaux résiduaires une conductivité élevée.  |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Éliminer à sec le sel présent à la surface du fromage préalablement ou en remplacement de l'emploi d'eau.  |  |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation d'équipements mécaniques (brosses ou brosses et aspiration du sel) pour l'élimination du sel à sec.</li> <li>- Élaboration de procédures d'exploitation.</li> <li>- Formation du personnel.</li> </ul> | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Réduction des coûts d'épuration du rejet.</li> <li>↳ Réduction des coûts de la phase de salage.</li> <li>↳ Moindre coût en matériaux (sel).</li> <li>↳ Coûts de personnel.</li> <li>↳ Coût d'élimination d'un déchet solide.</li> </ul> |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Réduction de la charge polluante du rejet, en particulier de la conductivité.</li> <li>☺ Réduction de la consommation des ressources.</li> </ul>  |


## Commentaires

Il existe différentes manières de procéder à l'opération de salage. Quoi qu'il en soit, c'est un des facteurs les plus déterminants pour ce qui est de l'obtention du produit final voulu.

Dans le cas de l'application du sel à sec, celui-ci est frotté ou répandu de façon régulière à la surface du fromage, auquel il adhère. Avec ce procédé de salage, les dépenses en sel sont élevées : elles peuvent atteindre dans certains cas 7 kg de sel pour 100 kg de fromage, et le temps de salage est également plus long.

Le retrait à sec du sel n'a aucune répercussion sur le produit final mais présente de grands avantages aussi bien pour l'environnement que pour l'entreprise elle-même ; ce sel est en effet susceptible d'être réutilisé à condition de respecter les normes hygiéniques requises.

Le retrait du sel de façon manuelle ne parvient pas à éliminer efficacement le sel qui adhère à la surface du fromage ; on peut utiliser dans ces cas-là des systèmes automatiques d'élimination à sec du sel qui améliorent considérablement l'efficacité du retrait.

|   |  |
|---|--|
|  <b>OPP-10 : Contrôle physico-chimique et microbiologique des saumures de salage du fromage</b>  |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  | Reconception des processus : Bonnes Pratiques.   |
| <b>Processus :</b> Fromage.   | <b>Étape / Opération :</b> Salage.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les saumures employées dans le salage du fromage ont une conductivité élevée, caractéristique qu'elles donnent ensuite aux eaux résiduaires lorsqu'elles sont rejetées ensemble. D'autre part, le mauvais état des saumures provoque la génération de déchets de produit non conforme. |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Instaurer un système de contrôle des paramètres physiques, chimiques et microbiologiques des saumures permettant de déterminer le degré de vieillissement de celles-ci et d'obtenir un salage optimal du fromage.   |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Établissement des spécifications d'utilisation des saumures pour le salage du fromage.<br>- Procédures d'exploitation.<br>- Équipements de contrôle et d'analyse.<br>- Personnel qualifié.  | <b>Bilan économique :</b><br>☞ Réduction des coûts d'élimination des déchets et/ou des coûts d'épuration.<br>☞ Économie du coût d'élaboration de produits finalement non conformes.<br>☞ Réduction du coût de matières premières (optimisation de la consommation de saumure).<br>☞ Coût des équipements de contrôle et/o d'analyse.<br>☞ Coût de personnel. |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Réduction de la consommation d'eau.<br>☺ Réduction du volume final du rejet.<br>☺ Diminution des déchets de produit non conforme.   |

## Commentaires

L'immersion dans la saumure compte parmi les méthodes les plus employées dans le salage du fromage ; elle permet en effet un salage régulier, elle réduit la main-d'œuvre et elle est aisément intégrable aux systèmes de fabrication très mécanisés. Les dépenses en sel sont moins élevées que lorsqu'il est appliqué à sec, elles oscillent entre 3 et 4 kg pour 100 kg de fromage.

La saumure est composée d'eau et de chlorure de sodium, mais, pendant le salage, il se produit des échanges entre la saumure et le fromage. Le résultat de cet échange est que la saumure s'enrichit de substances solubles issues du fromage (protéines solubles, sels minéraux, lactose, acide lactique, etc.). Il peut également se produire une contamination microbiologique de la saumure.


Les microorganismes peuvent provenir de la flore naturelle du fromage, et dans ce cas ils ne posent pas de problèmes, ou bien provenir d'autres sources (personnel, matériaux, eau, etc.) causant alors des altérations dans le fromage au cours de la maturation qui empêchent le fromage d'acquiescer les caractéristiques voulues.

Pour que les conditions du salage restent optimales, la saumure doit être adéquate ; pour s'en assurer, on peut établir un contrôle garantissant les conditions physiques, chimiques et microbiologiques de la saumure. Ce contrôle devra tenir compte des points suivants :

- L'eau et le sel employés pour faire la saumure doivent être exempts de toute contamination puisqu'ils seront en contact direct avec le produit.
- Contrôle du pH, de la température et du temps de salage en fonction du type de fromage qui est en phase d'élaboration.

- Maintien de la concentration de sel appropriée afin d'obtenir un salage optimal.
- Teneur en calcium de la saumure adéquate, si l'on cherche à favoriser le séchage de la croûte.
- Élimination des particules de fromage.
- Maintenir la présence de microorganismes la plus faible possible.
- Élimination ou traitement de saumures contaminées par des microorganismes indésirables.

Pour effectuer ces contrôles, on peut employer aussi bien des méthodes simples de prélèvement d'échantillon et d'analyse en laboratoire qu'installer des équipements automatiques de mesure des paramètres de la saumure et de dosage automatique.

|   |  |
|---|--|
|  <b>OPP-11 : Récupération des saumures</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  | Reconception des processus : Nouvelles Technologies  |
| <b>Processus :</b> Fromage.   | <b>Étape / Opération :</b> Salage.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Pour l'élaboration de saumure, on utilise des quantités élevées de sel et d'eau. Son rejet dans le milieu cause d'importants impacts environnementaux. |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Utilisation de techniques de filtrage pour la récupération des saumures.  |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Choix du système de filtrage.<br>- Procédure d'exploitation.<br>- Personnel qualifié.   | <b>Bilan économique :</b><br>↳ Réduction des dépenses en eau.<br>↳ Réduction des dépenses en sel.<br>↳ Coût des équipements de filtrage.<br>↳ Coût énergétique du fonctionnement des équipements.<br>↳ Frais d'entretien.<br>↳ Coûts de personnel. |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Réduction de la consommation d'eau.<br>☺ Réduction du volume final du rejet.<br>☹ Consommation d'énergie.   |


## Commentaires

L'élimination de grandes quantités de saumure avec l'effluent final engendre des problèmes environnementaux dus au fait que ces saumures sont très riches en particules en suspension, micro-organismes, sels de calcium, magnésium, lactose, acide lactique, etc. Cela se traduit par une augmentation des valeurs de charge organique et de conductivité du rejet final.

La séparation des saumures du reste des courants résiduels de l'entreprise rend possible leur traitement et donc leur éventuelle réutilisation dans l'entreprise ou leur recyclage dans d'autres processus.


Les techniques de filtrage sur membranes permettent d'éliminer les microorganismes présents dans les saumures et de séparer d'autres fractions comme les particules en suspension et les sels.

Une fois la saumure traitée au moyen de ces techniques, sa réutilisation est possible dans le même processus, en compensant les pertes de sels qui se produisent au cours de celui-ci.

|   |  |
|---|--|
|  <b>OPP-12 : Contrôle de la consommation d'eau</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  | Bonnes Pratiques.  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Opérations impliquant une consommation d'eau.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>La grande consommation d'eau des entreprises du secteur laitier.   |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Le contrôle périodique des consommations d'eau permet de détecter les fuites, les robinets ouverts, les différences entre équipes, produits, processus, etc. Il permet d'ajuster les débits de consommation au strict nécessaire. On obtient des réductions supérieures à 5 % simplement en instaurant un système de contrôle de la consommation. |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Installation de compteurs d'eau dans les principales aires de consommation.<br>- Lecture périodique des compteurs.  | <b>Bilan économique :</b><br>📈 Réduction des dépenses liées à la consommation d'eau.<br>💰 Coût des compteurs.<br>🕒 Coût de personnel pendant les lectures de compteur. |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>😊 Réduction de la consommation d'eau.<br>😊 Diminution du rejet d'eaux résiduaires.  |

### Exemple d'application

Une entreprise produisant 45 t/jour de lait stérilisé et ayant une consommation moyenne par mois de 3 895 m<sup>3</sup> d'eau a installé des compteurs d'eau dans différentes sections de l'entreprise (alimentation générale, traitement de l'eau, zone extérieure et réception, production, laboratoires et production de vapeur) et a fait un suivi journalier des lectures de ceux-ci. Le simple contrôle journalier des consommations a permis de détecter des fuites dans le réseau d'alimentation interne et une consommation superflue d'eau dans différentes zones telles que les laboratoires, les équipements de vidage ou la zone de refroidissement. Un contrôle des consommations tout au long de la journée a permis de détecter des différences de consommation entre les différentes équipes de travail, tout particulièrement au cours des nettoyages. À la fin du processus, les réductions obtenues en ce qui concerne la consommation d'eau étaient de 15 %.

|  |  |
|--|--|
|  <b>OPP-13 : Nettoyage à sec des surfaces</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Reconception du processus : Bonnes Pratiques.  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Nettoyage des surfaces.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les opérations de nettoyage impliquent une grande consommation d'eau et le rejet d'un volume élevé d'eaux résiduaires. De plus, lors du nettoyage des installations et des surfaces, des solides sont entraînés et sont finalement éliminés avec l'effluent final, grossissant ainsi la charge polluante du rejet.  |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Réduire la consommation d'eau lors des opérations de nettoyage et la quantité de déchets solides qui aboutissent à l'effluent final en employant des systèmes de retrait à sec de ces déchets.   |  |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enlever les déchets solides à sec à l'aide de brosses, de balais ou en employant des systèmes d'air sous pression.</li> <li>- Poser des grilles sur les bouches d'égout afin d'éviter que les déchets solides pénètrent dans le système d'évacuation des eaux résiduaires.</li> <li>- Formation du personnel.</li> <li>- Établir une procédure d'exploitation pour les opérations de nettoyage.</li> </ul> | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☹ Réduction du coût de l'eau.</li> <li>☹ Réduction des coûts d'épuration du rejet final.</li> <li>☹ Réduction des coûts de gestion des déchets solides.</li> <li>☹ Coûts de personnel.</li> </ul>   |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Réduction de la consommation d'eau.</li> <li>☺ Réduction du volume final du rejet.</li> <li>☺ Réduction de la charge polluante du rejet, tout particulièrement des solides en suspension.</li> <li>☹ Plus grand volume de déchets solides.</li> </ul> |

## Commentaires

On utilise parfois l'arrosage à l'eau pour entraîner les déchets solides avant de commencer le nettoyage. Cette pratique entraîne la consommation d'une grande quantité d'eau et l'accroissement de la charge polluante des eaux résiduaires. Ces déchets peuvent être des incrustations de composés de lait, des restes de caillé, des emballages et autres matériaux.


Le retrait à sec des déchets solides réduit la quantité de solides présents dans les eaux résiduaires et diminue la consommation d'eau. Grâce à cette mesure, on obtient des réductions de 25 % de la consommation d'eau lors des nettoyages.

La gestion des déchets solides obtenus à sec s'avère aussi plus facile et économique, comme dans le cas des déchets d'emballage susceptibles d'être réutilisés et/ou recyclés.

## Exemple d'application

En fonction du degré plus ou moins grand de mise en œuvre de cette option, on obtient des pourcentages différents de réduction de la consommation d'eau. Pour une entreprise qui traiterait quotidiennement 50 t de lait, avec une consommation d'eau estimée à 160 m<sup>3</sup>/jour, les pourcentages de réduction de la consommation d'eau journalière que l'on peut obtenir lors des opérations de nettoyage sont les suivants :

| Réduction de la consommation d'eau de nettoyage                                       | 5 %   | 10 %  | 15 %  | 20 %  | 25 % |
|---|-------|-------|-------|-------|------|
| Réduction de la consommation d'eau lors des opérations de nettoyage (m <sup>3</sup> ) | 2,4   | 4,8   | 7,2   | 9,6   | 12   |
| Consommation d'eau (m <sup>3</sup> )  | 157,6 | 155,2 | 152,8 | 150,4 | 148  |

|  |   |
|--|---|
|  <b>OPP-14 : Pose de systèmes de fermeture instantanée sur les tuyaux d'eau</b> |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Reconception du processus : Bonnes Pratiques.   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Nettoyage des installations.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les opérations de nettoyage consomment entre 25 et 40 % de l'eau consommée dans l'entreprise laitière.                |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Poser des buses ou des pistolets à fermeture automatique sur les tuyaux d'eau du nettoyage.                |   |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Pose de systèmes de fermeture automatique sur les tuyaux d'eau.  | <b>Bilan économique :</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Réduction des dépenses en eau.</li> <li>☞ Coût des dispositifs de fermeture automatique.</li> </ul>       |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Consommation d'eau plus faible.</li> <li>☺ Réduction du volume final du rejet.</li> </ul> |

## Commentaires

L'eau est acheminée vers les zones de nettoyage par des tuyaux d'eau permettant ainsi de couvrir un plus grand nombre de surfaces à nettoyer. De cette manière, l'ouverture et la fermeture du courant d'eau dépend directement des ouvriers.


Pendant le changement d'opération ou en les transportant d'une zone à l'autre, il se peut que les tuyaux d'eau restent ouverts, ce qui entraîne une perte d'eau. Cette situation est évitable en plaçant des dispositifs de fermeture instantanée au bout des tuyaux d'eau, ce qui évite la sortie d'eau lorsque l'ouvrier n'appuie pas sur le dispositif d'ouverture.

La consommation d'eau plus faible est reflétée aussi par une génération inférieure d'eaux résiduaires. Grâce à ces systèmes, on estime pouvoir atteindre des réductions de 15 % du volume d'eau consommée lors des opérations de nettoyage.

## Exemple d'application

Dans une entreprise laitière où sont traitées 7 025 t/an de lait pour la fabrication de fromage et d'autres produits laitiers avec une consommation annuelle approximative de 15 000 m<sup>3</sup> d'eau, on estimait que la consommation d'eau avoisinait les 60 % de la consommation totale de l'installation ; diverses actions de réduction de la consommation d'eau ont donc été mises en œuvre lors des opérations de nettoyage des surfaces, les résultats ainsi obtenus étant les suivants (données estimées sur un an).

| ACTIONS  | RÉDUCTION | RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'EAU (m <sup>3</sup> ) |
|--|-----------|--|
| Nettoyage à sec des sols et autres surfaces préalablement au nettoyage à l'eau | 4 %       | 360  |
| Pose de systèmes de fermeture automatique de l'eau sur les tuyaux              | 11 %      | 990  |
| Utilisation d'eau sous pression pour le nettoyage des zones extérieures        | 8 %       | 720  |
| Total  | 23 %      | 2 070  |

|  |   |
|--|---|
|  <b>OPP-15 : Utilisation d'eau sous pression pour le nettoyage des surfaces</b>   |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Reconception du processus : Bonnes Pratiques.   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Nettoyage des installations.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les opérations de nettoyage consomment entre 25 et 40 % de l'eau consommée dans l'entreprise laitière.  |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Employer de l'eau sous pression pour le nettoyage des surfaces, en posant des buses sous pression sur les tuyaux d'eau ou en employant des unités mobiles d'eau sous pression. |   |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Poser des buses sous pression sur les tuyaux d'eau.<br>- Disposer d'unités mobiles d'alimentation en eau sous pression.  | <b>Bilan économique :</b><br>☺ Réduction des dépenses en eau.<br>☹ Coût des équipements.                                |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Consommation d'eau plus faible.<br>☹ Réduction du volume final du rejet. |

## Commentaires


L'emploi d'eau sous pression accroît l'efficacité du nettoyage, l'eau exerçant une action mécanique pour éliminer la saleté.

La mise en œuvre de cette option peut se faire simplement en posant des buses sous pression sur les tuyaux d'eau déjà existants, qui peuvent d'ailleurs disposer de systèmes intégrés de fermeture automatique. Grâce à ce système, on obtient une eau basse-moyenne pression.

Si l'on a besoin d'eau haute pression, le plus courant est d'employer des équipements fournissant l'eau sous pression.

Les systèmes haute pression peuvent être employés pour le nettoyage de surfaces à l'extérieur des installations car ils ont l'inconvénient, à cause de la force de l'impact, de pulvériser des particules de saleté dans tous les sens qui se redéposent plus tard sur les surfaces déjà propres, pouvant ainsi recontaminer les surfaces.



|   |  |
|---|--|
|  <b>OPP-16 : Emploi de systèmes à mousse pour le nettoyage de surfaces</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  | Reconception des processus : Substitution d'équipements  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Nettoyage des installations.  |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les opérations de nettoyage consomment entre 25 et 40 % de l'eau consommée dans l'entreprise laitière.   |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Remplacement des systèmes traditionnels de nettoyage des surfaces par des systèmes de nettoyage à mousse et de rinçage ultérieur avec de l'eau sous pression.   |  |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Établissement d'une procédure d'exploitation.</li> <li>- Équipements pour l'application de produits de nettoyage sous forme de mousse.</li> <li>- Formation du personnel de nettoyage.</li> </ul> | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Réduction de la consommation d'eau.</li> <li>☞ Réduction de la consommation de produits de nettoyage.</li> <li>☞ Coût des équipements.</li> <li>☞ Coût de formation du personnel.</li> </ul>  |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Consommation d'eau plus faible.</li> <li>☺ Réduction du volume final du rejet.</li> <li>☺ Réduction de la charge polluante du rejet final.</li> <li>☺ Consommation de produits de nettoyage plus faible.</li> </ul> |

## Commentaires

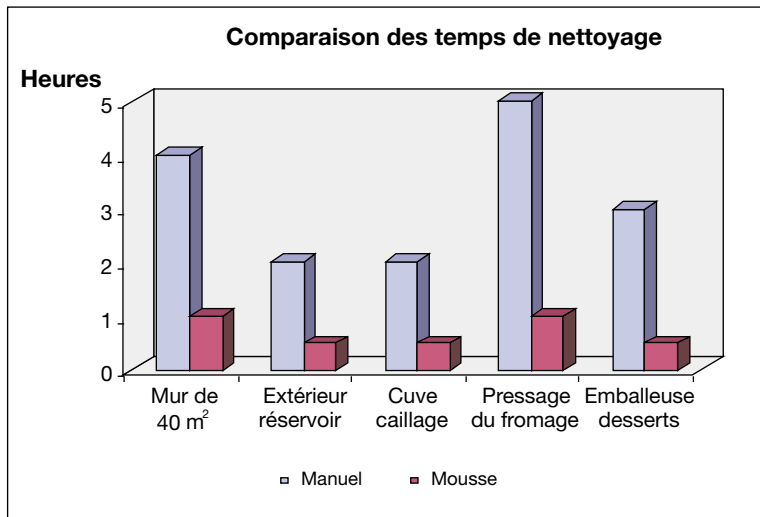
Le nettoyage des installations se fait traditionnellement de façon manuelle sans technologie adéquate. Ces pratiques sont généralement associées à un excès de consommation d'eau et de produits de nettoyage, et engendrent donc un volume d'eaux résiduelles de nettoyage considérable.


Les systèmes de nettoyage à mousse consistent à appliquer le détergent sous forme de mousse sur la surface à nettoyer, laquelle, après le temps de contact nécessaire pour ramollir ou solubiliser la saleté, est enlevée par lavage à grande eau à moyenne ou haute pression. Après, on procède à la désinfection et au rinçage correspondant.

Pour l'application des produits moussants, il faut disposer d'équipements adéquats permettant de faire le mélange solution détergente / air. Les systèmes peuvent consister en un poste central qui alimente les postes satellite depuis lesquels est effectué le nettoyage, ou en des postes mobiles capables d'accéder à toutes les zones à nettoyer.

Étant donné que le système fournit les quantités nécessaires fixées au préalable pour chaque étape de nettoyage, les dosages de produit sont optimisés et les résultats obtenus pour ce qui est du nettoyage et de la désinfection sont meilleurs.

**Figure 55**  
**COMPARAISON DES TEMPS DE NETTOYAGE ENTRE LES MÉTHODES MANUELLES**  
**ET L'EMPLOI DE MOUSSE (Esteban Andueza, 1997)**



|   |   |
|---|---|
|  <b>OPP-17 : Utilisation de systèmes de nettoyage CIP</b>  |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  | Reconception des processus : Substitution de Technologie  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Nettoyage des équipements.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les opérations de nettoyage consomment entre 25 et 40 % de l'eau consommée dans l'entreprise laitière.   |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Remplacement des méthodes traditionnelles de nettoyage des équipements par des systèmes de nettoyage CIP avec circulation en circuit fermé.     |   |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Installation d'équipements de nettoyage CIP.<br>- Personnel qualifié.<br>- Procédures d'exploitation.<br>- Possibilité d'utiliser l'eau de rinçage et d'autres solutions. | <b>Bilan économique :</b><br>📉 Réduction de la consommation d'eau.<br>📉 Réduction des coûts de personnel.<br>📉 Dépenses en énergie.   |
|   | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Consommation d'eau plus faible.<br>☺ Réduction du volume de rejet des eaux résiduaires.<br>☺ Moindre quantité de déchets d'emballage des produits de nettoyage.<br>☹ Plus grande consommation d'énergie. |

## Commentaires

Les méthodes de nettoyage des équipements et des conduites traditionnels consistent à démonter et à nettoyer manuellement les pièces. Ces systèmes se caractérisent par une faible efficacité, des dépenses élevées en main-d'œuvre et des temps d'arrêt de production longs.

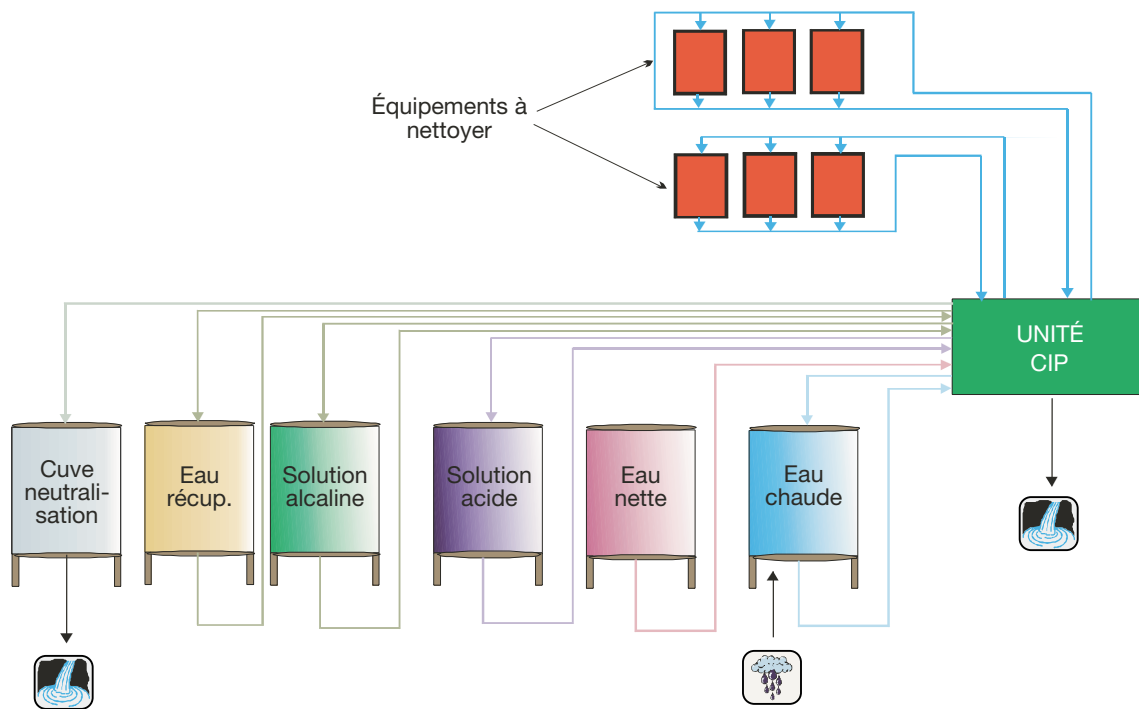
Les systèmes CIP (Clean in Place) consistent à faire passer séquentiellement les solutions de nettoyage et de désinfection ainsi que les rinçages correspondants à l'intérieur des conduites et des équipements. Ces systèmes permettent d'obtenir un nettoyage plus efficace, de raccourcir sa durée dans le processus et de minimiser son impact sur l'environnement.

Les nettoyages CIP complets dans une industrie laitière passent généralement par les étapes suivantes :

- Premier rinçage.
- Phase détergente avec un agent caustique pour l'élimination des déchets organiques.
- Rinçage intermédiaire.
- Phase désincrustante avec un agent acide pour l'élimination des dépôts calcaires.
- Rinçage intermédiaire.
- Désinfection des installations.
- Rinçage final.

L'unité centrale d'un système CIP est constituée de : réservoirs de stockage des produits détergents concentrés, réservoirs d'eau propre, pompes de recirculation, réservoir de récupération de l'eau de rinçage (s'il y a récupération), et autres systèmes de préparation des solutions.

**Figure 56**  
**DIAGRAMME DE NETTOYAGE CIP**



L'un des grands avantages de ces équipements est qu'ils permettent une grande automatisation, ce qui donne lieu à de moindres consommations d'eau et de produits chimiques et à un moindre volume d'eaux résiduelles. Le contrôle des paramètres de nettoyage (température, pH, concentration de produits, ...) des équipements permet d'optimiser encore plus les consommations.

Étant donné que chacun des courants d'eau et des solutions de nettoyage est recirculé provenant des réservoirs de stockage correspondants, l'instauration de ces systèmes CIP permet d'introduire des systèmes de réutilisation des solutions de rinçage et de régénération des solutions détergentes.

Dans le cas de la récupération de l'eau de rinçage final et de son utilisation pour le prélavage du cycle suivant, on arrive à obtenir des diminutions allant jusqu'à 50 % de la consommation d'eau lors de l'opération.


L'autre avantage, c'est qu'il y a moins de déchets d'emballage des produits de nettoyage ; en effet, avec ce système, les produits sont stockés dans des réservoirs pouvant être à nouveau remplis.

### Exemple d'application

Le tableau suivant présente une approximation des réductions atteintes dans une fromagerie qui traiterait 100 000 litres de lait par jour.

|                    | <b>NETTOYAGE TRADITIONNEL SANS RÉCUPÉRATION DE SOLUTIONS (m<sup>3</sup>/jour)</b> | <b>NETTOYAGE VIA SYSTÈMES CIP (m<sup>3</sup>/dia)</b> |
|--------------------|---|---|
| Eaux de rinçage    | 50  | 15  |
| Eaux au pH 11 - 12 | 12  | 2   |
| Eaux au pH 1 - 2   | 8   | 1   |

(Source : Esteban Andueza, 1998).

|  |   |
|--|---|
|  <b>OPP-18 : Utilisation de détergents d'une seule passe</b>  |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Reconception des processus : Substitution de matières auxiliaires   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Nettoyage des équipements.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les opérations de nettoyage consomment entre 25 et 40 % de l'eau consommée dans l'entreprise laitière. Lorsqu'elles sont rejetées, ces eaux représentent un volume élevé d'eaux résiduaires avec une charge polluante élevée résultant des restes de produits laitiers et des produits détergents et désinfectants. |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Remplacement des détergents traditionnels par des détergents " d'une seule passe ", les résultats obtenus étant les mêmes mais avec une consommation plus faible en eau et en produits détergents.   |   |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Établissement d'un programme de nettoyage et de désinfection.<br>- Réalisation de procédures d'exploitation.<br>- Équipements de nettoyage CIP.  | <b>Bilan économique :</b><br>☞ Moins de dépenses en main-d'œuvre.<br>☞ Réduction de la consommation des ressources (eau et énergie).<br>☞ Réduction de la consommation des produits de nettoyage et de désinfection.<br>☞ Réduction des dépenses en épuration.  |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Réduction de la consommation d'eau.<br>☺ Réduction de la consommation d'énergie (électricité et vapeur).<br>☺ Réduction de la consommation des produits de nettoyage.<br>☺ Réduction du volume final du rejet.<br>☺ Réduction de la charge polluante du rejet. (Réduction du rejet de Phosphore et d'Azote). |

## Commentaires

À partir des systèmes de nettoyage CIP, la recherche s'est centrée sur le développement de nouveaux produits détergents capables d'obtenir en un seul traitement les mêmes résultats qu'avec le double traitement à l'alcali et à l'acide. C'est ainsi que sont apparus les produits " d'une seule passe ". Dans certains cas, on peut même ajouter le désinfectant, la désinfection se faisant alors en même temps que le nettoyage.

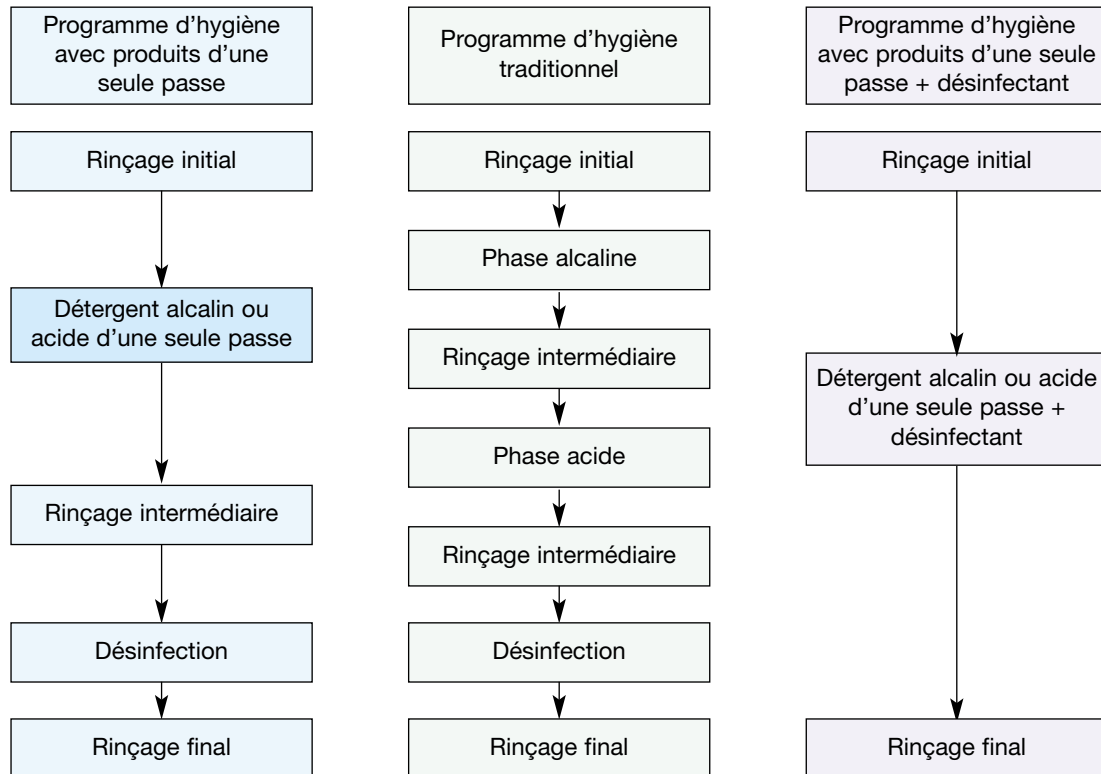
Dans les systèmes traditionnels à deux phases, les produits alcalins éliminent protéines, graisses et lactose mais il faut un produit acide pour éliminer les sels inorganiques. Cependant, les détergents " d'une seule passe " sont capables d'éliminer avec un seul produit aussi bien les protéines, les graisses et le lactose que les sels.

Pour s'adapter aux exigences de nettoyage de l'industrie, deux types de produits d'une seule passe ont été développés : les produits formulés sur une base acide et ceux formulés sur une base alcaline.

- Les *produits de nature acide* sont formulés avec un acide et une grande quantité de tensioactifs pour agir contre les déchets de graisse et de protéine. De cette manière, on élimine en un seul passage la saleté de nature organique et inorganique.
- Les *produits de nature alcaline* sont formulés avec une base et une haute concentration en humectants et en émulsions (qui facilitent la désagrégation des déchets de graisse et de protéine) et en agents séquestrants (qui empêchent le dépôt des sels alcalins présents dans la solution de nettoyage et éliminent les incrustations produites par le processus de production).

La figure suivante indique les différences par rapport à un programme de nettoyage CIP traditionnel.

**Figure 57**  
**PROGRAMMES DE NETTOYAGE CIP AVEC DIFFÉRENTES SOLUTIONS DE NETTOYAGE**



Le tableau suivant présente quelques exemples d'application de ce genre de nettoyage pour différentes zones de l'industrie laitière.

**Tableau 22: Exemples d'application de nettoyage CIP**  
**(Source: Arnau Calduc, F. 1995)**

| AIRE  | NETTOYAGE  |
|---|--|
| Zone de lait froid : citernes de collecte, tuyaux, installations de remplissage | Nettoyage dans une phase acide ou alcaline. Selon la dureté de l'eau, le nettoyage acide peut s'avérer plus économique |
| Coagulation du fromage, moules à fromage  | Nettoyage dans une phase acide   |
| Zone de lait froid : cuves et remplisseuses de caillebotte, de yaourt, etc.     | Nettoyage dans une phase alcaline  |
| Produits pasteurisés  | Nettoyage dans une phase alcaline avec additifs  |
| Équipements UHT, évaporateurs   | Le nettoyage en une phase n'est pas adéquat  |

Les avantages pour l'environnement sont visibles à l'œil nu ; en effet, le programme de nettoyage avec un détergent d'une seule passe exige moins d'étapes de rinçage et d'application de produit.

**Tableau 23: Réductions obtenues avec des détergents d'une seule passe face au système traditionnel de nettoyage CIP (Esteban Andueza, 1998)**

|                                 | <b>PROGRAMME D'HYGIÈNE AVEC DES PRODUITS D'UNE SEULE PASSE</b> | <b>PROGRAMME D'HYGIÈNE AVEC DES PRODUITS D'UNE SEULE PASSE ACIDE-DÉSINFECTANT</b> |
|---------------------------------|--|---|
| Réduction du rejet              | 50 %   | 62 %  |
| Réduction de temps et d'énergie | 60 %   | 74 %  |

(Pourcentage de réduction considéré par rapport à un programme d'hygiène traditionnel).

Une réduction du temps de nettoyage peut entraîner un allongement significatif du temps de production. Dans certains cas, une réduction du temps de nettoyage de 25 % peut impliquer un allongement du temps de production de 1,5 heures par jour. (PNUE, 2000)


Un autre avantage de ces systèmes pour l'environnement est que les produits ont une moindre teneur en phosphore et en azote, qui sont l'un des principaux apports des produits de nettoyage à la pollution des eaux. Alors que les détergents traditionnels contiennent entre 10 % et 20 % de phosphore, les détergents acides à une seule phase contiennent entre 0,1 et 0,2 % et les alcalins entre 0,2 et 0,3 % de phosphore. (F. Arnau, 1995)

### Exemple d'application

Pour le nettoyage d'un pasteurisateur de 15 000 l/h, un volume de circuit de 250 litres et un débit de pompe de 20 000 l/h.

| <b>NETTOYAGE CIP TRADITIONNEL</b> |              |                        | <b>NETTOYAGE DÉTERGENT D'UNE SEULE PASSE</b> |              |                        |
|-----------------------------------|--------------|------------------------|--|--------------|------------------------|
| <b>PHASE</b>                      | <b>TEMPS</b> | <b>CONSUMMATION</b>    | <b>PHASE</b>                                 | <b>TEMPS</b> | <b>CONSUMMATION</b>    |
| Rinçage                           | 10'          | 3,3 m <sup>3</sup> eau | Rinçage                                      | 10'          | 3,3 m <sup>3</sup> eau |
| Trait. alcalin                    | 40'          | 5 kg soude             | Trait. détergent<br>" d'une seule<br>passe " | 20'          | 7,5 kg                 |
| Rinçage                           | 15'          | 5 m <sup>3</sup> eau   |  |              |                        |
| Trait. acide                      | 20'          | 4 kg ac. nitrique      |  |              |                        |
| Rinçage                           | 15'          | 5 m <sup>3</sup> eau   | Rinçage                                      | 10'          | 3,3 m <sup>3</sup> eau |

|                                       | <b>NETTOYAGE CIP TRADITIONNEL</b> | <b>NETTOYAGE DÉTERGENT D'UNE SEULE PASSE</b> |
|---------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Consommation totale d'eau             | 13,3 m <sup>3</sup> eau           | 6,6 m <sup>3</sup> eau                       |
| Temps total employé                   | 100'                              | 40'  |
| Consommation de produits de nettoyage | 9 kg                              | 7,5 kg                                       |

|  |  |
|--|--|
|  <b>OPP-19 : Récupération des solutions de nettoyage</b>  |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   |  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Nettoyage des équipements.  |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Rejets ponctuels des solutions de nettoyage (acides, basiques, désinfectants) à haute concentration polluante.  |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>L'emploi d'un système de récupération des solutions de nettoyage afin d'éviter le rejet de produits chimiques susceptibles d'être encore utilisés. |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Équipements de récupération des solutions (systèmes de filtrage).<br>- Personnel qualifié.<br>- Procédures d'exploitation.   | <b>Bilan économique :</b><br>☞ Réduction de la consommation de solutions de nettoyage.<br>☞ Réduction du coût de traitement du rejet final.<br>☞ Réduction de la consommation d'eau.<br>☞ Augmentation des dépenses énergétiques.<br>☞ Coûts des équipements.<br>☞ Coût d'entretien des équipements de filtrage des solutions.<br>☞ Coûts de formation du personnel. |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Réduction du volume final du rejet.<br>☺ Réduction de la consommation d'eau.<br>☺ Réduction de la charge polluante du rejet.<br>☹ Augmentation de la consommation énergétique.  |

## Commentaires

La quantité de produits de nettoyage employée dans l'industrie laitière est élevée : on estime que pour chaque tonne de lait élaboré on emploie entre 1 et 4 kg de solutions de nettoyage qui, une fois épuisées, sont éliminées. (Alejandro Held, 1995).

L'utilisation de techniques de récupération de ces solutions fait que celles-ci peuvent être réutilisées, ce qui permet de diminuer leur consommation.

La régénération des solutions nettoyantes acides se fonde essentiellement sur des systèmes de décantation des composants organiques, ceux-ci n'étant pas dissous dans les solutions acides et restant en suspension. En éliminant le sédiment du fond et/ou la graisse surnageante, la solution peut être réutilisée sans qu'aucun autre traitement spécial ne soit nécessaire, en compensant les pertes par l'adjonction de produit concentré (G. Wildbrett, 2000).

La régénération des solutions nettoyantes exige des traitements un peu plus complexes, les composants organiques de la saleté se trouvant majoritairement dissous dans la solution. En présence de tensides, il peut également se produire des émulsions. Les techniques traditionnelles de sédimentation ou de centrifugation ne donnent pas de bons rendements. Les techniques de filtrage tangentiel, où la solution sale tombe de façon tangentielle sur une membrane, permettent d'obtenir de bons rendements.

Les économies en produits de nettoyage en appliquant le recyclage des solutions par ultra ou microfiltrage peuvent dépasser les 90 % (Alejandro Held, 1995). Le concentré en matière organique résultant de la régénération a été utilisé dans certains cas comme fourrage ou engrais (Alejandro Held, 1995).




## Exemple d'application

Pour une entreprise qui présenterait les valeurs suivantes :

| <b>CARACTÉRISTIQUES</b>                                |     |
|--|-----|
| Production de lait (t/jour)                            | 50  |
| Consommation de produits chimiques (kg/t lait produit) | 100 |

La récupération des solutions de nettoyage par des techniques de filtrage tangentiel représente des économies en produits de nettoyage de 60 %. La quantification des bénéfices obtenus est indiquée ci-dessous :

|   | <b>AVANT LA MISE EN<br/>ŒUVRE DE L'OPP</b> | <b>APRÈS LA MISE EN<br/>ŒUVRE DE L'OPP</b> |
|---|--|--|
| Consommation totale de produits de nettoyage (t/an) | 30   | 12   |


|  |   |
|--|---|
|  <b>OPP-20 : Contrôle périodique des émissions des chaudières</b>   |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Bonnes Pratiques.   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Génération d'eau chaude ou de vapeur.  |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Émissions de gaz de combustion dans l'atmosphère.   |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Établir un programme d'entretien périodique des chaudières ainsi que de surveillance et de contrôle des émissions de gaz de combustion. On assure ainsi le bon fonctionnement du système et l'optimisation de la combustion. |   |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Entretien préventif des chaudières.<br>- Mesurages périodiques des émissions de gaz.<br>- Procédure d'exploitation.<br>- Contrôle visuel de la sortie de fumées.<br>- Personnel qualifié.  | <b>Bilan économique :</b><br>📉 Réduction de la consommation de combustible.<br>💰 Coût des mesurages et des analyses d'émissions.<br>👤 Coûts de personnel. |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>😊 Réduction de l'émission de gaz polluants.<br>☺ Réduction de la consommation de combustibles.               |


### Exemple d'application


Pour une chaudière de production de vapeur ayant une puissance thermique de 528 000 kcal/h, une production maximale de 800 kg/h et utilisant du propane comme combustible, voici les mesurages effectués avant et après la mise au point de la chaudière :


|                     | AVANT    | APRÈS |
|---------------------|----------|-------|
| % O <sub>2</sub>    | 1,81     | 5,79  |
| % CO <sub>2</sub>   | 12,52    | 9,93  |
| ppm CO              | 8 919,38 | 1,63  |
| ppm NOx             | 70,75    | 72,00 |
| ppm SO <sub>2</sub> | 0,00     | 0,00  |
| % Rendement         | 83,82    | 90,56 |


Au vu des résultats, la mise au point de la chaudière a permis une amélioration de l'excès d'oxygène pendant la combustion, ce qui s'est traduit par de meilleures performances de la chaudière et des diminutions considérables des émissions de monoxyde de carbone et de CO<sub>2</sub>.

|   |  |
|---|--|
|  <b>OPP-21 : Récupération de l'eau de condensation</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Recyclage à la source.  |  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Opérations auxiliaires.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>La consommation d'eau élevée (entre 1,3 et 3,2 l d'eau/kg de lait traité) qui se produit dans les entreprises laitières.   |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Récupérer les eaux de condensation générées au cours des traitements thermiques et des refroidissements. Cette eau est utilisable pour l'alimentation des chaudières, si elle a la qualité adéquate.  |  |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir la qualité d'eau requise pour chaque opération.</li> <li>- Installation de systèmes de récupération des condensats.</li> <li>- Récirculation des eaux de condensation.</li> <li>- Utilisation des condensats pour l'alimentation des chaudières.</li> <li>- Il peut s'avérer nécessaire d'employer des additifs (fongicides, antichaux, antincrûtant, algicides, désinfectants, etc.).</li> </ul> | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Réduction de la consommation d'eau.</li> <li>☞ Adéquation des équipements et installation de systèmes de collecte et de recyclage des condensats.</li> </ul> <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Réduction du volume final du rejet.</li> <li>☺ Réduction de la consommation d'eau.</li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
|  <b>OPP-22 : Éviter les fuites de fluides frigorigènes</b>  |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Bonnes Pratiques.  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Équipements de froid.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>L'émission de fluides frigorigènes, avec CFC dans l'atmosphère.   |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Établir une procédure de contrôle sur les émissions de fluides frigorigènes afin d'éviter les fuites et d'optimiser le rendement des équipements.  |  |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réviser périodiquement l'état des installations, surtout s'il y a des pertes de pression dans le circuit ou des baisses de rendement.</li> <li>- Réviser les joints entre tuyaux et accessoires ou équipements.</li> <li>- Installation de dispositifs de contrôle dans l'installation.</li> <li>- Substitution d'équipements.</li> <li>- Personnel spécialisé dans la recharge et la manipulation des fluides et des équipements frigorigènes.</li> </ul> | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Réduction des dépenses en raison des pertes de fluides frigorigènes.</li> <li>☞ Réduction de la consommation d'énergie.</li> <li>☞ Coûts de personnel pour l'entretien.</li> <li>☞ Coût des équipements.</li> </ul> |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Réduction de l'émission de gaz réfrigérants.</li> <li>☺ Consommation d'énergie plus faible.</li> </ul>  |

|  |  |
|--|--|
|  <b>OPP-23 : Remplacement des fluides frigorigènes par d'autres ne contenant pas de CFC</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Substitution de matériaux.   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Équipements de froid.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>L'émission de fluides frigorigènes, avec CFC dans l'atmosphère.   |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Élimination des fluides frigorigènes contenant des CFC, soit par la substitution de fluides frigorigènes si l'installation le permet, soit par le changement des équipements de froid. |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Utilisation de fluides autorisés.<br>- Substitution d'équipements.   | <b>Bilan économique :</b><br>📉 Coût des équipements.   |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>😊 Réduction de l'émission de CFC dans l'atmosphère. |

|  |   |
|--|---|
|  <b>OPP-24 : Stocker les produits dangereux dans des conditions adéquates</b>   |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Bonnes Pratiques.   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Opérations auxiliaires.  |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Les produits dangereux peuvent polluer de grandes étendues de sol et d'eau s'il se produit des rejets ou des écoulements accidentels.   |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Disposer d'une zone de stockage adéquate pour les produits dangereux. Cette zone doit être protégée contre le passage des véhicules par un accès limité au personnel responsable et par des mesures de collecte des lixiviats susceptibles d'être produits.  |   |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disposer d'une zone de stockage spécifique pour ces produits et de mesures de sécurité opportunes.</li> <li>- Imperméabiliser le sol sur lequel sont déposés ces produits.</li> <li>- Disposer d'un système de collecte indépendant des eaux résiduaires pour les écoulements de produits dangereux.</li> <li>- Formation du personnel sur la manipulation de ces produits.</li> <li>- Établir un système d'intervention en cas d'accident (aussi bien pour l'environnement que pour les travailleurs).</li> <li>- Signaler et étiqueter correctement les produits dangereux.</li> </ul> | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ Réduction des coûts de traitement et/ou d'épuration.</li> <li>↳ Coût d'aménagement des zones de stockage.</li> <li>↳ Coût de formation du personnel.</li> </ul> <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Prévenir les accidents ayant des implications environnementales.</li> </ul> |

|   |   |
|---|---|
|  <b>OPP-25 : Minimisation des déchets d'emballage</b>  |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  | Reconception de produit (conditionnements).   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Emballage.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>L'industrie laitière met sur le marché une grande quantité de récipients et d'emballages. De plus, les défauts dans la chaîne d'emballage ou dans le produit final produisent généralement de nombreux emballages usés qui se convertissent en déchet pour l'entreprise.   |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>La mise en œuvre d'un plan de minimisation des déchets d'emballage après réalisation de l'étude correspondante permet de réduire dans une large mesure la quantité de matériel d'emballage mis sur le marché, sans réductions substantielles des prestations de ce matériel (résistance mécanique, préservation du produit, ...). |   |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Analyse des possibilités de minimisation et étude de marché.<br>- Modifications des équipements de fabrication d'emballages (si elle est effectuée dans l'installation-même).<br>- Possible changement de fournisseur d'emballages.<br>- Reconception des emballages de produits laitiers.  | <b>Bilan économique :</b><br>☞ Consommation de matériel d'emballage plus faible.<br>☞ Moindres coûts de gestion des déchets d'emballage propres à l'entreprise.<br>☞ Coût de l'étude de minimisation.<br>☞ Modifications dans la chaîne d'emballage et de stockage. |
| <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>☺ Diminution du volume des déchets d'emballage mis sur le marché.  |   |

## Commentaires

Les industries laitières se caractérisent par le fait d'élaborer des produits très périssables qu'il faut protéger par des emballages pour leur mise sur le marché. L'optimisation du ratio poids des emballages/poids du produit permet de réduire les consommations superflues de ressources et/ou d'énergie pour leur fabrication et de réduire la quantité de déchets d'emballage restant sur le marché après que le consommateur ait consommé le produit.

Pour mettre en place un plan de minimisation des emballages dans une entreprise laitière, on suit généralement les pas suivants :

- Confection d'un inventaire de tous les emballages qu'utilise l'entreprise quant aux formats, au type de matériau, au volume, aux spécifications, etc.
- Analyse des possibilités de minimisation des emballages (changements de matériau, caractéristiques du matériau, conception récipient, volume récipient, transport, stockage) en tenant compte entre autres des besoins du produit et des conditions du système de transport et de stockage employé.
- Application des mesures.
- Quantification des résultats.

## Exemples d'application

### Cas 1

Une entreprise qui emploie 2 000 palettes à utilisation unique par an pour le transport de ses produits envisage la possibilité d'employer des palettes recyclables de meilleure qualité avec une durée de vie de 12 utilisations. Voici les améliorations obtenues :


|                                 | AVANT<br>L'OPTIMISATION | APRÈS<br>L'OPTIMISATION |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Nbre de palettes                | 2 000                   | 50                      |
| Poids unitaire (kg/palette)     | 17                      | 23,5                    |
| Nbre d'utilisations             | 1                       | 40                      |
| <b>Déchet de palette (t/an)</b> | <b>34</b>               | <b>0,78</b>             |


### Cas 2


Une entreprise qui produit 50 000 l de lait UTH emploie des boîtes de carton de 124 g/m<sup>2</sup> pour regrouper les récipients type brick par groupes de 6 unités. Deux options sont envisagées pour la minimisation du carton : a) Employer du carton de plus petit grammage (110 g/cm<sup>2</sup>) ou b) changer la conception afin d'employer moins de surface de carton, ce qui représente une réduction de la surface de carton de 4 140 cm<sup>2</sup> à 3 515 cm<sup>2</sup>. Le tableau suivant présente les résultats obtenus :

|  | ACTUEL       | OPTION A     | OPTION B     |
|--|--------------|--------------|--------------|
| Nbre d'emballages                        | 8 333        | 8 333        | 8 333        |
| Poids unitaire boîte (g/m <sup>2</sup> ) | 124          | 119          | 124          |
| Surface (cm <sup>2</sup> )               | 4 140        | 4 140        | 3 515        |
| <b>Poids total de carton (t/an)</b>      | <b>427,8</b> | <b>410,5</b> | <b>363,2</b> |



|   |   |
|---|---|
|  <b>OPP-26 : Séparer les déchets solides de façon adéquate</b>   |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Valorisation.   | Recyclage externe.  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Emballage.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Le volume de déchets solides produit est élevé, tout particulièrement dans le cas des déchets d'emballage. Ces déchets sont susceptibles d'être recyclés pour la fabrication de nouveaux produits.   |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Mettre en place l'infrastructure nécessaire permettant une séparation adéquate des principaux types de déchets solides générés dans l'entreprise (récipients, papier/carton, plastiques, verre), de manière à pouvoir les gérer ultérieurement de façon adéquate.   |   |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disposer de conteneurs pour chaque type de déchet.</li> <li>- Identifier les différents conteneurs suivant le déchet qui y sera déposé.</li> <li>- Placer des conteneurs à proximité des zones où la génération de déchets d'emballage et de récipients est plus grande afin de faciliter leur séparation.</li> <li>- Disposer d'une zone de stockage.</li> <li>- Compacter les déchets d'emballage afin de gagner de l'espace pour le stockage et de faire des économies de transport.</li> <li>- Formation du personnel.</li> </ul> | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☹ Réduction du coût de gestion des déchets.</li> <li>☹ Coût des conteneurs.</li> <li>☹ Coût des équipements de conditionnement (compacteurs, paquetteuses,...).</li> <li>☹ Coûts de formation du personnel.</li> </ul> <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Valorisation des déchets.</li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
|  <b>OPP-27 : Neutralisation des courants acides et basiques avant rejet</b>   |  |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   |  |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Épuration des eaux résiduaires.   |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Rejets ponctuels des eaux résiduaires de nettoyage aux pH extrêmes lorsque les réservoirs correspondant aux solutions de nettoyage acides ou basiques sont vidés. Ces eaux résiduaires ont un grand impact environnemental sur le milieu récepteur et peuvent s'avérer très nuisibles pour les systèmes d'épuration des eaux résiduaires (tout particulièrement si ceux-ci sont biologiques). |  |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Neutraliser les courants aux pH extrêmes avant leur rejet, en mélangeant les courants acides et basiques ou en dosant un réactif pour atteindre un pH quasi-neutre au point de rejet.  |  |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>- Construction d'une fosse d'homogénéisation/neutralisation des courants acides et basiques.<br>- Dosage de réactifs.  | <b>Bilan économique :</b><br>📉 Réduction des dépenses en épuration.<br>💰 Coût de la construction d'une fosse d'homogénéisation.<br>📉 Coût du système de dosage du réactif. |
|  | <b>Bilan en matière d'environnement :</b><br>😊 Réduction de la dangerosité du rejet.   |

|   |   |
|---|---|
|  <b>OPP-28 : Optimisation du rendement énergétique par cogénération</b>  |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.  |   |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.  | <b>Étape / Opération :</b> Génération d'énergie.  |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>La demande énergétique élevée (thermique et électrique) des entreprises laitières.   |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>Dans les installations industrielles de grande taille ou les installations ayant des demandes élevées en énergie thermique (par exemple celles qui disposent d'opérations de concentration du lactosérum), la production d'énergie électrique avec récupération de la chaleur résiduelle pour la production d'énergie thermique peut devenir viable sur le plan économique. La viabilité de cette option dépend à chaque instant des prix des combustibles fossiles, de l'énergie électrique et des appuis gouvernementaux à la cogénération existant dans chaque pays. |   |
| <b>Mise en œuvre :</b><br>Développement du projet de cogénération : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Étude de viabilité.</li> <li>- Projet de base.</li> <li>- Optimisation de la conception.</li> <li>- Construction et mise en marche.</li> <li>- Légalisation et formalités administratives.</li> <li>- Relations avec la compagnie d'électricité et le fournisseur de combustible.</li> <li>- Entretien et exploitation.</li> </ul>   | <b>Bilan économique :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>👉 Diminution du coût énergétique.</li> <li>👉 Indépendance énergétique.</li> <li>👉 Coûts de développement du projet.</li> <li>👉 Investissement dans le système.</li> <li>👉 Coût d'entretien et d'exploitation.</li> </ul> <b>Bilan en matière d'environnement :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>☺ Économie d'énergie primaire.</li> <li>☺ Réduction d'émissions dans l'atmosphère (pour générer la même énergie, moins de combustible à brûler).</li> <li>☺ Emploi de combustibles moins polluants (gaz naturel) ou emploi de combustibles résiduels (biogaz, biomasse, déchets industriels, etc.).</li> </ul> |



## OPP-29 : Bonnes Pratiques pour la réduction de la consommation d'eau

**Type d'Opportunité :** Réduction à la source.

Reconception du processus : Bonnes Pratiques.

**Processus :** Élaboration de produits laitiers.

**Étape / Opération :** Toutes.

**Problématique environnementale :**


La forte consommation d'eau des entreprises laitières, qui peut atteindre des valeurs oscillant entre 1,3 et 3,2 l d'eau / l de lait traité.

**Opportunité de Prévention de la Pollution :**

La mise en œuvre de bonnes pratiques pour la réduction de la consommation d'eau dans toutes les sections de l'entreprise.

**Mise en œuvre :**

- Ajuster le débit d'eau aux besoins de consommation de chaque opération.
- Établissement des conditions optimales d'opération, en les indiquant par écrit et en les diffusant parmi les travailleurs.
- Installer des valves de réglage du débit.
- Installation de systèmes de fermeture sectorisée du réseau d'eau, permettant de couper l'alimentation d'une zone en cas de fuite.
- Employer une eau de qualité adéquate dans chaque opération permet sa réutilisation dans des étapes moins critiques et une économie lors des traitements préalables de l'eau pour le processus.
- Faire des inspections périodiques de l'installation et/ou de la consommation pour détecter au plus vite fuites, ruptures ou pertes.
- Utilisation de circuits fermés de refroidissement.
- Systèmes automatiques de fermeture aux points d'eau (tuyaux d'eau, robinets, toilettes, etc.).
- Utilisation des eaux résiduaires après épuration, à condition qu'elles atteignent un niveau de qualité acceptable, pour des opérations comme l'arrosage des zones de l'entreprise aménagées en espaces verts ou le nettoyage de zones extérieures.

|  |   |
|--|---|
|  <b>OPP-30 : Bonnes Pratiques pour la réduction de la consommation d'énergie</b>  |   |
| <b>Type d'Opportunité :</b> Réduction à la source.   | Reconception du processus : Bonnes Pratiques. |
| <b>Processus :</b> Élaboration de produits laitiers.   | <b>Étape / Opération :</b> Toutes.            |
| <b>Problématique environnementale :</b><br>Dans la majeure partie des entreprises laitières, la consommation d'énergie (électrique et thermique) est élevée, affichant dans bien des cas des valeurs supérieures à 0,14 kWh/l de lait traité.  |   |
| <b>Opportunité de Prévention de la Pollution :</b><br>La mise en œuvre de Bonnes Pratiques pour la réduction de la consommation d'énergie dans les installations de l'entreprise laitière.   |   |
| <b>Mise en œuvre :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Installer des systèmes de contrôle automatiques pour la coupure de l'électricité et l'arrêt des équipements lorsqu'ils ne sont pas employés.</li> <li>- Établissement des conditions optimales de fonctionnement, en les indiquant par écrit et en les diffusant parmi les travailleurs.</li> <li>- Éviter que les portes des chambres restent longtemps ouvertes.</li> <li>- Éviter les fuites de vapeur.</li> <li>- Éviter les pertes de chaleur dans les tuyaux et les installations moyennant leur isolation thermique.</li> <li>- Faire un entretien adéquat des éléments d'isolation et de scellage thermique.</li> <li>- Verrouiller les éléments de marche et de contrôle afin d'éviter le fonctionnement à vide des équipements.</li> <li>- Installer un système informatique de contrôle de la température des chambres de refroidissement et un dispositif d'alarme.</li> </ul> |   |



### OPP-31 : Bonnes Pratiques pour réduire les émissions de gaz

**Type d'Opportunité :** Réduction à la source.

Reconception du processus : Bonnes Pratiques.

**Processus :** Élaboration de produits laitiers.

**Étape / Opération :** Génération de chaleur et de froid.

**Problématique environnementale :**

L'émission de gaz de combustion (CO, SO<sub>2</sub> ou NO<sub>x</sub>, et particules) dans les chaudières de production de vapeur ou d'eau chaude et les fluides frigorigènes des équipements de froid.

**Opportunité de Prévention de la Pollution :**

La mise en place de Bonnes Pratiques comme moyen simple de réduction des émissions de gaz.

**Mise en œuvre :**

- Effectuer un contrôle visuel de la sortie de fumées.
- Mesurages périodiques des émissions de gaz.
- Vérifier le bon fonctionnement des chaudières.
- Faire un entretien périodique des chaudières et des brûleurs.
- Réviser périodiquement les installations frigorigènes afin de détecter d'éventuelles fuites.
- Emploi de combustibles " plus propres ", comme le gaz naturel.



## OPP-32 : Bonnes Pratiques pour faciliter la gestion des déchets

**Type d'Opportunité :** Réduction à la source.

Reconception du processus : Bonnes Pratiques.

**Processus :** Élaboration de produits laitiers.

**Étape / Opération :** Toutes.

**Problématique environnementale :**

La production de déchets lors des activités de l'industrie laitière (processus, entretien, nettoyage, travail de bureau, laboratoire).

**Opportunité de Prévention de la Pollution :**

L'application de mesures visant à diminuer la quantité de déchets générés ou à faciliter leur transport et leur gestion.

**Mise en œuvre :**

- Éviter le rejet des huiles lubrifiantes usées et d'autres déchets dangereux dans le système d'évacuation.
- Éviter que les fuites de combustible aboutissent au système d'évacuation des eaux résiduaires.
- Installer un système de collecte des fuites éventuelles de combustible.
- Épuiser les emballages contenant produits de nettoyage, additifs, produits chimiques, etc.
- Effectuer un contrôle adéquat des produits disponibles dans l'entrepôt.
- Utilisation de réservoirs remplissables pour les produits employés en grande quantité.
- Utilisation d'emballages de plus grand format pour les produits à plus forte consommation afin de diminuer la quantité de déchets d'emballage.
- Éviter le rejet des déchets de laboratoire dans le système général d'évacuation des eaux résiduaires.
- Collecter séparément les déchets destinés au recyclage.
- Éviter de mélanger des déchets dangereux avec des déchets non-dangereux.
- Identifier la zone de stockage des déchets dangereux afin d'éviter leur mélange avec les déchets non-dangereux.
- Enlever à sec les déchets solides afin de faciliter leur transport et leur gestion ultérieure.





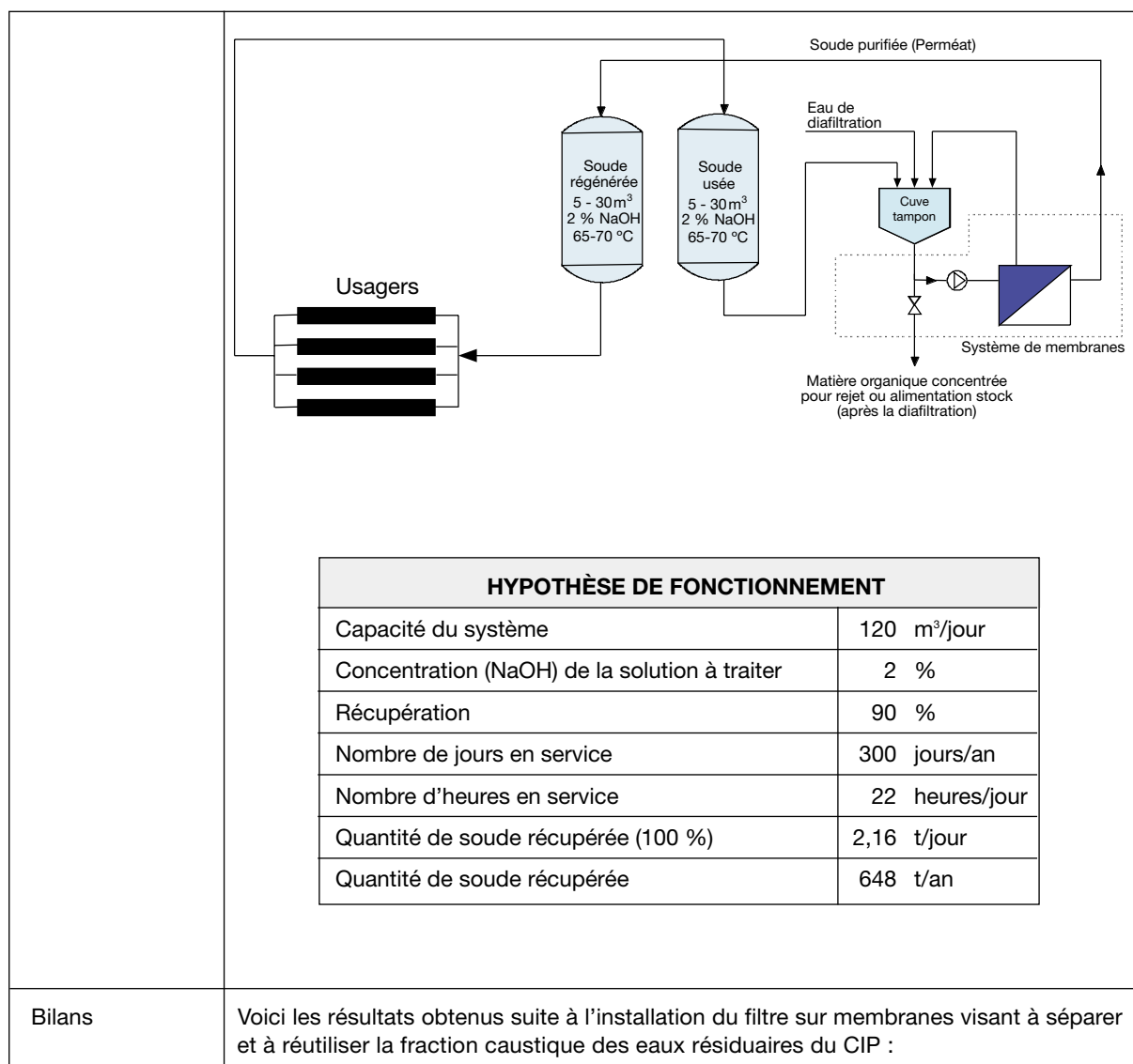
## 6. CAS PRATIQUES

| <b>CAS PRATIQUE 1/5</b>                            |  |  |      |         |                 |      |      |                         |      |      |             |       |       |               |       |       |
|--|--|--|------|---------|-----------------|------|------|-------------------------|------|------|-------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| Entreprise   | MISR. COMPANY FOR MILK AND FOOD est l'une des entreprises publiques les plus grandes du secteur laitier en Égypte, avec plus de 512 ouvriers. L'entreprise traite 8 250 tonnes par an de lait cru dans le but de produire 1 250 tonnes/an de fromage frais et 850 tonnes/an de fromage sec, en plus d'autres produits laitiers.  |  |      |         |                 |      |      |                         |      |      |             |       |       |               |       |       |
| Secteur industriel                                 | Industrie alimentaire. Fabrication de produits laitiers.   |  |      |         |                 |      |      |                         |      |      |             |       |       |               |       |       |
| Considérations sur l'environnement                 | <p>L'usine produit des quantités significatives de deux types de lactosérum dotés de caractéristiques différentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lactosérum perméat issu du processus d'ultrafiltrage pour la fabrication du fromage frais (1,5 t de lactosérum / t de fromage frais).</li> <li>• Lactosérum doux issu de la fabrication du fromage sec (5,0 t de lactosérum / t de fromage sec produit).</li> </ul> <p>Le lactosérum incorporé aux eaux résiduaires élève considérablement le degré de pollution. L'entreprise pratique des rejets de 183 000 m<sup>3</sup>/an dans les égouts de la ville sans traitement préalable d'épuration, avec une DBO<sub>5</sub> de 2 300 ppm et une DCO de 4 050 ppm.</p>  |  |      |         |                 |      |      |                         |      |      |             |       |       |               |       |       |
| Antécédents  | <p>Outre la problématique environnementale causée, le rejet de lactosérum implique le gaspillage d'une source d'hydrates de carbone, de protéines de haute qualité et de minéraux.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMPOSITION DU LACTOSÉRUM<br/>(% SUR MATIÈRE SÈCHE)</th> <th>DOUX</th> <th>PERMÉAT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">Total azote (%)</td> <td>1,30</td> <td>0,26</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Azote non-protéique (%)</td> <td>0,30</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Calcium (%)</td> <td>0,058</td> <td>0,055</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Phosphore (%)</td> <td>0,052</td> <td>0,045</td> </tr> </tbody> </table> <p>L'Égypte utilise depuis des années le vésou et la mélasse de betteraves comme aliments liquides pour les ruminants. C'est pour cette raison que la possibilité d'utiliser le lactosérum comme nouvel aliment liquide de haute qualité et bon marché a éveillé l'intérêt de la zone d'élevage voisine de l'usine.</p> <p>Dans le but de démontrer aux éleveurs la viabilité de cette alternative, on a mis en place une étude pilote qui a porté sur 30 brebis et a duré 8 semaines : on a remplacé l'apport liquide du régime habituel des animaux (eau) par divers mélanges de lactosérum perméat, de mélasses et d'urée.</p> <p>Les résultats ont montré que la relation " kg d'aliment liquide / kg du poids gagné par l'animal " présente une plus grande efficacité avec le lactosérum à 100 % (7,51) qu'avec les mélasses à 100 % (9,16) ou le mélange de mélasses, de lactosérum et d'urée (9,66). 19 litres de lactosérum perméat remplacent la même quantité d'énergie et de protéine calculée pour 2,4 kg de céréales/fourrage avec 88% de protéine crue.</p> <p>Remarque : On utilise le lactosérum perméat d'ultrafiltrage en raison de sa meilleure conservation par rapport au lactosérum doux. On a malgré tout, afin d'éviter l'acidification, ajouté des conservateurs dans le but de maintenir le pH à une valeur supérieure à 6 y compris à haute température.</p> | COMPOSITION DU LACTOSÉRUM<br>(% SUR MATIÈRE SÈCHE) | DOUX | PERMÉAT | Total azote (%) | 1,30 | 0,26 | Azote non-protéique (%) | 0,30 | 0,24 | Calcium (%) | 0,058 | 0,055 | Phosphore (%) | 0,052 | 0,045 |
| COMPOSITION DU LACTOSÉRUM<br>(% SUR MATIÈRE SÈCHE) | DOUX   | PERMÉAT  |      |         |                 |      |      |                         |      |      |             |       |       |               |       |       |
| Total azote (%)                                    | 1,30   | 0,26   |      |         |                 |      |      |                         |      |      |             |       |       |               |       |       |
| Azote non-protéique (%)                            | 0,30   | 0,24   |      |         |                 |      |      |                         |      |      |             |       |       |               |       |       |
| Calcium (%)  | 0,058  | 0,055  |      |         |                 |      |      |                         |      |      |             |       |       |               |       |       |
| Phosphore (%)                                      | 0,052  | 0,045  |      |         |                 |      |      |                         |      |      |             |       |       |               |       |       |

| <p>Résumé de l'action</p>                                 | <p>On a estimé à partir des résultats de l'étude que la valeur réelle du lactosérum atteignait 18,49 €/t. Afin de rendre cette alternative plus attrayante aux yeux des agriculteurs, l'usine a au départ pratiqué des prix de 0,26 €/t.</p> <p>On a mis en place un programme de formation destiné à 5 personnes de l'entreprise et à 2 ouvriers d'une ferme laitière. On y a exposé les procédés de contrôle et de manipulation du lactosérum, les activités de nettoyage, les registres d'entretien et les mesures de contrôle du lactosérum et la façon dont y répondaient les animaux.</p> <p>Un système pratique de distribution du lactosérum s'est mis en marche. On a implanté dans l'usine une installation de conduites, de pompes et de cuves de recueillement du lactosérum jusqu'à son passage en camions de distribution. Le lactosérum est déchargé dans les fermes directement dans les points de consommation d'eau afin d'être consommé par les vaches.</p> <p>L'entreprise a en outre fait l'acquisition de pHmètres portatifs et de thermomètres pour contrôler de façon continue le lactosérum au niveau de 4 points-clé : à la sortie de l'usine, pendant le transport vers la ferme, aux portes de la ferme et aux points de consommation.</p>  |               |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
|---|---|---------------|---------------|---------------|---|----------|---|-----------------------------------|---------|---------|-----------------------|-------|---|----------------------------------|--------|---|--|-------|---------|---|---|-------|---|---|--------|-------------------------|---------------|---------------|--|---------------|--------------|
| <p>Bilans</p>   | <p>L'élimination ou la réduction du rejet de lactosérum dans l'usine a permis de réduire de façon significative la pollution des eaux résiduaires : 415 t de DBO<sub>5</sub>, 522 t de DCO, 58 t de MES, 218 t de STD et 62 t d'huiles et de graisses en moins. Le volume du rejet a également diminué de 5 970 m<sup>3</sup>/an.</p> <p>Les frais de traitement des eaux résiduaires ont diminué de 25 %.</p> <p>Voici les principaux frais issus de l'alimentation au lactosérum : la séparation à la source et la mise en marche du système de stockage et de distribution de l'usine à la ferme.</p> <p>Les bénéfices économiques découlent de la réduction des coûts d'épuration des eaux résiduaires et de la vente du lactosérum. Ceci implique pour la ferme elle-même d'importantes économies au niveau des frais directs d'alimentation du bétail ainsi qu'une augmentation de la productivité. Le tableau suivant présente un résumé économique de l'action entreprise après un an d'alimentation de 412 vaches au lactosérum :</p> <table border="1" data-bbox="432 1171 1374 1738"> <thead> <tr> <th>CASH FLOW</th> <th>USINE<br/>€/AN</th> <th>FERME<br/>€/AN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Transport du lactosérum et installation de stockage</td> <td>(13 164)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Sondes et équipements de contrôle</td> <td>(1 122)</td> <td>(1 122)</td> </tr> <tr> <td>Frais de distribution</td> <td>(320)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Investissement usine d'épuration</td> <td>26 407</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Vente de 6 000 m<sup>3</sup> de lactosérum à 0,26 €/t</td> <td>1 584</td> <td>(1 584)</td> </tr> <tr> <td>100 % d'économies en consommation d'eau (40 kg/tête/jour)</td> <td>—</td> <td>1 584</td> </tr> <tr> <td>75 % d'économies en fourrage et céréales (2 kg/tête/jour)</td> <td>—</td> <td>36 521</td> </tr> <tr> <td><b>Économies nettes</b></td> <td><b>12 385</b></td> <td><b>35 399</b></td> </tr> <tr> <td><b>Amortissement de l'investissement</b></td> <td><b>&lt;10</b></td> <td><b>&lt;1</b></td> </tr> </tbody> </table> <p>* Les chiffres entre parenthèses indiquent une augmentation du coût.</p> <p>L'économie réalisée la première année résulte principalement de l'économie sur l'investissement de l'usine d'épuration. Au cours de la deuxième et de la troisième année, les économies nettes pour l'usine ont atteint 10 563 et 22 447 € respectivement en raison de l'augmentation du prix de vente du lactosérum (1,98 et 3,96 €/t).</p> | CASH FLOW     | USINE<br>€/AN | FERME<br>€/AN | Transport du lactosérum et installation de stockage | (13 164) | — | Sondes et équipements de contrôle | (1 122) | (1 122) | Frais de distribution | (320) | — | Investissement usine d'épuration | 26 407 | — | Vente de 6 000 m <sup>3</sup> de lactosérum à 0,26 €/t | 1 584 | (1 584) | 100 % d'économies en consommation d'eau (40 kg/tête/jour) | — | 1 584 | 75 % d'économies en fourrage et céréales (2 kg/tête/jour) | — | 36 521 | <b>Économies nettes</b> | <b>12 385</b> | <b>35 399</b> | <b>Amortissement de l'investissement</b> | <b>&lt;10</b> | <b>&lt;1</b> |
| CASH FLOW   | USINE<br>€/AN   | FERME<br>€/AN |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
| Transport du lactosérum et installation de stockage       | (13 164)  | —             |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
| Sondes et équipements de contrôle                         | (1 122)   | (1 122)       |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
| Frais de distribution                                     | (320)   | —             |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
| Investissement usine d'épuration                          | 26 407  | —             |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
| Vente de 6 000 m <sup>3</sup> de lactosérum à 0,26 €/t    | 1 584   | (1 584)       |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
| 100 % d'économies en consommation d'eau (40 kg/tête/jour) | —   | 1 584         |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
| 75 % d'économies en fourrage et céréales (2 kg/tête/jour) | —   | 36 521        |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
| <b>Économies nettes</b>                                   | <b>12 385</b>   | <b>35 399</b> |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |
| <b>Amortissement de l'investissement</b>                  | <b>&lt;10</b>   | <b>&lt;1</b>  |               |               |   |          |   |                                   |         |         |                       |       |   |                                  |        |   |  |       |         |   |   |       |   |   |        |                         |               |               |  |               |              |

|                 |   |
|-----------------|---|
| Recommandations | <p>Les usines peuvent utiliser les itinéraires établis de distribution de lait à la source pour livrer le lactosérum dans les fermes.</p> <p>Il faut prêter une attention toute particulière au contrôle de la qualité lors de la manipulation du lactosérum afin d'éviter sa pollution et d'augmenter sa durée de conservation.</p> <p>Il est recommandé d'utiliser des matières résistant à la corrosion dans les conduites et les cuves de stockage, par exemple de l'acier inoxydable ou de la fibre de verre.</p> <p>On effectuera un nettoyage des conduites une fois par semaine minimum afin d'éviter la contamination microbiologique et la formation de mauvaises odeurs.</p> <p>L'introduction du lactosérum dans le régime animal doit prendre place progressivement afin d'éviter les altérations de l'appareil digestif, les diarrhées, le manque d'appétit ou la réduction de la production. On peut commencer par un mélange d'eau à 20 % et augmenter la proportion de lactosérum de 20 % chaque semaine pendant 3 semaines jusqu'à atteindre 100 % de lactosérum.</p> <p>La quantité de lactosérum proposée aux animaux doit être contrôlée de façon appropriée afin d'éviter une consommation excessive sur une courte période et des problèmes de gonflement.</p> |
| Conclusions     | <p>L'entreprise MISR. COMPANY FOR MILK AND FOOD a pu grâce à cette action réduire le degré de pollution de ses eaux résiduaires et obtenir des économies financières significatives particulièrement au niveau de l'investissement dans l'épuration des eaux. En outre, cette réduction permet à l'entreprise d'être en conformité avec la loi 93 sur le rejet des eaux résiduaires industrielles.</p>  |

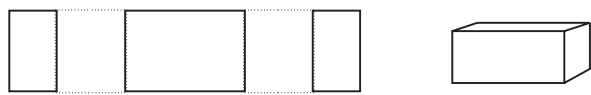
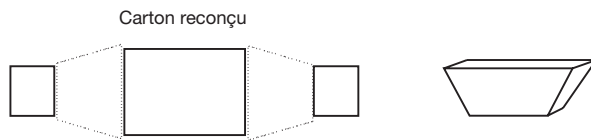
| <b>CAS PRATIQUE 2/5</b>               |   |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
|---------------------------------------|---|----------------------------|--|--------------|-------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------|
| Entreprise                            | DAIRY ISRAEL Ltd. est une entreprise moderne qui se consacre à la production de lait de consommation et d'autres produits laitiers. Ses installations traitent chaque jour 150 t de lait cru. Elle dispose d'un système de nettoyage CIP (Clean In Place).  |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
| Secteur industriel                    | Industrie alimentaire. Fabrication de produits laitiers.  |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
| Considérations sur l'environnement    | <p>Les opérations de nettoyage et de désinfection forment l'aspect environnemental le plus significatif de DAIRY ISRAEL Ltd. Elles entraînent la consommation d'eau la plus importante et le rejet de grandes quantités d'eaux résiduaires (environ 120 m<sup>3</sup> de rejet quotidien).</p> <p>Une des principales caractéristiques de ces eaux est leur haute alcalinité, due à l'utilisation de NaOH comme agent nettoyant.</p> <p>Dans le but de corriger la pollution des eaux résiduaires, l'entreprise a installé un système d'épuration au sein duquel l'étape de neutralisation revêt une importance toute particulière. On utilise au cours de celle-ci une grande quantité d'acide, qui réduit le pH.</p> <p>En outre, la consommation énergétique de DAIRY ISRAEL Ltd. est élevée en raison du réchauffement de l'eau de nettoyage et du fonctionnement de l'installation d'épuration.</p>  |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
| Antécédents                           | <p>L'activité de nettoyage et de désinfection de DAIRY ISRAEL Ltd. implique un coût économique élevé réparti en frais d'agent nettoyant, d'eau, d'énergie et de traitement. Le tableau suivant présente les coûts unitaires les plus significatifs :</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;"><b>HYPOTHÈSE DE DÉPART</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Coût du NaOH</td> <td style="text-align: right;">336 470 €/t</td> </tr> <tr> <td>Coût de l'eau chaude</td> <td style="text-align: right;">1,12 €/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Coût de l'énergie</td> <td style="text-align: right;">0,05608 €/kWh</td> </tr> <tr> <td>Coût de traitement du rejet</td> <td style="text-align: right;">0,33647 €/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Coût de l'acide (pour neutralisation)</td> <td style="text-align: right;">112 157 €/t</td> </tr> </tbody> </table> | <b>HYPOTHÈSE DE DÉPART</b> |  | Coût du NaOH | 336 470 €/t | Coût de l'eau chaude | 1,12 €/m <sup>3</sup> | Coût de l'énergie | 0,05608 €/kWh | Coût de traitement du rejet | 0,33647 €/m <sup>3</sup> | Coût de l'acide (pour neutralisation) | 112 157 €/t |
| <b>HYPOTHÈSE DE DÉPART</b>            |   |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
| Coût du NaOH                          | 336 470 €/t   |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
| Coût de l'eau chaude                  | 1,12 €/m <sup>3</sup>   |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
| Coût de l'énergie                     | 0,05608 €/kWh   |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
| Coût de traitement du rejet           | 0,33647 €/m <sup>3</sup>  |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
| Coût de l'acide (pour neutralisation) | 112 157 €/t   |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |
| Résumé de l'action                    | <p>Le coût économique élevé indiqué précédemment a motivé l'adoption de mesures de redressement. Après analyse des éventuelles solutions, on a opté pour l'installation d'un système de récupération et de réutilisation des solutions de nettoyage et de désinfection par filtrage sur membranes organiques AlkaSaveTM.</p> <p>L'utilisation des techniques sur membrane permet de séparer en deux courants les eaux résiduaires du système CIP. On obtient d'un côté un perméat à forte concentration en NaOH qui est réintroduit dans le système CIP comme solution nettoyante régénérée, et d'un autre côté, un concentré où se trouve la majeure partie de la charge organique.</p> <p>La réutilisation des solutions nettoyantes réduit la consommation d'eau, d'énergie et de produits chimiques et permet également de réduire le volume de rejet. Le schéma suivant montre le fonctionnement du système implanté.</p>                                |                            |  |              |             |                      |                       |                   |               |                             |                          |                                       |             |



Bilans

Voici les résultats obtenus suite à l'installation du filtre sur membranes visant à séparer et à réutiliser la fraction caustique des eaux résiduelles du CIP :

| <b>CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES</b>                        |  |
|--|--|
| Récupération de NaOH                                     | 218 033,0 €/an   |
| Consommation d'eau chaude                                | 36 338,8 €/an  |
| <b>Économies directes</b>                                | <b>254 371,8 €/an</b>  |
| Neutralisation (comprend les économies d'acide)          | 72 677,5 €/an  |
| Taxes et impôts / autres traitements d'épuration         | 10 901,6 €/an  |
| <b>Économies indirectes</b>                              | <b>83 579,1 €/an</b>   |
| <b>Économies totales</b>                                 | <b>337 950,9 €/an</b>  |
| Coût du système (membranes incluses)                     | 392 549,0 €  |
| Coûts Auxiliaires  | 78 509,7 €   |
| <b>Investissement initial</b>                            | <b>471 058,7 €</b>   |
| Remplacement des membranes                               | 43 673,9 €/an  |
| Consommation d'énergie                                   | 10 280,3 €/an  |
| Réactif pour nettoyage                                   | 1 009,4 €/an   |
| Main-d'œuvre   | 8 411,8 €/an   |
| <b>Total coûts de fonctionnement</b>                     | <b>63 375,4 €/an</b>   |
| Période de récupération de l'investissement : 1,5-3 ans. |  |
| Conclusions  | <p>Malgré un coût d'investissement initial élevé, le grand volume de solution nettoyante (120 m<sup>3</sup>/jour) utilisé par DAIRY ISRAEL Ltd. permet de récupérer l'investissement en 2 ans à peu près en raison de la forte économie en produits chimiques, en eau et en énergie.</p> <p>Cette action est recommandée, principalement dans le cas des grandes entreprises dotées d'un volume de production élevé.</p> |

| <b>CAS PRATIQUE 3/5</b>            |  |                      |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |
|------------------------------------|--|----------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|-------|-------|----------------------------|--------|--------|--------------------------|-------|-------|
| Entreprise                         | LEYMA (Espagne) est une entreprise de produits laitiers qui traite 10 000 t de lait par an ; elle se consacre à la production de yaourt ferme, de yaourt liquide et d'autres desserts lactés.  |                      |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |
| Secteur industriel                 | Industrie alimentaire. Fabrication de produits laitiers.   |                      |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |
| Considérations sur l'environnement | Les déchets de conditionnement et d'emballage impliquent un volume important pour l'entreprise laitière comme pour le consommateur final en raison de la commercialisation et de la mise sur le marché des conditionnements et emballages. La consommation des ressources et des matières d'emballage ainsi que la gestion des déchets une fois générés posent de plus en plus de problèmes en raison du volume de génération élevé.   |                      |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |
| Antécédents                        | <p>En Espagne, la Loi 11 de 1997 a pour but de prévenir et de réduire l'impact des emballages sur l'environnement et de gérer les déchets d'emballage tout au long de leur cycle de vie. Pour atteindre ces objectifs, on a établi des mesures de promotion de la prévention de la production de déchets d'emballage et de la réutilisation, du recyclage et de la valorisation de ces déchets.</p> <p>On a donc inclus dans la Loi 11/97 et son Règlement (RD 782/98) l'élaboration d'un Plan d'Entreprise de Prévention visant à réduire, minimiser et prévenir à la source la production et la nocivité des déchets d'emballage générés.</p>  |                      |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |
| Résumé de l'action                 | <p>L'entreprise a mis en place une étude de ses conditionnements et emballages afin de minimiser à la source les déchets générés sans compromettre la conservation du produit.</p> <p>1. On a modifié la conception des emballages de regroupement du yaourt ferme et du yaourt battu, ce qui a réduit la surface de carton utilisé.</p> <p>Action 1.1. : Emballage de regroupement du yaourt ferme.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">Carton original</p>  <p style="text-align: center;">Carton reconçu</p>  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">ACTION 1.1.</th> <th>AVANT L'ACTION</th> <th>APRÈS L'ACTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° de packs par an</td> <td>12 x 10<sup>6</sup></td> <td>12 x 10<sup>6</sup></td> </tr> <tr> <td>Grammage (gr/cm<sup>2</sup>)</td> <td>0,027</td> <td>0,027</td> </tr> <tr> <td>Surface (cm<sup>2</sup>)</td> <td>481,25</td> <td>439,00</td> </tr> <tr> <td>Déchets de carton (t/an)</td> <td>156,0</td> <td>141,6</td> </tr> </tbody> </table> | ACTION 1.1.          | AVANT L'ACTION | APRÈS L'ACTION | N° de packs par an | 12 x 10 <sup>6</sup> | 12 x 10 <sup>6</sup> | Grammage (gr/cm <sup>2</sup> ) | 0,027 | 0,027 | Surface (cm <sup>2</sup> ) | 481,25 | 439,00 | Déchets de carton (t/an) | 156,0 | 141,6 |
| ACTION 1.1.                        | AVANT L'ACTION   | APRÈS L'ACTION       |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |
| N° de packs par an                 | 12 x 10 <sup>6</sup>   | 12 x 10 <sup>6</sup> |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |
| Grammage (gr/cm <sup>2</sup> )     | 0,027  | 0,027                |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |
| Surface (cm <sup>2</sup> )         | 481,25   | 439,00               |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |
| Déchets de carton (t/an)           | 156,0  | 141,6                |                |                |                    |                      |                      |                                |       |       |                            |        |        |                          |       |       |

|                                | <p>Action 1.2. : Emballage de regroupement du yaourt battu.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #d3d3d3;">ACTION 1.2.</th> <th style="background-color: #d3d3d3;">AVANT L'ACTION</th> <th style="background-color: #d3d3d3;">APRÈS L'ACTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° de packs par an</td> <td>4,16 x 10<sup>6</sup></td> <td>4,16 x 10<sup>6</sup></td> </tr> <tr> <td>Grammage (gr/cm<sup>2</sup>)</td> <td>0,035</td> <td>0,035</td> </tr> <tr> <td>Surface (cm<sup>2</sup>)</td> <td>497</td> <td>330</td> </tr> <tr> <td>Déchets de carton (648 t/an)</td> <td>72,36</td> <td>48,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Remplacement des palettes en bois non-réutilisables (à usage unique), par des palettes réutilisables dotées d'une durée de vie utile plus longue (au moins 12 réutilisations).</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="background-color: #d3d3d3;">AVANT L'ACTION</th> <th style="background-color: #d3d3d3;">APRÈS L'ACTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° palettes</td> <td>2 000</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Poids à l'unité (kg/palette)</td> <td>17</td> <td>23,5</td> </tr> <tr> <td>N° utilisations</td> <td>1</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Déchets de bois (648 t/an)</td> <td>34</td> <td>0,78</td> </tr> </tbody> </table> | ACTION 1.2.            | AVANT L'ACTION           | APRÈS L'ACTION | N° de packs par an | 4,16 x 10 <sup>6</sup>                          | 4,16 x 10 <sup>6</sup> | Grammage (gr/cm <sup>2</sup> ) | 0,035  | 0,035       | Surface (cm <sup>2</sup> ) | 497                                  | 330        | Déchets de carton (648 t/an) | 72,36                                    | 48,00                |  | AVANT L'ACTION | APRÈS L'ACTION | N° palettes | 2 000 | 50 | Poids à l'unité (kg/palette) | 17 | 23,5 | N° utilisations | 1 | 40 | Déchets de bois (648 t/an) | 34 | 0,78 |
|--------------------------------|---|------------------------|--------------------------|----------------|--------------------|---|------------------------|--------------------------------|--|-------------|----------------------------|--------------------------------------|------------|------------------------------|--|----------------------|--|----------------|----------------|-------------|-------|----|------------------------------|----|------|-----------------|---|----|----------------------------|----|------|
| ACTION 1.2.                    | AVANT L'ACTION  | APRÈS L'ACTION         |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| N° de packs par an             | 4,16 x 10 <sup>6</sup>  | 4,16 x 10 <sup>6</sup> |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| Grammage (gr/cm <sup>2</sup> ) | 0,035   | 0,035                  |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| Surface (cm <sup>2</sup> )     | 497   | 330                    |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| Déchets de carton (648 t/an)   | 72,36   | 48,00                  |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
|                                | AVANT L'ACTION  | APRÈS L'ACTION         |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| N° palettes                    | 2 000   | 50                     |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| Poids à l'unité (kg/palette)   | 17  | 23,5                   |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| N° utilisations                | 1   | 40                     |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| Déchets de bois (648 t/an)     | 34  | 0,78                   |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| <p>Bilans</p>                  | <p>Bilan annuel</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%; background-color: #d3d3d3;">ACTIONS</th> <th style="width: 40%; background-color: #d3d3d3;">BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL</th> <th style="width: 30%; background-color: #d3d3d3;">ÉCONOMIES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Action 1.1.</td> <td>Réduction de 14,4 t de déchets de papier/carton</td> <td style="text-align: right;">8 654,88 €</td> </tr> <tr> <td>Action 1.2.</td> <td>Réduction de 24,36 t de déchets de papier/carton</td> <td style="text-align: right;">14 641,18 €</td> </tr> <tr> <td>Action 2.</td> <td>Réduction de 33 t de déchets de bois</td> <td style="text-align: right;">9 015,50 €</td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL</b></td> <td><b>38,76 t de carton et 33 t de bois</b></td> <td style="text-align: right;"><b>32 311,56 €* </b></td> </tr> </tbody> </table> <p>* Économies financières uniquement dérivées de la réduction de la consommation de matières.</p>   | ACTIONS                | BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL | ÉCONOMIES      | Action 1.1.        | Réduction de 14,4 t de déchets de papier/carton | 8 654,88 €             | Action 1.2.                    | Réduction de 24,36 t de déchets de papier/carton | 14 641,18 € | Action 2.                  | Réduction de 33 t de déchets de bois | 9 015,50 € | <b>TOTAL</b>                 | <b>38,76 t de carton et 33 t de bois</b> | <b>32 311,56 €* </b> |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| ACTIONS                        | BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL  | ÉCONOMIES              |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| Action 1.1.                    | Réduction de 14,4 t de déchets de papier/carton   | 8 654,88 €             |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| Action 1.2.                    | Réduction de 24,36 t de déchets de papier/carton  | 14 641,18 €            |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| Action 2.                      | Réduction de 33 t de déchets de bois  | 9 015,50 €             |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>38,76 t de carton et 33 t de bois</b>  | <b>32 311,56 €* </b>   |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |
| <p>Conclusions</p>             | <p>La nouvelle conception des packs de yaourts permet un regroupement des pots impliquant une consommation de matières moindre et une réduction des déchets de carton (dans ce dernier cas, la réduction est de 30 % du poids unitaire de la caisse de regroupement). Par ailleurs, l'utilisation de palettes réutilisables a permis de réduire la quantité de déchets de bois générés dans l'entreprise (95 % approximativement).</p> <p>Les actions de minimisation ont eu pour résultat des économies financières (32 311,56 €) dues à une consommation de matières plus faible.</p>   |                        |                          |                |                    |   |                        |                                |  |             |                            |                                      |            |                              |  |                      |  |                |                |             |       |    |                              |    |      |                 |   |    |                            |    |      |



| <b>CAS PRATIQUE 4/5</b>            |  |
|------------------------------------|--|
| Entreprise                         | MISR. COMPANY FOR DAIRY AND FOOD (Egypte) est l'un des plus grands fabricants de produits laitiers. La fabrique utilise chaque année en moyenne 7 200 tonnes de lait pour la production du lait pasteurisé, du fromage blanc, du fromage bleu et du mish, mais aussi du yaourt, du crème, du caillé et du fromage fondu en tranches. Un audit a été effectué dans cette entreprise afin de mettre au point des techniques de prévention de la pollution.   |
| Secteur industriel                 | Industrie alimentaire. Produits laitiers.  |
| Considérations sur l'environnement | L'audit a découvert une série de pratiques dangereuses pour l'environnement, à savoir: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Différents déchets solides étaient stockés dangereusement en terrain découvert ou sur des routes, constituant un risque d'incendie et détériorant les lieux.</li> <li>– De grandes quantités de lait étaient gaspillées lors du remplissage des réservoirs, à cause du débordement.</li> <li>– Les emballages et les appareils de réfrigération montraient des fuites.</li> <li>– Les huiles utilisées pour l'entretien des voitures et des camions étaient acheminées vers les égouts de la fabrique, provoquant le blocage des canalisations et la formation d'odeurs fétides.</li> <li>– Une consommation exagérée de mazout, due à des chaudières mal réglées, provoquait des émissions de gaz excessives.</li> </ul>  |
| Antécédents                        | Lors de l'audit, une attention toute particulière a été accordée aux améliorations effectuées par l'entreprise, pour peu ou pas de frais. Les voici : <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Bonne gestion : amélioration des machines et des bâtiments de la fabrique, entretien et modernisation des canalisations, des égouts et des bouches d'égouts pour éliminer les problèmes de blocage et de débordement, récupération des huiles de garage et leur revente et séparation des déchets solides qui sont éliminés ou vendus.</li> <li>2) Conservation de l'eau et de l'énergie : optimisation de la quantité d'air/mazout afin d'augmenter le rendement des chaudières et restauration de l'unité d'adoucissement pour éviter l'écaillage des chaudières dû au traitement chimique de l'eau.</li> <li>3) Réutilisation et recyclage : rénovation des unités de stockage du lait cru et des chambres de réfrigération des produits laitiers emballés afin d'éviter les gaspillages et les pertes, réutilisation de 50 % des ultrafiltrats à haute concentration en lactose lors de l'emballage du fromage (au lieu de le remplacer par de l'eau fraîche) et installation de contrôleurs de niveau dans les réservoirs et de valves de contrôle dans toute la fabrique.</li> </ol>   |
| Résumé des opérations              | Les actions suivantes furent effectuées : <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Sans effectuer de grandes dépenses, l'entreprise a amélioré la propreté de ses bâtiments, a accumulé par mois 0,75 tonnes d'huile de garage usagée et l'a vendue à 81,4 €/tn, réduisant de ce fait la concentration des eaux usées et évitant le blocage des égouts et le débordement. Elle a retiré les déchets solides des lieux et a réalisé des bénéfices en les vendant.</li> <li>2) Grâce à la modernisation et au réglage des chaudières, l'entreprise a réduit sa consommation de mazout de 60 tonnes/an mais aussi sa consommation d'énergie. Avec la restauration de l'unité d'adoucissement, le rendement des chaudières a augmenté de 16%.</li> <li>3) Grâce à l'installation d'un système de réfrigération qui permet de contrôler la température et la relocalisation de l'unité de conditionnement dans une zone adjacente aux entrepôts de réfrigération —empêchant de ce fait les pertes dues à la manipulation—, la capacité de production, l'efficacité du procédé et le contrôle de la qualité ont été améliorés. De plus, les pertes de lait ont été réduites de 3,3 tonnes par mois. La réutilisation des ultrafiltrats pour le conditionnement du fromage a permis une réduction de 50 % de la charge organique provenant du fromage blanc et 2 200 m<sup>3</sup> d'eau ont été épargnés par an. Avec la mise en place de contrôleurs de niveau et de valves de contrôle, l'entreprise est parvenue à économiser 350 kg de lait par jour, à réduire la pollution et donc à améliorer la propreté et l'hygiène.</li> </ol> |

| Bilans      | Choix  | Avantages environnementales   | Investissement | Économies annuelles | Amortissem. de l'investis. |
|-------------|--|---|----------------|---------------------|----------------------------|
|             | Bonne gestion  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévention du blocage des égouts et du débordement</li> <li>- Amélioration générale de l'image et de la propreté de l'usine</li> </ul>   | 3 997 €        | 36 245 €            | 1,3 mois                   |
|             | Modernisation des chaudières et restauration de l'unité d'adoucissement  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation du rendement des chaudières</li> <li>- Réduction de la consommation de mazout et des émissions de gaz</li> </ul>  | 592 €          | 10 924 €            | <1 mois                    |
|             | Augmentation du rendement des unités de réfrigération du lait  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de la capacité de production, de l'efficacité du procédé et du contrôle de la qualité</li> <li>- Réduction des taux de rejet provenant du produit fini</li> </ul> | 7 861 €        | 11 741 €            | 8 mois                     |
|             | Réutilisation des ultrafiltrats  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction de 50% de la charge organique provenant du fromage blanc</li> <li>- Economies d'eau</li> </ul>   | Aucun          | 612 €               | Inmédiate                  |
|             | Installation de contrôleurs de niveau et de valves de contrôle de la qualité alimentaire   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Economies de lait</li> <li>- Réduction du taux de pollution</li> <li>- Amélioration de l'hygiène et de la sécurité</li> </ul>  | 21 951 €       | 37 266 €            | 7 mois                     |
| Conclusions | <p>En effectuant un audit environnemental, l'entreprise de produits laitiers a découvert plusieurs possibilités d'éviter la pollution, d'augmenter l'efficacité des procédés et de gagner des bénéfices économiques. La mise en pratique de ces techniques, centrées sur la bonne gestion, les solutions de récupération, une meilleure qualité des produits laitiers et des produits dérivés et la diminution de la consommation d'eau et d'énergie, a occasionné peu ou pas de dépenses à l'entreprise qui a de ce fait bénéficié d'un amortissement de l'investissement très court.</p> |   |                |                     |                            |

| <b>CAS PRATIQUE 5/5</b>            |   |   |
|------------------------------------|---|---|
| Entreprise                         | LURA est le plus gros producteur de lait et de produits laitiers en Croatie. À l'usine de LURA qui se trouve au Zagreb-Dukat, on traite environ 166 000 litres de lait par an, en obtenant les principaux produits que voici : lai frais et UHT. produits fermentés, crèmes, produits à tartiner, desserts et jus de fruits.  |   |
| Secteur industriel                 | Industrie alimentaire. Sous-secteur industrie laitière.   |   |
| Considérations sur l'environnement | <p>À l'usine, on utilisait l'eau potable pour laver les véhicules, les lignes de production et les machines, ainsi que pour l'échange de chaleur dans les procédés techniques et les besoins sanitaires.</p> <p>Les eaux résiduaires émanant du lavage des machines, et contenant à la fois des restes de produits de lavage et de matières premières, étaient déversées dans les égouts sans prétraitement.</p> <p>De plus on a décelé des pertes d'eau chaude, de condensat et d'eau douce déminéralisée attribuées à des causes techniques et des mauvaises habitudes de la part des employés.</p>   |   |
| Antécédents                        | Étant la situation environnementale de l'usine, les principaux aspects à améliorer ont été la réduction de la consommation d'eau potable et la réduction de la génération d'eaux résiduaires, la réduction de la charge polluante des eaux résiduaires de la réduction de la consommation d'énergie.  |   |
| Résumé de l'action                 | <p>L'usine a mis en place les mesures suivantes afin d'atteindre ses objectifs visant la prévention de la pollution et les économies d'eau et d'énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plans de formation des employés portant sur la réduction de la consommation d'eau et les concentrations optimales des liquides de lavage.</li> <li>– Utilisation de tuyaux de moindre diamètre (12 mm) pour le lavage des lignes de traitement et des machines.</li> <li>– Utilisation de condensat chaud en tant que source supplémentaire d'énergie pour l'obtention d'eau chaude.</li> <li>– Mise en place d'un circuit d'eau chaude et remplacement de la vapeur par de l'eau chaude dans le mélangeur.</li> </ul> |   |
| Bilans                             | <b>OPTIONS</b>  | <b>BÉNÉFICES OBTENUS</b>  |
|                                    | Options pour économiser de l'eau et réduire la charge polluante   | Réduction de la quantité des eaux résiduaires de 286 000 m <sup>3</sup> /an (27 %)<br>Réduction de la charge polluante des eaux résiduaires (DCO) de 25 %<br>Économies d'eau potable de 280 000 m <sup>3</sup> /an<br>Économies de liquides de nettoyage de 183 t/an (12 %) |
|                                    | Options pour économiser de l'énergie  | Économies de vapeur de 904 t/an (2 %)<br>Économies d'énergie chauffante de 500.000 kWh/an   |
|                                    | Investissement total  | 31 051 €  |
|                                    | Économies   | 328 008 €/an  |
|                                    | Amortissement de l'investissement   | 1 mois  |
| Conclusions                        | Grâce à la mise en oeuvre de mesures simples et à coût réduit, l'usine a fait des économies significatives d'eau et d'énergie et a réduit la charge polluante de ses eaux résiduaires avec une période d'amortissement de seulement un mois. Du fait de l'implication des employés dans les mesures visant l'amélioration de l'environnement, on a non seulement obtenu des solutions techniques mais on a également promu la prise de conscience environnementale dans l'entreprise.   |   |



## 7. CONCLUSIONS


Voici l'explication de la signification des symboles employés pour évaluation de la situation des entreprises laitières des pays de l'arc méditerranéen.

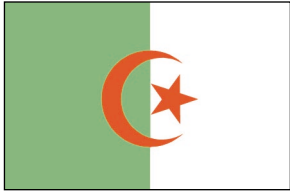
| PAYS | DONNÉES PRINCIPALES<br>DU SECTEUR LAITIER | % Production |       |       |
|------|---|--------------|-------|-------|
|      |   | Niveau       | ☺     | ☹     |
|      | Consommation en EAU                       |              |       | >75   |
|      | Consommation en ÉNERGIE                   | <25          | 25-75 | <25   |
|      | Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES            |              |       | 25-75 |
|      | Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM      | >75          | <25   |       |

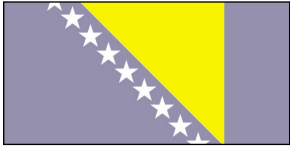
Les chiffres indiquent le pourcentage de production de lait et des produits laitiers réalisées à des niveaux de :

- consommation en eau ou énergie : faible ☺, moyenne ☹ ou élevée ☹,
- génération d'un degré de pollution des eaux résiduaires faible ☺, moyen ☹ ou élevé ☹ et,
- gestion des déchets et du lactosérum de façon adéquate ☺, moyenne ☹ ou inadéquate ☹.


Les informations présentées dans ce chapitre ont été obtenues des données fournies dans les questionnaires remplis par les pays. Ces informations n'ont pas la prétention de réaliser aucun jugement de valeur sur la performance environnementale des industries mais signaler, en base aux données fournies, quelques-unes des possibles initiatives visant à l'application de mesures de prévention de la pollution à la source.


|  |  |                     |   |     |
|--|--|---------------------|---|-----|
|  <p><b>ALBANIE</b></p>  | <p>Nbre d'entreprises laitières : 330</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 10 242</li> <li>- Yaourt : 5 310</li> <li>- Fromage : 8 403</li> <li>- Beurre : 440</li> <li>- Crème fraîche : 1</li> </ul> | <b>% Production</b> |   |     |
| <b>Niveau</b>  |  | ☺                   | ☹ | ☹   |
| Consommation en EAU  |  |                     |   | >75 |
| Consommation en ÉNERGIE  |  |                     |   | >75 |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES   |  |                     |   | >75 |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM   |  |                     |   | >75 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>   |  |                     |   |     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Faire des campagnes de sensibilisation et de formation à l'environnement à l'intention des ouvriers. Éditer du matériel de divulgation et le répartir entre toutes les entreprises.</li> <li>2. Mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales (voir OPC-29, 30, 31 et 32), notamment celles se rapportant aux opérations de nettoyage (voir OPC-15, 16 et 18).</li> <li>3. Éviter qu'il y ait des pertes de lait pendant les procédés productifs, et, en tout état de cause, éviter que le lait résiduel soit incorporé aux eaux résiduaires (voir OPC-1 et 2).</li> <li>4. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduaires consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPC-27).</li> <li>5. Améliorer l'entretien des chaudières, des circuits et des systèmes de refroidissement (voir OPC-20 et 21).</li> <li>6. Remplacer les systèmes de pasteurisation batch par des systèmes continus dans les entreprises plus grandes.</li> <li>7. Instaurer un système de collecte collective du lactosérum des petites entreprises en vue de leur valorisation centralisée.</li> </ol> <p>L'industrie laitière en Albanie est peu développée (seulement 25 % du lait est pasteurisé ; le reste est vendu directement aux fermes). En outre, la production a lieu de façon très artisanale. Au niveau législatif, les normes sur les limites de rejet pour les effluents de l'industrie sont encore en phase de préparation. La politique de production plus propre dans l'industrie laitière doit donc encore être définie.</p> <p>En raison de cela, il est recommandé de commencer avec des campagnes de sensibilisation et la mise en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales.</p> |  |                     |   |     |


|  |   |                     |       |       |
|--|---|---------------------|-------|-------|
|  <p><b>ALGÉRIE</b></p>  | <p>Nbre d'entreprises laitières : 19</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 72 730</li> <li>- Yaourt :</li> <li>- Fromage : 37 024</li> <li>- Beurre : 10 000</li> <li>- Crème fraîche : 5 000</li> </ul> | <b>% Production</b> |       |       |
| <b>Niveau</b>  |   | ☺                   | ☹     | ☹     |
| Consommation en EAU  |   | —                   | —     | 25-75 |
| Consommation en ÉNERGIE  |   | —                   | —     | 25-75 |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES   |   | —                   | 25-75 | —     |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM   |   | —                   | —     | >75   |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>   |   |                     |       |       |
| <p>1. Mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales (voir OPC-29, 30, 31 et 32), notamment celles se rapportant aux opérations de nettoyage (voir OPC-15, 16 et 18).</p> <p>2. Éviter qu'il y ait des pertes de lait pendant les procédés productifs et surtout faire en sorte que ce lait résiduel ne soit pas incorporé aux eaux résiduelles (voir OPC-1 et 2).</p> <p>3. Récupérer le lactosérum afin qu'il soit employé dans l'alimentation animale ou dans des systèmes avancés de valorisation (voir OPC-7 et 8).</p> <p>4. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduelles consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPC-27).</p> <p>5. Remplacer les systèmes de pasteurisation batch par des systèmes continus dans les entreprises plus grandes (voir OPC-4).</p> <p>6. Remplacer progressivement les systèmes manuels de nettoyage par des systèmes CIP (voir OPC-17). Standardiser les opérations de nettoyage.</p> <p>7. Réaliser des cours internes de sensibilisation et de formation à l'environnement dans les 19 entreprises.</p> <p>8. Améliorer l'entretien des chaudières, des circuits et des systèmes de refroidissement (voir OPC-20 et 21).</p> <p>Les consommations d'eau et énergie sont généralement élevées. Afin de résoudre ce problème, on devrait commencer par implanter de Bonnes Pratiques et plans de minimisation. Le gouvernement algérien a prévu la création d'un fonds d'aides destiné aux entreprises en vue de réduire la pollution.</p> |   |                     |       |       |


|   |   |                     |       |       |
|---|---|---------------------|-------|-------|
|  <p><b>BOSNIE-HERZÉGOVINE</b></p>  | <p>Nbre d'entreprises laitières : 16</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 24 802</li> <li>- Yaourt :</li> <li>- Fromage : 4 311</li> <li>- Beurre : 1 179</li> <li>- Crème fraîche : 897</li> </ul> | <b>% Production</b> |       |       |
| <b>Niveau</b>   |   | ☺                   | ☹     | ☹     |
| Consommation en EAU   |   | —                   | 25-75 | 25-75 |
| Consommation en ÉNERGIE   |   | —                   | <25   | >75   |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES  |   | —                   | —     | >75   |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM  |   | —                   | —     | >75   |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>  |   |                     |       |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Faire des campagnes de sensibilisation et de formation à l'environnement à l'intention des ouvriers. Éditer du matériel de divulgation et le répartir entre toutes les entreprises.</li> <li>2. Mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales (voir OPC-29, 30, 31 et 32), notamment celles se rapportant aux opérations de nettoyage (voir OPC-15, 16 et 18).</li> <li>3. Éviter qu'il y ait des pertes de lait pendant les procédés productifs, et, en tout état de cause, éviter que le lait résiduel soit incorporé aux eaux résiduelles (voir OPC-1 et 2).</li> <li>4. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduelles consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPC-27).</li> <li>5. Améliorer l'entretien des chaudières, des circuits et des systèmes de refroidissement (voir OPC-20 et 21).</li> <li>6. Remplacer les systèmes de pasteurisation batch par des systèmes continus dans les entreprises plus grandes.</li> </ol> <p>Comme première mesure, il conviendrait de fomenter l'intérêt pour la production plus propre à l'aide de campagnes de sensibilisation et de formation à l'environnement, ainsi qu'avec l'implantation de Bonnes Pratiques Environnementales.</p> |   |                     |       |       |





|  |  |                     |     |     |
|--|--|---------------------|-----|-----|
|  <p><b>CHYPRE</b></p>   | <p>Nbre d'entreprises laitières : 113</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 61 664</li> <li>- Yaourt : 6 820</li> <li>- Fromage : 7 956</li> <li>- Beurre : 440</li> <li>- Crème fraîche : 792</li> </ul> | <b>% Production</b> |     |     |
| <b>Niveau</b>  |  | ☺                   | ☹   | ☹   |
| Consommation en EAU  |  | —                   | >75 | —   |
| Consommation en ÉNERGIE  |  | —                   | —   | —   |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES   |  | —                   | —   | >75 |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM   |  | —                   | >75 | <25 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>   |  |                     |     |     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Effectuer une gestion adéquate des déchets, en partant d'une séparation à la source (voir OPC-26).</li> <li>2. Minimisation des déchets d'emballages, en évitant les défauts d'emballage et en mettant en oeuvre un système de récupération ou de recyclage des emballages employés (voir OPC-25).</li> <li>3. Éviter les pertes de lait pendant le traitement (voir OPC-2).</li> <li>4. Valorisation des rebus de production, p.ex. alimentation animale.</li> <li>5. Réduction de la charge polluante des eaux résiduelles issues de la fabrication du fromage (voir OPC-9 et 11).</li> </ol> <p>Il est nécessaire de mettre l'accent sur une correcte gestion des déchets générés, moyennant la fomentation de projets de valorisation du lactosérum destiné au bétail.</p> |  |                     |     |     |


|   |  |                     |       |     |
|---|--|---------------------|-------|-----|
|  <p><b>CROATIE</b></p>   | <p>Nbre d'entreprises laitières : 34</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 271 116</li> <li>- Yaourt : 54 178</li> <li>- Fromage : 15 282</li> <li>- Beurre : 1 743</li> <li>- Crème fraîche : 1 147</li> </ul> | <b>% Production</b> |       |     |
| <b>Niveau</b>   |  | ☺                   | ☹     | ☹   |
| Consommation en EAU   |  | <25                 | 25-75 | <25 |
| Consommation en ÉNERGIE   |  | <25                 | 25-75 | <25 |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES  |  | <25                 | 25-75 | <25 |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM  |  | <25                 | 25-75 | <25 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>  |  |                     |       |     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mise en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales, notamment celles afférentes aux opérations de nettoyage (voir OPC-13, 15, 16 et 18).</li> <li>2. Éviter les pertes de lait pendant le procédé productif, ainsi que l'incorporation de celui-ci à l'effluent final (voir OPC-2).</li> <li>3. Récupération du lactosérum et valorisation de celui-ci en tant qu'aliment pour animaux (voir OPC-7 et 8).</li> <li>4. Effectuer une gestion adéquate des déchets, en partant d'une séparation à la source (voir OPC-26).</li> <li>5. Récupération d'énergie lors du traitement thermique du lait (voir OPC-5).</li> <li>6. Utilisation de combustibles plus propres, p.ex. gaz naturel.</li> <li>7. Mettre sur pied des campagnes de formation de techniciens spécialisés en environnement.</li> </ol> <p>Les consommations d'eau et énergie sont généralement élevées. Afin de résoudre ce problème, on devrait commencer par implanter de Bonnes Pratiques et plans de minimisation. Le gouvernement algérien a prévu la création d'un fonds d'aides destiné aux entreprises en vue de réduire la pollution.</p> |  |                     |       |     |


|   |  |                     |       |       |
|---|--|---------------------|-------|-------|
| <br><b>ÉGYPTE</b>  | Nbre d'entreprises laitières : 3 334<br>Production (t/an)<br>- Lait de consommation : 30 000<br>- Yaourt : 2 500<br>- Fromage : 310 000<br>- Beurre : 130 000<br>- Crème fraîche : | <b>% Production</b> |       |       |
| <b>Niveau</b>   |  | ☺                   | ☹     | ☹     |
| Consommation en EAU   |  | <25                 | <25   | >75   |
| Consommation en ÉNERGIE   |  | —                   | —     | —     |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES  |  | <25                 | <25   | >75   |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM  |  | <25                 | 25-75 | 25-75 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>  |  |                     |       |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mise en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales (voir OPC-29, 30, 31 et 32).</li> <li>2. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduelles consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPC-27).</li> <li>3. Séparation à la source des déchets afin de faciliter leur gestion ultérieure (OPC-26).</li> <li>4. Poursuivre la tendance à mettre en œuvre le système de nettoyage CIP, en récupérant les solutions de nettoyage dans les cas où ce système est mis en œuvre (voir OPC-17 et 19).</li> <li>5. Dans les cas où un système de nettoyage manuel est utilisé, mettre en œuvre des mesures de réduction de la consommation d'eau (voir OPC-14, 15, 16 et 18).</li> <li>6. Éviter les pertes de lait lors du procédé et réduire la quantité de lait incorporé à l'effluent final.</li> <li>7. Utilisation de procédés en continu au lieu de procédés du type batch (voir OPC-4).</li> <li>8. Valorisation du lait de reste, en l'incorporant à d'autres produits ou en l'utilisant dans l'alimentation animale.</li> <li>9. Mettre en œuvre des mesures d'utilisation de l'énergie (voir OPC-5).</li> <li>10. Améliorer l'entretien des chaudières, des circuits et des systèmes de refroidissement (voir OPC-20 et 21).</li> </ol> <p>Il existe en Égypte des initiatives rapportées à la production plus propre dans le secteur laitier. Un projet d'utilisation du lactosérum pour alimentation du bétail s'est développé avec du succès. Il conviendrait de suivre cette ligne d'action et d'approcher ce type de projets non seulement aux entreprises plus avancées mais aussi aux plus petites.</p> |  |                     |       |       |

|  |   |                     |       |       |
|--|---|---------------------|-------|-------|
|  <p><b>ESPAGNE</b></p>  | <p>Nbre d'entreprises laitières : 1 511</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 3 645 400</li> <li>- Yaourt : 581 600</li> <li>- Fromage : 293 800</li> <li>- Beurre : 36 200</li> <li>- Crème fraîche : 86 000</li> </ul> | <b>% Production</b> |       |       |
| <b>Niveau</b>  |   | ☺                   | ☹     | ☹     |
| Consommation en EAU  |   | <25                 | 25-75 | <25   |
| Consommation en ÉNERGIE  |   | <25                 | 25-75 | —     |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES   |   | <25                 | 25-75 | <25   |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM   |   | —                   | 25-75 | 25-75 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>   |   |                     |       |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bonnes Pratiques Environnementales (voir OPC-29, 30, 31 et 32).</li> <li>2. Valorisation du lactosérum (voir OPC-4).</li> <li>3. Réduction de la charge polluante des eaux résiduelles issues de la fabrication du fromage, p.ex. par la récupération de la saumure (voir OPC-10 et 11).</li> <li>4. Réduction de la consommation d'eau par des techniques d'élimination du sel du fromage à sec (voir OPC-9).</li> <li>5. Optimisation de la consommation d'énergie, p.ex. par la récupération énergétique lors du traitement thermique du lait (voir OPC-5).</li> <li>6. Récupération des solutions de nettoyage dans les cas où le système CIP est utilisé (voir OPC-19).</li> <li>7. Optimisation de l'entretien des chaudières, des équipements de refroidissement et autres systèmes auxiliaires (voir OPC-20, 21 et 22).</li> <li>8. Mise en œuvre de systèmes de cogénération en vue d'une optimisation du rendement énergétique (voir OPC-28).</li> </ol> <p>Les programmes de financement de projets de prévention de la pollution et de soutien aux technologies propres doivent stimuler les entreprises espagnoles à réaliser des projets avancés de valorisation du lactosérum et de rejet zéro.</p> |   |                     |       |       |

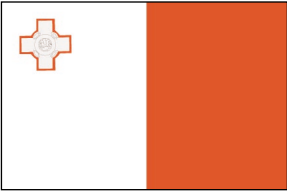
|   |  |                     |       |       |
|---|--|---------------------|-------|-------|
| <br><b>ISRAËL</b>  | Nbre d'entreprises laitières : 15<br>Production (t/an)<br>- Lait de consommation : 872 927<br>- Yaourt : 56 152<br>- Fromage : 100 000<br>- Beurre : 5 235<br>- Crème fraîche : 77 686 | <b>% Production</b> |       |       |
| <b>Niveau</b>   |  | ☺                   | ☹     | ☹     |
| Consommation en EAU   |  | <25                 | 25-75 | 25-75 |
| Consommation en ÉNERGIE   |  | <25                 | 25-75 | 25-75 |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES  |  | <25                 | 25-75 | 25-75 |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM  |  | <25                 | 25-75 | 25-75 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>  |  |                     |       |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mise en œuvre de plans de minimisation, en commençant par éviter les pertes de produit pendant la production, ainsi que l'incorporation de ces rebuts à l'effluent (voir OPC-2).</li> <li>2. Valorisation du lactosérum, p.ex. en l'utilisant dans l'alimentation animale (voir OPC-8).</li> <li>3. Réduction de la charge polluante des rejets générés lors de la production du fromage (voir OPC-9 et 11).</li> <li>4. Récupération des solutions de nettoyage dans les cas où le système CIP est mis en œuvre (voir OPC-19).</li> <li>5. Minimiser les déchets d'emballage en évitant les défauts lors du procédé d'emballage.</li> <li>6. Remplacement du fioul par des combustibles plus propres, p.ex. le gaz naturel.</li> <li>7. Séparation des déchets à la source (voir OPC-26).</li> </ol> <p>Les programmes de financement de projets de prévention de la pollution et de soutien aux technologies propres doivent stimuler les entreprises espagnoles à réaliser des projets avancés de valorisation du lactosérum et de rejet zéro.</p> |  |                     |       |       |

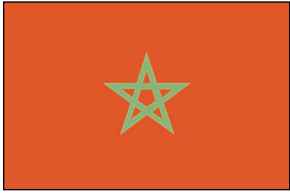
|  |   |                     |       |       |
|--|---|---------------------|-------|-------|
|  <p><b>ITALIE</b></p>   | <p>Nbre d'entreprises laitières : 2 133</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 3 100 000</li> <li>- Yaourt : 190 000</li> <li>- Fromage : 958 062</li> <li>- Beurre : 105 000</li> <li>- Crème fraîche : —</li> </ul> | <b>% Production</b> |       |       |
| <b>Niveau</b>  |   | ☺                   | ☹     | ☹     |
| Consommation en EAU  |   | <25                 | <25   | 25-75 |
| Consommation en ÉNERGIE  |   | <25                 | 25-75 | 25-75 |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES   |   | <25                 | 25-75 | 25-75 |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM   |   | 25-75               | 25-75 | —     |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>   |   |                     |       |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Campagne de sensibilisation et formation à l'environnement spécifique pour des ouvriers et des techniciens des entreprises laitières.</li> <li>2. Réduction de la charge polluante des eaux résiduelles issues de la fabrication du fromage, p.ex. en récupérant la saumure (voir OPC-11).</li> <li>3. Réduction de la consommation d'eau par des techniques d'élimination du sel du fromage à sec (voir OPC-9).</li> <li>4. Optimisation de la consommation d'énergie, p.ex. par la récupération énergétique lors du traitement thermique du lait (voir OPC-5).</li> <li>5. Récupération des solutions de nettoyage dans les cas où le système CIP est utilisé (voir OPC-19).</li> <li>6. Optimisation de l'entretien des chaudières, des équipements de refroidissement et autres systèmes auxiliaires (voir OPC-20, 21 et 22).</li> </ol> <p>La production de lait en Italie est très élevée et les industries laitières de ce pays comptent avec des technologies avancées. Il faudrait mettre l'accent sur les projets de réutilisation des rejets.</p> |   |                     |       |       |


|   |  |                     |       |       |
|---|--|---------------------|-------|-------|
|  <p><b>LIBAN</b></p>   | Nbre d'entreprises laitières : —<br>Production (t/an)<br>- Lait de consommation : 4 042<br>- Yaourt : —<br>- Fromage : 21 091<br>- Beurre : —<br>- Crème fraîche : — | <b>% Production</b> |       |       |
| <b>Niveau</b>   |  | ☺                   | ☹     | ☹     |
| Consommation en EAU   |  | <25                 | <25   | >75   |
| Consommation en ÉNERGIE   |  | <25                 | 25-75 | 25-75 |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES  |  | <25                 | <25   | >75   |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM  |  | <25                 | <25   | 25-75 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>  |  |                     |       |       |
| <p>1. Faire des campagnes de sensibilisation et de formation à l'environnement à l'intention des ouvriers. Éditer du matériel de divulgation et le répartir entre toutes les entreprises.</p> <p>2. Mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales (voir OPC-29, 30, 31 et 32), notamment celles se rapportant aux opérations de nettoyage (voir OPC-15, 16 et 18).</p> <p>3. Éviter qu'il y ait des pertes de lait pendant les procédés productifs, et, en tout état de cause, éviter que le lait résiduel soit incorporé aux eaux résiduelles (voir OPC-1 et 2).</p> <p>4. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduelles consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPC-27).</p> <p>5. Instaurer un système de collecte collective du lactosérum des petites entreprises en vue de leur valorisation centralisée.</p> <p>Les préoccupations des industries laitières sont beaucoup plus centrées sur la production de lait et l'amélioration de l'hygiène ainsi que de la qualité, plutôt que sur la production plus propre ou la prévention de la pollution.</p> <p>En outre, les concepts de réutilisation des déchets, les technologies propres et la consommation rationnelle de l'énergie sont toujours des concepts nouveaux dans ce pays.</p> <p>En raison de cela, il est recommandé de mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales, cela n'exigeant pas de grands efforts économiques.</p> |  |                     |       |       |


|  |  |                     |     |     |
|--|--|---------------------|-----|-----|
|  <p><b>LIBYE</b></p>  | <p>Nbre d'entreprises laitières : 12</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 57 000</li> <li>- Yaourt : 14 000</li> <li>- Fromage : 100</li> <li>- Beurre : —</li> <li>- Crème fraîche : —</li> </ul> | <b>% Production</b> |     |     |
| <b>Niveau</b>  |  | ☺                   | ☹   | ☹   |
| Consommation en EAU  |  | >75                 | —   | <25 |
| Consommation en ÉNERGIE  |  | >75                 | —   | —   |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES   |  | —                   | >75 | —   |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM   |  | —                   | —   | >75 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>   |  |                     |     |     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Faire des campagnes de sensibilisation et de formation à l'environnement à l'intention des ouvriers. Éditer du matériel de divulgation et le répartir entre toutes les entreprises.</li> <li>2. Mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales, notamment se rapportant aux opérations de nettoyage (voir OPC-15, 16 et 18).</li> <li>3. Contrôle de la consommation d'eau lors du procédé (voir OPC-12).</li> <li>4. Éviter qu'il y ait des pertes de lait pendant les procédés productifs, et, en tout état de cause, éviter que le lait résiduel soit incorporé aux eaux résiduelles (voir OPC-1 et 2).</li> <li>5. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduelles consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPC-27).</li> <li>6. Améliorer l'entretien des chaudières, des circuits et des systèmes de refroidissement (voir OPC-20 et 21).</li> <li>7. Remplacer les systèmes de pasteurisation batch par des systèmes continus dans les entreprises plus grandes.</li> <li>8. Instaurer un système de collecte collective du lactosérum des petites entreprises en vue de leur valorisation centralisée.</li> <li>9. Récupération des solutions de nettoyage dans le but d'utiliser les substances chimiques présentes (voir OPC-19).</li> </ol> <p>La plupart des entreprises laitières en Libye sont propriété du gouvernement, à exception des petites entreprises de caractère traditionnel.</p> <p>Il existe des entreprises qui comptent déjà avec de systèmes d'épuration des eaux résiduelles.</p> |  |                     |     |     |



|  |  |                     |       |       |
|--|--|---------------------|-------|-------|
|  <p><b>MALTE</b></p>  | <p>Nbre d'entreprises laitières : 1</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 30 200</li> <li>- Yaourt : 1 510</li> <li>- Fromage : 2 300</li> <li>- Beurre : —</li> <li>- Crème fraîche : 360</li> </ul> | <b>% Production</b> |       |       |
| <b>Niveau</b>  |  | ☺                   | ☹     | ☹     |
| Consommation en EAU  |  | <25                 | >75   | 25-75 |
| Consommation en ÉNERGIE  |  | 25-75               | 25-75 | <25   |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES   |  | <25                 | —     | >75   |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM   |  | <25                 | —     | >75   |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>   |  |                     |       |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Faire des campagnes de sensibilisation et de formation à l'environnement à l'intention des ouvriers. Éditer du matériel de divulgation et le répartir entre toutes les entreprises.</li> <li>2. Mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales, notamment se rapportant aux opérations de nettoyage (voir OPC-15, 16 et 18).</li> <li>3. Éviter qu'il y ait des pertes de lait pendant les procédés productifs, et, en tout état de cause, éviter que le lait résiduel soit incorporé aux eaux résiduaires (voir OPC-1 et 2).</li> <li>4. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduaires consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPC-27).</li> <li>5. Améliorer l'entretien des chaudières, des circuits et des systèmes de refroidissement (voir OPC-20 et 21).</li> <li>6. Remplacer les systèmes de pasteurisation batch par des systèmes continus dans les entreprises plus grandes.</li> <li>7. Instaurer un système de collecte collective du lactosérum des petites entreprises en vue de leur valorisation centralisée.</li> </ol> <p>La plupart des entreprises laitières en Libye sont propriété du gouvernement, à exception des petites entreprises de caractère traditionnel.</p> <p>Il existe des entreprises qui comptent déjà avec de systèmes d'épuration des eaux résiduaires.</p> |  |                     |       |       |

|  |  |                     |       |       |
|--|--|---------------------|-------|-------|
|  <p><b>MAROC</b></p>  | <p>Nbre d'entreprises laitières : 38</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 86 000</li> <li>- Yaourt : 390 000</li> <li>- Fromage : 10 686</li> <li>- Beurre : 10 000</li> <li>- Crème fraîche : 66</li> </ul> | <b>% Production</b> |       |       |
| <b>Niveau</b>  |  | ☺                   | ☹     | ☹     |
| Consommation en EAU  |  | —                   | <25   | >75   |
| Consommation en ÉNERGIE  |  | <25                 | 25-75 | <25   |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES   |  | —                   | <25   | >75   |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM   |  | —                   | <25   | 25-75 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>   |  |                     |       |       |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Faire des campagnes de sensibilisation et de formation à l'environnement à l'intention des ouvriers. Éditer du matériel de divulgation et le répartir entre toutes les entreprises.</li> <li>2. Mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales (voir OPP-29, 30, 31 et 32), notamment se rapportant aux opérations de nettoyage (voir OPP-15, 16 et 18).</li> <li>3. Éviter qu'il y ait des pertes de lait pendant les procédés productifs, et, en tout état de cause, éviter que le lait résiduel soit incorporé aux eaux résiduelles (voir OPP-1 et 2).</li> <li>4. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduelles consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPP-27).</li> <li>5. Instaurer un système de collecte collective du lactosérum des petites entreprises en vue de leur valorisation centralisée.</li> </ol> <p>La mise en place de Bonnes Pratiques Environnementales contribuerait de façon significative à améliorer la pratique actuelle par rapport à l'environnement, notamment en ce qui concerne la gestion environnementale.</p> |  |                     |       |       |

|   |  |                     |     |     |
|---|--|---------------------|-----|-----|
|  <p><b>SYRIE</b></p>   | <p>Nbre d'entreprises laitières : 31</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 14 111</li> <li>- Yaourt : 7 030</li> <li>- Fromage : 82 170</li> <li>- Beurre : 3 356</li> <li>- Crème fraîche : —</li> </ul> | <b>% Production</b> |     |     |
| <b>Niveau</b>   |  | ☺                   | ☹   | ☹   |
| Consommation en EAU   |  | —                   | <25 | >75 |
| Consommation en ÉNERGIE   |  | —                   | >75 | <25 |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES  |  | —                   | >25 | <25 |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM  |  | —                   | <25 | >75 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>  |  |                     |     |     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Faire des campagnes de sensibilisation et de formation à l'environnement à l'intention des ouvriers. Éditer du matériel de divulgation et le répartir entre toutes les entreprises.</li> <li>2. Mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales, notamment se rapportant aux opérations de nettoyage (voir OPC-15, 16 et 18).</li> <li>3. Éviter qu'il y ait des pertes de lait pendant les procédés productifs et surtout faire en sorte que ce lait résiduel ne soit pas incorporé aux eaux résiduelles (voir OPC-1 et 2).</li> <li>4. Éviter le rejet du lactosérum et mettre en œuvre un système de collecte et de valorisation de celui-ci (voir OPC-7 et 8).</li> <li>5. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduelles consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPC-27).</li> <li>6. Mettre en œuvre des mesures de réduction de la consommation d'eau (voir OPC-12).</li> </ol> <p>Les aspects environnementaux les plus oubliés sont la consommation d'eau et la gestion des déchets ainsi que du lactosérum. Concernant le lactosérum, il existe une initiative qui sera développée dans une courte période de temps, en vue de la réutilisation de celui-ci. La consommation d'eau pourrait être considérablement réduite à l'aide de la mise en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales. Cette solution est parfaitement viable tant pour les grandes entreprises comme pour celles petites et traditionnelles (qui représentent 70 % du total des entreprises), car il s'agit normalement d'opérations simples et économiques.</p> |  |                     |     |     |

|  |  |                     |     |     |
|--|--|---------------------|-----|-----|
|  <p><b>TURQUIE</b></p>  | <p>Nbre d'entreprises laitières : 4 320</p> <p>Production (t/an)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lait de consommation : 251 632</li> <li>- Yaourt : 204 961</li> <li>- Fromage : 201 260</li> <li>- Beurre : 15 771</li> <li>- Crème fraîche : 1 383</li> </ul> | <b>% Production</b> |     |     |
| <b>Niveau</b>  |  | ☺                   | ☹   | ☹   |
| Consommation en EAU  |  | <25                 | <25 | >75 |
| Consommation en ÉNERGIE  |  | <25                 | <25 | >75 |
| Pollution des EAUX RÉSIDUAIRES   |  | <25                 | <25 | >75 |
| Gestion des DÉCHETS et du LACTOSÉRUM   |  | <25                 | <25 | >75 |
| <b>RECOMMANDATIONS</b>   |  |                     |     |     |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Faire des campagnes de sensibilisation et de formation à l'environnement à l'intention des ouvriers. Éditer du matériel de divulgation et le répartir entre toutes les entreprises.</li> <li>2. Mettre en œuvre de Bonnes Pratiques Environnementales, notamment se rapportant aux opérations de nettoyage (voir OPC-15, 16 et 18).</li> <li>3. Éviter qu'il y ait des pertes de lait pendant les procédés productifs, et, en tout état de cause, éviter que le lait résiduel soit incorporé aux eaux résiduelles (voir OPC-1 et 2).</li> <li>4. Instaurer au minimum un système de prétraitement des eaux résiduelles consistant à les homogénéiser et les neutraliser avant leur rejet (voir OPC-27).</li> <li>5. Améliorer l'entretien des chaudières, des circuits et des systèmes de refroidissement (voir OPC-20 et 21).</li> <li>6. Remplacer les systèmes de pasteurisation batch par des systèmes continus dans les entreprises plus grandes.</li> <li>7. Instaurer un système de collecte collective du lactosérum des petites entreprises en vue de leur valorisation centralisée.</li> </ol> <p>La production de lait en Turquie est très élevée ; néanmoins, la plupart des entreprises sont de caractère traditionnel, ne disposant de technologies avancées que 0,5 % des entreprises. Le plus adéquat pour les entreprises traditionnelles serait d'implanter de Bonnes Pratiques Environnementales.</p> |  |                     |     |     |

## 8. BIBLIOGRAPHIE

---

### 8.1. Documentation consultée :

AINIA, 1998. *Manual de buenas prácticas medioambientales*.

AINIA. *Guías Tecnológicas. Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Sector Agroalimentario*.

AJKA *Information Memorandum 2000*.

BRENNAN J.G., BUTTERS J.R., COWELL N.D., LILLEY A. E.V., 1998. *Las operaciones de la ingeniería de los alimentos*. Editorial Acribia.

CEAS Consultants (Wye) Ltd, Centre for European Agricultural Studies, The European Forum on Nature Conservation and Pastoralism, 2000. *The environmental impact of dairy production in the EU: practical options for the improvement of the environmental impact*. Final report for European Commission (DGXI).

Confederación Española de Organizaciones Empresariales. Agencia Española de Cooperación Internacional, 1999: *Proyecto CEOE TT PYMEs en Egipto. Sector Lácteo*.

Haidar, J., 2001. *Agriculture in Lebanon*. Lebanese American University.

HYGINOV C., 2001. *Guía para la elaboración de un plan de limpieza y desinfección*. Editorial Acribia.

Instituto Nacional de Estadística (INE). *Encuesta Anual de Empresas*.

KIERMEIER F., WILDBRETT G., 2000. Principios básicos de la limpieza. En *Limpieza y desinfección en la industria agroalimentaria*. Editorial Acribia. P. 67-84.

KLOPCIC, M., HABE, F. *Extension Service and Quality of Milk in Slovenia*. University of Ljubljana.

LÓPEZ A. y HERNÁNDEZ A., 1995. *Eficiencia energética de las industrias catalanas de procesado de leche líquida*. Alimentación. Equipos y Tecnología. Julio/agosto: pág. 35-42.

LUQUET F.M., 1991. *Leche y Productos Lácteos*. Editorial Acribia.

OMIL F. y MORALES F. J., 1996. *Alternativas de tratamiento y recuperación de compuestos proteicos de los efluentes residuales del sector lácteo*. Alimentación, Equipos, Tecnología.

PAINE F. y PAINE H., 1994. *Manual de envasado de alimentos*. Ediciones A. Madrid Vicente.

PUIG-DURÁN FRESCO J., 1999. *Ingeniería, Autocontrol y Auditoría de la Higiene en la Industria Alimentaria*. Editorial Mundi-Prensa.

*Rapporto Assolatte Industria Lattiero-Casearia Italiana*, 2000.

Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2000. *Hechos y cifras del Sector Agroalimentario Español*.

SPREER E., 1991. *Lactología Industrial*. Editorial Acribia.

*Statistic of food association (Syria)*, 2001.

*Statistics Year Book Egypt*, 2000.

*Syrian Standard*, 1995.

*Turkish National Water Pollution Control Act.*, 1988.

UNEP, 2000. *Cleaner production assessment in dairy processing*. United Nations Publications. 95 pp.

USDA Foreign Agricultural Service. *GAIN Reports* (Global Agriculture Information Network).

VEISSEYRE R., 1988. *Lactología Técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche*. Editorial Acribia.

## **8.2. D'autres sources consultées :**

AECI (Espagne).

Arab Federation for Food Industries.

Central Administration for Statistics of Lebanon.

Central Agency for Public Mobilization and Statistics of Egypt.

Central Bureau of Statistics of Israel.

Centre Marocain de Production Propre.

Croatian Central Bureau of Statistics.

Cyprus Organisation of Dairy Products.

Danish Environmental Protection Agency.

Departamento Español de Aduanas.

Israel Embassy.

EPAP, EEAA (Égypte).

Faculty of Agriculture by University of Zabreg.

FENIL (Federación Nacional de Industrias Lácteas).

Food Research Institute.

General Dairy Product (Libye).

Greek Ministry of Agriculture.

Household Consumption Survey of Croatia.

IGEME. Turquie.

Industrial Statistics.

INSTAT.

Institut National de la Statistique. Republique Tunisienne.

Institute of Statistics of Albania.

Instituto Nacional de Estadística Español.

ISTAT (Italie).

MA (France).

MAI (Israël).

Manufacturers Association of Israel.

Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Eaux et Forêts.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. FIAB (Espagne).

Ministry of Agriculture and Rural affairs of Turkey.

Ministry of Commerce, Industry and Tourism of Cyprus.

Ministry of Industry of Algeria.

Ministry of Industry of Syria.

Ministry of Public Economy and Privatisation of the Republic of Albania. National Agency of Privatisation.

National Institute of Statistics and Economic Studies France.

National Office of Statistics of Algeria.

National Statistical Institute of Italy.

National Statistical Service of Greece.

National Statistics Office of Malta.

SEAM/Entec (Support for Environmental Assessment and Management).

State Institute of Statistics Turkey.

Statistical Office Slovenia.

Statistical Service of Cyprus.

Statistics Directorate Morocco.

UNEP.

### **8.3. Sources en ligne :**

Corporate Information: <http://www.corporateinformation.com>

Euromilk. European Dairy Industry Figures: <http://www.eda.euromilk.org>

FAOSTAT Database: <http://www.fao.org>

Tradeport Food Market Reports: <http://www.tradeport.org>



## INDEX DES TABLEAUX

|                    |   |     |
|--------------------|---|-----|
| <b>Tableau 1.</b>  | Répartition de la production de lait à la source .....  | 11  |
| <b>Tableau 2.</b>  | Répartition de la production de lait et de produits laitiers dans les pays de l'arc méditerranéen .....       | 14  |
| <b>Tableau 3.</b>  | Critères d'évaluation des aspects environnementaux .....  | 33  |
| <b>Tableau 4.</b>  | Évaluation des aspects environnementaux du processus d'élaboration du lait traité thermiquement .....         | 44  |
| <b>Tableau 5.</b>  | Évaluation des aspects environnementaux du processus d'élaboration de la crème et du beurre .....             | 52  |
| <b>Tableau 6.</b>  | Évaluation des aspects environnementaux du processus d'élaboration du yaourt .....                            | 59  |
| <b>Tableau 7.</b>  | Évaluation des aspects environnementaux du processus d'élaboration du fromage .....                           | 68  |
| <b>Tableau 8.</b>  | Évaluation des aspects environnementaux des opérations auxiliaires de l'industrie laitière .....              | 74  |
| <b>Tableau 9.</b>  | Valorisation qualitative de la consommation d'eau dans l'industrie laitière .....                             | 75  |
| <b>Tableau 10.</b> | Utilisations d'énergie les plus courantes dans les entreprises laitières .....                                | 76  |
| <b>Tableau 11.</b> | Évaluation qualitative de la consommation d'énergie dans l'industrie laitière ....                            | 76  |
| <b>Tableau 12.</b> | Consommations spécifiques d'énergie pour divers produits laitiers .....                                       | 77  |
| <b>Tableau 13.</b> | Consommations d'énergie en fonction des caractéristiques de l'usine .....                                     | 77  |
| <b>Tableau 14.</b> | Volume des eaux résiduaires générées en fonction du processus de production ....                              | 78  |
| <b>Tableau 15.</b> | Classification des eaux résiduaires générées dans une entreprise laitière .....                               | 78  |
| <b>Tableau 16.</b> | Évaluation qualitative du rejet d'eaux résiduaires dans l'industrie laitière .....                            | 78  |
| <b>Tableau 17.</b> | Principales sources de pertes de lait pénétrant les flux d'eaux résiduaires .....                             | 79  |
| <b>Tableau 18.</b> | Principaux déchets trouvés dans une entreprise laitière .....   | 80  |
| <b>Tableau 19.</b> | Évaluation qualitative de la génération de déchets dans l'industrie laitière .....                            | 81  |
| <b>Tableau 20.</b> | Propriétés moyennes de quelques combustibles .....  | 81  |
| <b>Tableau 21.</b> | Liste des Opportunités de Prévention de la Pollution .....  | 84  |
| <b>Tableau 22.</b> | Exemples d'application de nettoyage CIP .....   | 110 |
| <b>Tableau 23.</b> | Réductions obtenues avec des détergents d'une seule passe face au système traditionnel de nettoyage CIP ..... | 111 |



## INDEX DES FIGURES

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figure 1</b>  | Méthodologie de l'étude .....   | 7  |
| <b>Figure 2</b>  | Site Web PROJET DAIRY/CP .....  | 8  |
| <b>Figure 3</b>  | Classement des pays de l'Arc méditerranéen quant au nombre d'entreprises<br>laitières ..... | 9  |
| <b>Figure 4</b>  | Principaux pays producteurs de LAIT dans l'Arc méditerranéen .....                          | 10 |
| <b>Figure 5</b>  | Répartition de la production laitière en fonction du type de lait .....                     | 11 |
| <b>Figure 6</b>  | Répartition des produits laitiers .....   | 12 |
| <b>Figure 7</b>  | Classement des pays producteurs de LAIT DE CONSOMMATION .....                               | 12 |
| <b>Figure 8</b>  | Classement des pays producteurs de FROMAGE .....  | 13 |
| <b>Figure 9</b>  | Classement des pays producteurs de YAOURT et d'autres laits fermentés .....                 | 13 |
| <b>Figure 10</b> | Distribution des entreprises laitières dans les pays méditerranéens .....                   | 15 |
| <b>Figure 11</b> | Répartition de la production de lait à la source dans les pays méditerranéens ...           | 15 |
| <b>Figure 12</b> | Principaux producteurs de lait de consommation directe .....                                | 16 |
| <b>Figure 13</b> | Principaux producteurs de yaourt et autres laits fermentés .....                            | 16 |
| <b>Figure 14</b> | Principaux producteurs de fromage .....   | 17 |
| <b>Figure 15</b> | Classification des laits de consommation directe .....                                      | 34 |
| <b>Figure 16</b> | Diagramme de flux du processus d'élaboration du lait traité thermiquement .....             | 35 |
| <b>Figure 17</b> | Réception et stockage du lait cru .....   | 36 |
| <b>Figure 18</b> | Filtrage et clarification du lait .....   | 37 |
| <b>Figure 19</b> | Écrémage et normalisation du lait .....   | 38 |
| <b>Figure 20</b> | Échangeur de chaleur direct par injection de vapeur .....                                   | 39 |
| <b>Figure 21</b> | Échangeur indirect à plaques .....  | 40 |
| <b>Figure 22</b> | Traitement thermique du lait .....  | 40 |
| <b>Figure 23</b> | Homogénéisation du lait .....   | 41 |
| <b>Figure 24</b> | Stockage avant emballage .....  | 41 |
| <b>Figure 25</b> | Emballage du lait .....   | 42 |
| <b>Figure 26</b> | Aspects environnementaux de l'élaboration du lait traité thermiquement .....                | 43 |
| <b>Figure 27</b> | Diagramme de flux du processus d'élaboration de la crème et du beurre .....                 | 46 |
| <b>Figure 28</b> | Pasteurisation de la crème .....  | 47 |
| <b>Figure 29</b> | Désodorisation de la crème .....  | 48 |
| <b>Figure 30</b> | Maturation de la crème .....  | 49 |
| <b>Figure 31</b> | Barattage - malaxage de la crème .....  | 50 |
| <b>Figure 32</b> | Emballage de la crème ou du beurre .....  | 51 |
| <b>Figure 33</b> | Aspects environnementaux du processus de la crème et du beurre .....                        | 51 |
| <b>Figure 34</b> | Diagramme de flux du processus d'élaboration du yaourt .....                                | 54 |
| <b>Figure 35</b> | Ensemencement du lait dans l'élaboration du yaourt .....                                    | 54 |
| <b>Figure 36</b> | Fermentation dans les emballages .....  | 55 |
| <b>Figure 37</b> | Fermentation discontinue en cuves .....   | 56 |
| <b>Figure 38</b> | Étape de refroidissement .....  | 56 |
| <b>Figure 39</b> | Étape d'emballage .....   | 57 |
| <b>Figure 40</b> | Aspects environnementaux du processus d'élaboration du yaourt .....                         | 58 |

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| <b>Figure 41</b> | Processus d'élaboration du fromage .....   | 60  |
| <b>Figure 42</b> | Étape de coagulation du lait dans l'élaboration du fromage .....                               | 62  |
| <b>Figure 43</b> | Découpage et Égouttage .....   | 63  |
| <b>Figure 44</b> | Moulage et pressage des fromages secs .....  | 64  |
| <b>Figure 45</b> | Salage des fromages .....  | 65  |
| <b>Figure 46</b> | Étape de séchage du fromage .....  | 65  |
| <b>Figure 47</b> | Maturation des fromages maturés .....  | 66  |
| <b>Figure 48</b> | Aspects environnementaux du processus d'élaboration du fromage .....                           | 67  |
| <b>Figure 49</b> | Nettoyage et désinfection .....  | 70  |
| <b>Figure 50</b> | DCO de différents produits laitiers et détergents .....  | 70  |
| <b>Figure 51</b> | Génération de vapeur .....   | 71  |
| <b>Figure 52</b> | Génération de froid .....  | 72  |
| <b>Figure 53</b> | Traitement de l'eau .....  | 73  |
| <b>Figure 54</b> | Alternatives de valorisation du lactosérum .....   | 94  |
| <b>Figure 55</b> | Comparaison des temps de nettoyage entre les méthodes manuelles et<br>l'emploi de mousse ..... | 106 |
| <b>Figure 56</b> | Diagramme de nettoyage CIP .....   | 108 |
| <b>Figure 57</b> | Programmes de nettoyage CIP avec différentes solutions de nettoyage .....                      | 110 |