



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture

GUIDE DES BONNES PRATIQUES DE RÉDUCTION DES PERTES DU LAIT DANS LES CENTRALES LAIITIÈRES

Photographie de la couverture:

Le lait collecté auprès des agriculteurs est analysé au niveau de la matière grasse

©FAO/Jenna Jadin

**GUIDE DES BONNES PRATIQUES
DE RÉDUCTION DES PERTES DU LAIT
DANS LES CENTRALES LAITIÈRES**

Citer comme suit:

FAO. 2021. *Guide des bonnes pratiques de réduction des pertes du lait dans les centrales laitières*. Tunis. <https://doi.org/10.4060/ca5743fr>

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Le fait qu'une société ou qu'un produit manufacturé, breveté ou non, soit mentionné ne signifie pas que la FAO approuve ou recommande ladite société ou ledit produit de préférence à d'autres sociétés ou produits analogues qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

ISBN 978-92-5-131741-9

© FAO, 2021



Certains droits réservés. Cette œuvre est mise à la disposition du public selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 Organisations Intergouvernementales (CC BY NC SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode.fr>).

Selon les termes de cette licence, cette œuvre peut être copiée, diffusée et adaptée à des fins non commerciales, sous réserve que la source soit mentionnée. Lorsque l'œuvre est utilisée, rien ne doit laisser entendre que la FAO cautionne tels ou tels organisation, produit ou service. L'utilisation du logo de la FAO n'est pas autorisée. Si l'œuvre est adaptée, le produit de cette adaptation doit être diffusé sous la même licence Creative Commons ou sous une licence équivalente. Si l'œuvre est traduite, la traduction doit obligatoirement être accompagnée de la mention de la source ainsi que de la clause de non-responsabilité suivante: «La traduction n'a pas été réalisée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La FAO n'est pas responsable du contenu ni de l'exactitude de la traduction. L'édition originale [langue] est celle qui fait foi.»

Tout litige relatif à la présente licence ne pouvant être résolu à l'amiable sera réglé par voie de médiation et d'arbitrage tel que décrit à l'Article 8 de la licence, sauf indication contraire contenue dans le présent document. Les règles de médiation applicables seront celles de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (<http://www.wipo.int/amc/fr/mediation/rules>) et tout arbitrage sera mené conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI).

Matériel attribué à des tiers. Il incombe aux utilisateurs souhaitant réutiliser des informations ou autres éléments contenus dans cette œuvre qui y sont attribués à un tiers, tels que des tableaux, des figures ou des images, de déterminer si une autorisation est requise pour leur réutilisation et d'obtenir le cas échéant la permission de l'ayant-droit. Toute action qui serait engagée à la suite d'une utilisation non autorisée d'un élément de l'œuvre sur lequel une tierce partie détient des droits ne pourrait l'être qu'à l'encontre de l'utilisateur.

Ventes, droits et licences. Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être obtenus sur demande adressée par courriel à: publications-sales@fao.org. Les demandes visant un usage commercial doivent être soumises à: www.fao.org/contact-us/licence-request. Les questions relatives aux droits et aux licences doivent être adressées à: copyright@fao.org.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	v
Remerciements	vi
Abréviations et acronymes	vii
1. Introduction	1
2. Pertes alimentaires: Définitions et quelques données	3
2.1 Définition des Pertes et Gaspillages Alimentaires	4
2.2 Données générales sur les pertes alimentaires	5
2.3 Pertes dans la chaîne d'approvisionnement lait en Tunisie et ses principales causes	6
3. Difficultés d'estimation des pertes dans la filière laitière	7
4. Importance de l'implantation des concepts: BPH, BPF, PPP, Éco-Efficacité dans la maîtrise des pertes et la réduction des impacts environnementaux dans les centrales laitières	9
5. Analyse des principales origines et causes des pertes de lait dans la fabrication des produits laitiers	15
6. Analyse des pertes du lait dans la fabrication du lait stérilisé et bonnes pratiques pour la réduction de ces pertes	19
6.1 Technologie de production du lait stérilisé UHT	20
6.2 Technologie de production du lait stérilisé par autoclavage	22
6.3 Principales causes et origines des pertes de lait dans la ligne de production des laits stérilisés UHT	23
6.3.1 Importance du contrôle du lait à la réception dans la réduction des pertes: tests et tris	23
6.3.2 La réception du lait	24
6.3.3 Le stockage réfrigéré	27
6.3.4 Filtration/ Clarification	27
6.3.5 Écrémage-standardisation	28
6.3.6 Traitement thermique: pasteurisation-homogénéisation-stérilisation	29
6.3.7 Stockage aseptique	31
6.3.8 Emballage et conditionnement	31
6.3.9 Nettoyage Intermédiaire Aseptique (NIA) et Nettoyage En Place (NEP)	32
6.4 Principales causes et origines des pertes de lait dans la ligne de production des laits stérilisés par autoclavage	34
6.5 Bonnes Pratiques pour la réduction des pertes lors de la production du lait stérilisé	35
7. Mesures à prendre pour la réduction des pertes dans la fabrication des laits fermentés	39
7.1 Principales étapes de fabrication du yaourt	41
7.2 Principales sources de pertes lors de la production du Yaourt	45
7.3 Bonnes Pratiques pouvant être mises en œuvre pour réduire les pertes	46

FIGURES

1 : Estimation des Pertes et gaspillage dans la filière laitière	5
2 : Lieux stratégiques de perte du lait	17
3 : Procédé UHT par chauffage indirect	21
4 : Stérilisateur vertical hydrostatique	22
5 : Réception du lait à la laiterie: dégazage et mesure volumétrique	26
6 : Réservoir avec agitateur à hélice	27
7 : Système de standardisation automatique du lait en matière grasse	28
8 : Ligne de production du yaourt ferme	41
9 : Ligne de production du yaourt brassé	42

PHOTOS

1 : Stérilisateur vertical hydrostatique	23
2 : Laboratoire d'analyse du lait et des produits laitiers	24
3 : Contrôle rapide du lait à la réception	25
4 : Réception du lait à partir d'une citerne isotherme	25
5 : Réception du lait: éviter les pertes dues à un mauvais raccordement	26
6 : Centrifugeuses débourbeuses	28
7 : Pertes de lait lors de l'évacuation des boues	29
8 : Stérilisateur tubulaire UHT	29
9 : Homogénéisateur non aseptique	30
10 : Pertes de lait lors des opérations de pousse du lait et au niveau des divers équipements	30
11 : Réservoir aseptique avec vanne et module de contrôle	31
12 : Pertes de lait lors de l'opération d'emballage, avec possibilité d'un recyclage des produits non endommagés	32
13 : Contrôle de suivi rigoureux du barème de stérilisation (140°C)	33
14 : Tuyaux sont bien raccordés avant de passer le lait	35
15 : Fuite de lait au niveau d'une vanne à trois voies	36
16 : Analyseur de COT	38
17 : Traitement thermique du lait avant son ensemencement	43
18 : lignes de conditionnement d'un lait fermenté	44
19 : Chambre de refroidissement après incubation	45
20 : Pertes du produit au niveau des conditionneuses	46
21: Conditions de travail chaotiques impliquant des pertes importantes de produits	48

Avant-propos

"Zéro pertes"...ne gaspillons pas le lait

En Septembre 2015, 193 pays ont adopté le fameux Agenda 2030 pour le développement durable, ses 17 objectifs et 169 cibles. Les gouvernements se sont engagés notamment à ce que chaque entreprise ou citoyen produise et consomme de manière beaucoup plus responsable.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture collabore avec les autorités nationales concernées à une meilleure compréhension du nexus entre les produits alimentaires et les ressources utilisées pour les produire. Elle encourage tous les acteurs à intégrer cette dimension et œuvrer à réduire le gaspillage des ressources naturelles en réduisant les pertes et gaspillages dans les filières alimentaires, y compris celle du lait.

En Tunisie, suite à la requête du Ministère tunisien de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche, la FAO a mis en œuvre de 2017 à 2019 le projet 'Réduction des Pertes et Gaspillage Alimentaires et développement des chaînes de valeurs pour la sécurité alimentaire en Égypte et en Tunisie', financé par l'Agence italienne pour la coopération au développement, avec un focus sur le lait et les céréales.

Ce guide sur les bonnes pratiques de réduction des pertes dans les centrales laitières, orientées vers le lait de boisson et le Yaourt rentre dans le cadre des activités sur la sensibilisation et le renforcement des capacités recommandées par une étude préliminaire estimant les pertes de lait au niveau des différents maillons de la filière laitière dans les gouvernorats de Bizerte et Mahdia entre juin et décembre 2017¹.

Avec des pertes chiffrées à 9,84 pour cent à Bizerte, et 6,88 pour cent à Mahdia, un réel potentiel existe de rendre la filière plus écologique et compétitive en changeant ou améliorant certaines pratiques.

Toutes celles et ceux qui ont développé et enrichi ce guide et contribué aux formations qui ont précédé sa préparation ont fait preuve d'une approche très professionnelle et hautement participative. Ils ont tous témoigné d'un esprit ouvert et innovant ce qui est de très bon augure pour l'avenir.

Philippe Ankers

Coordinateur Sous-Régional de la FAO
pour l'Afrique du Nord, Tunisie

¹FAO. 2012. Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde – Ampleur, causes et prévention. Rome

REMERCIEMENTS

Ce guide a été réalisé dans le cadre du projet 'Réduction des pertes et gaspillage alimentaires et du développement de la chaîne de valeur pour la sécurité alimentaire en Égypte et en Tunisie', financé par l'Agence italienne pour la coopération au développement et exécuté en Tunisie et mis en œuvre en collaboration avec la Direction générale des études et du développement agricole (DGEDA) du Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche.

Il a été préparé par Bouali Saadia, professeur en industrie agro-alimentaire, qui avait assuré des sessions de formation en Tunisie, au Gouvernorat de Bizerte, sous la coordination et la supervision du Groupement interprofessionnel des viandes rouges et du lait (GIVLAIT).

La Professeur Raoudha Khaldi Slim, consultante en industrie agro-alimentaire et développement des chaînes de valeur, a révisé le guide au nom de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, avec d'importantes contributions de Jozimo Santos Rochas, Officier en agro-industrie et Paola Castelgrande, coordinatrice du projet, au bureau régional de la FAO pour le Proche-Orient et l'Afrique du Nord (RNE).

Le guide a aussi bénéficié des apports des membres de l'équipe du Projet au Bureau sous régional de la FAO pour l'Afrique du nord, Ahmed Bougacha et Issam Azouri.

Ce travail a pu être réalisé grâce à la collaboration de plusieurs partenaires, notamment le Groupement Interprofessionnel des Viandes Rouges et du Lait (GIVLAIT) dont Kamel Rjeibi, Directeur Général, Riadh Louhichi, Directeur chargé de l'organisation et suivi des filières et promotion de la qualité, Chiraz Loukim et Rym Hazgui.

Abbréviations et acronymes

NIA	Nettoyage Intermédiaire Aseptique (NIA)
BPF	Bonnes Pratiques de Fabrication
BPH	Bonnes Pratiques d'Hygiène
CCL	Centre de Collecte Laitier
COT	Carbone Organique Total
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DGEDA	Direction générale des études et du développement agricole
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point (analyse des risques et maîtrise des points critiques)
HRS	Heat Resistant Spore Forming (Germination des spores résistants à la chaleur lors du stockage du lait)
ITP	Investissements Technologiques Prioritaires
MARHP	Ministère de l'Agriculture des Ressources Hydrauliques et de le Pêche
NEP	Nettoyage En Place
PGA	Pertes et Gaspillage Alimentaires
PMN	Programme de Mise à Niveau
PPP	Production Plus Propre
UHT	Ultra Haute Température



01

Le lait collecté quotidiennement auprès des agriculteurs au niveau du village est analysé au niveau de la matière grasse, puis transformé par des travailleurs qualifiés qui en font du lait, du beurre, du yaourt ou du fromage de haute qualité

©FAO/Jenna Jadin

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet «Réduction des Pertes et Gaspillage Alimentaires et développement des chaînes de valeurs pour la sécurité alimentaire en Égypte et en Tunisie» initié par la FAO en collaboration avec le Ministère Tunisien de l'Agriculture des Ressources Hydrauliques et de la Pêche et financé par l'Agence italienne pour la coopération au développement, une étude sur l'estimation des pertes de lait au niveau des différents maillons de la filière laitière à Bizerte et Mahdia a été réalisée de juin à décembre 2017.

L'étude a concerné les maillons de la production, du transport, de la collecte et de la transformation du lait pour lesquels une estimation des pertes a été réalisée. Elle a aussi permis d'identifier les principales causes à l'origine de ces pertes à partir desquels des propositions d'actions ont été suggérées par les partenaires (public, privés, société civile) afin de créer les conditions susceptibles de favoriser le développement et la durabilité de la filière laitière tout en en réduisant les pertes.

Parmi les recommandations retenues, il a été proposé de préparer des guides de Bonnes Pratiques pour la réduction des pertes au niveau des principaux maillons de la filière.

C'est dans ce cadre que le présent guide a été réalisé en vue de proposer un ensemble de Bonnes Pratiques à appliquer au niveau des centrales laitières produisant du lait stérilisé (essentiellement du lait stérilisé UHT) et du yaourt.

02



Le lait collecté quotidiennement auprès des agriculteurs au niveau du village est analysé au niveau de la matière grasse, puis transformé par des travailleurs qualifiés qui en font du lait, du beurre, du yaourt ou du fromage de haute qualité

©FAO/Jenna Jadin



PERTES ALIMENTAIRES: DÉFINITIONS ET QUELQUES DONNÉES

2.1 DÉFINITION DES PERTES ET GASPILLAGE ALIMENTAIRES

La FAO (2012) propose la définition suivante des pertes alimentaires:

«Les pertes alimentaires correspondent à la diminution de la masse des denrées alimentaires comestibles constatée dans le segment de la chaîne alimentaire où sont précisément produits des aliments comestibles destinés à la consommation humaine. Les pertes alimentaires se vérifient au stade de la production, de l'après récolte et de la transformation.

Les pertes constatées en bout de la chaîne alimentaire (distribution et consommation finale) sont généralement appelées « gaspillage alimentaire », se référant au comportement des distributeurs et des consommateurs.

2.2 DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES PERTES ALIMENTAIRES

Une étude réalisée par la FAO sur les pertes et le gaspillage alimentaire (PGA) dans le monde, montre que le tiers de la production alimentaire destinée à la consommation humaine est perdue ou gaspillée, atteignant environ 1,3 milliards de tonnes par an, d'une valeur estimée à près de 1 000 milliards de dollars des États-Unis par an. (FAO, 2012).

Les PGA sont estimés à environ 210 kg/personne/an, soit 594 kcal/personne/jour. Ils représentent entre 15 et 35 pour cent à la production, et 10 à 15 pour cent aux stades de la transformation, du transport, et du stockage (FAO, 2012).

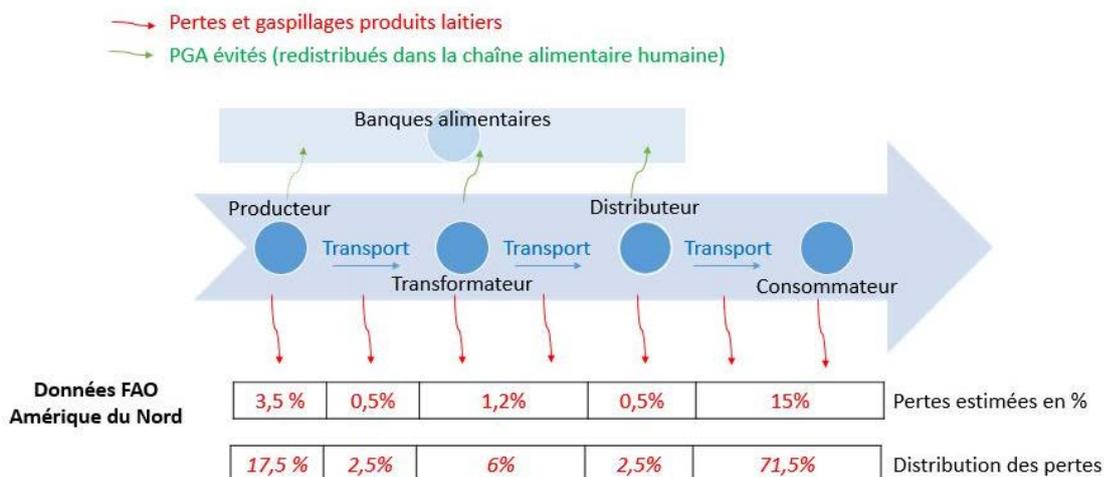
Dans la région du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord, les PGA au niveau de la filière laitière sont évalués à 18 pour cent (FAO, 2012).

La répartition des pertes dans la chaîne d'approvisionnement du secteur laitier montre que c'est beaucoup plus au niveau de la production primaire (éleveurs) que les pertes sont les plus importantes (3,5 pour cent).

Ces pertes au niveau de la production primaire, dont les taux restent en général inférieurs à 5 pour cent seraient principalement causées par les maladies contractées par les vaches (mammites) (FAO, 2011). Une partie serait aussi attribuable au lait refusé par les usines pour des problèmes de qualité (développement de l'acidité, présence d'antibiotique, cellules somatiques, fraudes ou autres).

Ces pertes relativement importantes enregistrées au niveau des maillons de la production, le transport et la collecte du lait sont essentiellement dues à un manque ou absence de l'application des règles élémentaires de l'hygiène à plusieurs niveaux: hygiène de la production du lait, hygiène au niveau de la manipulation, stockage et transport du lait.

Figure.1 Estimation des Pertes et gaspillage dans la filière laitière



Source : FAO, 2012

Au niveau du maillon de la transformation, ces pertes sont en général assez faibles, et les taux peuvent descendre jusqu'à 1,2 pour cent (Bareille N., 2015).

Ces pertes proviendraient essentiellement de produits non conformes ou du retour de produits des magasins (produits périmés, emballages endommagés, etc.).

Les pertes de produits sur les lignes de production, qui se retrouvent dans les eaux de lavage et constituent des effluents liquides, ne sont pas clairement identifiées dans les données présentées dans la littérature.

2.3 PERTES DANS LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT LAIT EN TUNISIE ET SES PRINCIPALES CAUSES

L'étude réalisée en Tunisie en 2017 dans le cadre du projet «Réduction des Pertes et Gaspillages Alimentaires et développement des chaînes de valeurs pour la sécurité alimentaire en Égypte et en Tunisie» a permis d'estimer les pertes de lait au niveau des différents maillons de la filière laitière aux Gouvernorats de Bizerte et Mahdia. Les résultats obtenus montrent que les pertes totales au niveau de la chaîne d'approvisionnement du lait se présentent comme suit:

- **Bizerte:** Taux global de pertes **9,84 pour cent**
 - 1,96 pour cent chez les éleveurs;
 - 2,1 pour cent chez les transporteurs;
 - 2,28 pour cent dans les centres de collecte;
 - 3,5 pour cent dans la centrale laitière.

- **Mahdia:** Taux global de pertes **6,88 pour cent**
 - 0,73 pour cent chez les éleveurs;
 - 0,84 pour cent chez les transporteurs;
 - 1,81 pour cent dans les centres de collecte;
 - 3,5 pour cent dans la centrale laitière.

D'après les déclarations des responsables techniques des deux centrales laitières concernées, les pertes au niveau des procédés sont estimées à 0,5 pour cent; il s'agit de pertes de lait lors de la phase de pousse et des pertes dues aux opérations de lavage.

Le lait refusé au niveau des centrales laitières (pour des raisons de non-conformité aux normes) a été estimé à environ 3 pour cent.

Pour ce qui est des retombées environnementales de ces pertes de lait, la quantité de résidus organiques générés par l'industrie de transformation laitière peut être très élevée.

Ainsi, ces pertes enregistrées au niveau de la transformation et qui restent néanmoins assez faibles en général, engendrent non seulement des pertes économiques mais également de sérieux problèmes environnementaux.

La mise en place dans les centrales laitières des bonnes pratiques visant la réduction des pertes s'avère donc nécessaire.



Le lait collecté quotidiennement auprès des agriculteurs au niveau du village est analysé au niveau de la matière grasse, puis transformé par des travailleurs qualifiés qui en font du lait, du beurre, du yaourt ou du fromage de haute qualité

©FAO/Jenna Jadin



DIFFICULTÉS D'ESTIMATION DES PERTES DANS LA FILIÈRE LAITIÈRE

Les pertes de matières dans l'industrie laitière sont difficiles à quantifier à cause de la nature liquide d'une partie des produits et de la quantité importante de coproduits et de sous-produits. Les pertes sont ainsi réparties dans le système alimentaire, à diverses étapes de la chaîne d'approvisionnement et peuvent concerner aussi bien des produits laitiers que d'autres produits contenant des ingrédients laitiers.

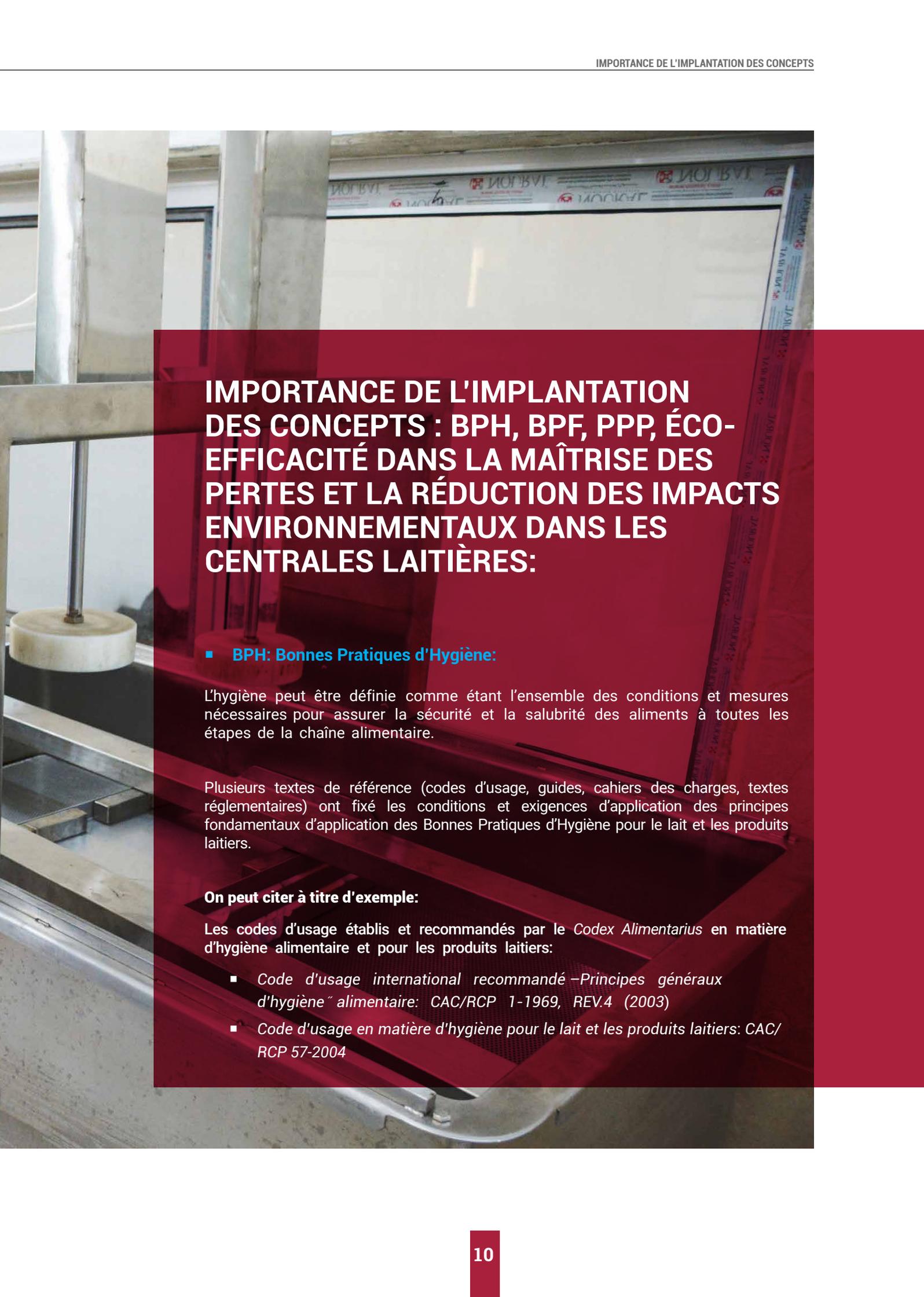
La façon de quantifier les pertes ne tient compte assez souvent que partiellement de celles liées aux procédés de transformation puisque ces pertes se retrouvent pour la plupart dans les sous-produits de l'industrie laitière et les effluents qui sortent de la chaîne d'alimentation humaine et ne sont donc pas comptabilisés de manière précise et complète.



04

Le lait collecté quotidiennement auprès des agriculteurs au niveau du village est analysé au niveau de la matière grasse, puis transformé par des travailleurs qualifiés qui en font du lait, du beurre, du yaourt ou du fromage de haute qualité

©FAO/Jenna Jadin



IMPORTANCE DE L'IMPLANTATION DES CONCEPTS : BPH, BPF, PPP, ÉCO-EFFICACITÉ DANS LA MAÎTRISE DES PERTES ET LA RÉDUCTION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DANS LES CENTRALES LAITIÈRES:

■ BPH: Bonnes Pratiques d'Hygiène:

L'hygiène peut être définie comme étant l'ensemble des conditions et mesures nécessaires pour assurer la sécurité et la salubrité des aliments à toutes les étapes de la chaîne alimentaire.

Plusieurs textes de référence (codes d'usage, guides, cahiers des charges, textes réglementaires) ont fixé les conditions et exigences d'application des principes fondamentaux d'application des Bonnes Pratiques d'Hygiène pour le lait et les produits laitiers.

On peut citer à titre d'exemple:

Les codes d'usage établis et recommandés par le *Codex Alimentarius* en matière d'hygiène alimentaire et pour les produits laitiers:

- *Code d'usage international recommandé –Principes généraux d'hygiène~ alimentaire: CAC/RCP 1-1969, REV.4 (2003)*
- *Code d'usage en matière d'hygiène pour le lait et les produits laitiers: CAC/ RCP 57-2004*

**Guide pour la maîtrise de l'hygiène et de la sécurité des aliments:
Fabrication des fromages, préparé par le Centre d'Expertise Fromagère du Québec (CEFQ)**

La mise en place dans une centrale laitière des Bonnes Pratiques d'Hygiène (**BPH**), lui permet d'instaurer et de maintenir un environnement de travail adéquat en termes d'hygiène. Ces BPH garantissent la production d'un produit salubre et limitent les pertes occasionnées par l'absence ou l'insuffisance de l'application des règles d'hygiène au niveau de toutes les étapes du procédé de la transformation.

BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication:

Les **BPF** (Bonnes Pratiques de fabrication), ou **GMP** (Good Manufacturing Practices) représentent l'ensemble des règles-guides établis par une entreprise pour achever un produit alimentaire d'une qualité requise sans danger pour le consommateur.

L'objectif est d'assurer la qualité, donc un plan GMP fait partie du système d'Assurance Qualité de l'entreprise.

Dans un plan GMP, l'ensemble du processus de l'entreprise est considéré; par exemple:

- lieu de l'activité industrielle;
- les équipements;
- le procédé de la fabrication;
- le conditionnement;
- le stockage;
- le transport;
- la distribution du produit;
- l'hygiène du personnel;
- le nettoyage et la désinfection des locaux;
- le contrôle qualité.

L'établissement des règles de bonnes pratiques est fait par l'équipe Assurance Qualité en concertation avec la fabrication.

L'idée est:

- d'avoir des règles en forme écrite;
- de les communiquer au personnel et de vérifier qu'elles soient comprises;
- de responsabiliser le personnel concerné;
- de vérifier que ces règles soient suivies (avoir une évidence écrite si nécessaire).

Avantages de suivre les règles BPF:

- L'entreprise gagne la confiance du consommateur car le produit est sûr, d'apparence et de goût constants, le client est satisfait et par conséquent fidélisé.
- L'entreprise maîtrise les coûts et elle reste compétitive.

Les BPF sont basées sur 10 principes:

1. **Écrire** les modes opératoires et les instructions afin de fournir une 'feuille de route' nécessaire à la conformité aux BPF et à une production de qualité régulière.
2. **Suivre** scrupuleusement les procédures et les instructions pour prévenir toute contamination, ou erreur.
3. **Renseigner** rapidement et précisément le travail en cours dans un but de conformité aux procédures et à la traçabilité.
4. **Prouver** que les systèmes font ce pour quoi ils sont conçus en effectuant des démarches formelles de validation.
5. **Intégrer** les procédés, la qualité du produit et la sécurité du personnel dans la conception des bâtiments et des équipements.
6. **Effectuer la maintenance** des bâtiments et équipements de manière régulière et efficace.
7. **Développer et démontrer** clairement les compétences au poste de travail.
8. **Protéger** les produits contre toute contamination en adoptant des habitudes régulières et systématiques de propreté et d'hygiène.
9. **Construire la qualité** dans les produits par un contrôle des matières premières et des procédés (process) tels que la fabrication, l'emballage, l'étiquetage, etc.
10. **Planifier et effectuer** régulièrement des audits afin d'assurer la conformité aux BPF et l'efficacité au système qualité.

Ces principes sont souvent résumés autour des '5M':

- **Matériel:** identifié, entretenu, nettoyé, qualifié;
- **Méthodes:** disponibles, détaillées, précises, vérifiées, validées, auditées;
- **Main-d'œuvre:** formée et habilitée au poste de travail;
- **Matières:** identifiées, contrôlées;
- **Milieu:** infrastructures de production salubres et qualifiées.

Pour une centrale laitière, les BPF fixent des principes généraux pour la conception des installations et les procédés. Ces principes concernent en particulier:

- le management;
- l'environnement du bâtiment (lieu de fabrication);
- le bâtiment: local de fabrication, sols, murs, plafonds, jonctions de surface, portes fenêtres, évacuation des eaux usées;
- infrastructure des locaux;
- divers: les palettes, le personnel, les vestiaires, les sanitaires, locaux sociaux, matériel de secours;
- le matériel (les équipements);
- l'hygiène;
- la fabrication;
- le matériel de conditionnement.

PPP: Production Plus Propre

Une production plus propre est définie comme étant l'application continue d'une stratégie environnementale préventive et intégrée, appliquée sur le procédé, les produits et les services, dans l'objectif d'augmenter l'efficacité globale et limiter les risques environnementaux et les risques sur la santé humaine.

C'est une approche d'une gestion environnementale qui vise l'amélioration de la performance environnementale des produits, du procédé et services en visant davantage les causes des problèmes environnementaux, plutôt que les symptômes.

Le concept de la PPP, contrairement à l'approche traditionnelle du 'Contrôle de pollution', se présente plutôt comme une approche prédictive, préventive; une philosophie d'anticiper et prévoir.

Cette démarche est généralement appliquée sur les procédés de production, à travers des approches de conservation des ressources, l'élimination des matières premières toxiques, et la réduction des rejets déchets et pertes de produits.

Les techniques pour la mise en place d'une PPP incluent l'amélioration des pratiques de 'Housekeeping', l'optimisation des procédés, la substitution des matières premières, l'introduction de nouvelles technologies et nouvelles formulations.

L'autre caractéristique principale de la PPP est le fait qu'à travers la prévention d'une utilisation inefficace des ressources et la diminution d'une production inutile et indésirable de déchets, une entreprise peut bénéficier d'une diminution des coûts de fonctionnement, et d'une diminution des coûts de traitement et d'élimination des effluents et déchets.

Les opportunités de Production Propre sont classées en fonction des points suivants:

- **Réduction à la source:** 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:** 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:** les procédés qui permettent la récupération des ressources contenues dans les déchets.

Concept d'éco-efficacité

Le concept d'éco-efficacité souligne la conciliation des objectifs économiques et environnementaux dans la stratégie de l'entreprise.

Le concept se base sur des principes de rationalisation de l'utilisation des ressources et de la création de valeur ajoutée. L'objectif ultime étant de "créer de la valeur pour la société et pour l'entreprise, en faisant plus avec moins durant un cycle de vie".

L'éco-efficacité propose une nouvelle stratégie d'affaires qui se traduit concrètement par:

- l'augmentation de la valeur ajoutée du produit ou service;
- l'optimisation de l'utilisation des ressources;
- la réduction des déchets et rebus;
- la réduction de l'impact environnemental associé.

L'approche d'éco-efficacité vise donc à stimuler la productivité et l'innovation, à accroître la compétitivité et à améliorer la performance environnementale.

Les avantages qui en découlent pour la bonne santé de l'entreprise comprennent:

- La réduction des coûts par l'utilisation plus efficiente des matières premières et de l'énergie.
- La réduction des risques et responsabilité par la substitution de l'utilisation des produits toxiques.
- L'augmentation des revenus par le développement de produits innovateurs et l'augmentation de parts de marché.
- L'amélioration de l'image de marque par le marketing et la communication des efforts d'amélioration.
- L'amélioration de la performance environnementale par la réduction des rejets toxiques, l'augmentation de la récupération et le recyclage des rebus et la réduction des pertes matière.

Le benchmarking dans les industries laitières:

L'amélioration continue de la performance de l'entreprise nécessite un suivi rigoureux qui se base sur l'adage qui dit "on ne peut gérer que ce qu'on peut mesurer", d'où la nécessité d'établir des indicateurs mesurables et fiables.

La notion de *benchmarking* peut aider les entreprises à fixer des objectifs mesurables et à faciliter la comparaison entre les entreprises et les secteurs d'activités.

Il s'agit d'un outil utile pour mesurer le niveau de performance atteint par une entreprise, par exemple en matière de consommation d'eau, d'énergie et de génération de déchets (liquides et/ou solides).

05



Des techniciens professionnels analysent la qualité de lait lors de sa réception à Bezina en Tunisie
©FAO/Issam Azouri



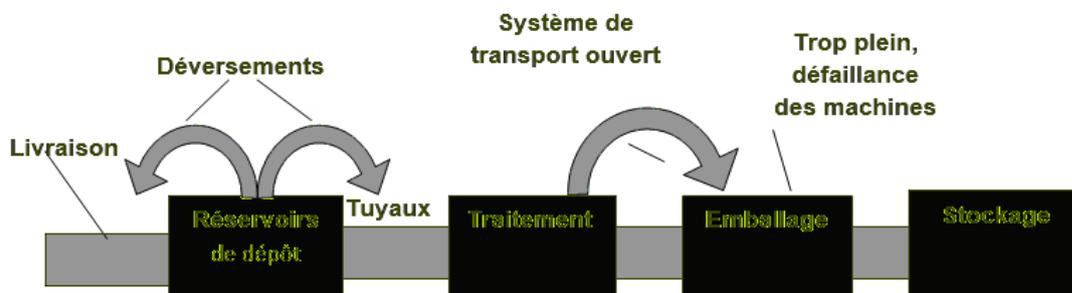
ANALYSE DES PRINCIPALES ORIGINES ET CAUSES DES PERTES DE LAIT DANS LA FABRICATION DES PRODUITS LAITIERS

Le premier pas dans cette analyse est l'identification des endroits où le produit "se perd".

Les principaux lieux stratégiques de pertes des produits sont:

- les réservoirs;
- les postes de traitements (procédé);
- les postes d'emballage;
- la tuyauterie et les systèmes de transport du lait.

Figure.2 Lieux stratégiques de perte du lait



Source : élaboration par le consultant

La perte de lait cru survient lors de sa réception, généralement sous la forme de déversements et de fuites lors du déchargement et du chargement, l'ouverture du couvercle, le nivellement, la vidange de la cuve, les vannes, les filtres, les tuyaux et les canalisations, le refroidissement du lait cru et le réservoir de stockage.

L'autre forme de perte de lait lors de la réception se produirait également en raison de la détérioration de la qualité due au retard causé par une panne de la machine, une perte de puissance, une négligence humaine et un espace de quai insuffisant.

Les pertes de lait lors de la réception peuvent également être dues à des pesées, échantillonnages et tests incorrects.

Les pertes à la réception peuvent varier en général de 0,1 pour cent à 1,01 pour cent. (Bareille N., 2015).

Dans les centrales performantes, elles peuvent descendre jusqu'à un taux d'environ 0,025 pour cent. (Bareille N., 2015).

Au cours des opérations de traitement, les pertes de lait pourraient avoir lieu lors des opérations d'écumage, des traitements thermiques et de l'emballage.

Le lait qui fuit au niveau des échangeurs thermiques, du réservoir de stockage, de la tuyauterie et du poste d'emballage est de l'ordre de 0,1 pour cent pour une centrale performante mais peut atteindre dans d'autres centrales moins performantes 0,5 pour cent.

Lors de la fabrication des produits laitiers, les pertes peuvent être sous différentes formes: du lait, de la crème, des résidus, des sous-produits ou le produit final. Dans ces différents ateliers, une perte de 0,5 pour cent à 1,5 pour cent peut être considérée comme modérée (Bareille N., 2015).

Les principales causes et lieux des pertes du lait au niveau du procédé peuvent donc être répertoriées comme suit:

- fuites dans les cuves de stockage;
- débordement des cuves: réservoirs débordants; réservoirs ayant été remplis avant le mélange peuvent déborder au début de l'agitation;
- écoulements et fuites dans les conduites;
- couplage et raccords fuyants;
- pertes de produit au sol pendant le traitement et le transport au sein de l'installation;

- dépôts à la surface des équipements et dans les tuyaux;
- produit restant dans les réservoirs;
- produit éliminé dans les boues de filtration / clarification;
- écoulements provoqués par des emballages endommagés ou en mauvais état;
- défauts dans la ligne d'emballage;
- opérations de nettoyage: conduite et fréquence.

D'autres défaillances non liées au procédé peuvent être également une cause sérieuse de perte du produit; on peut citer:

- défaillance dans la quantification du lait réceptionné (mesure) et des analyses de contrôle;
- négligence humaine;
- pannes au niveau des utilités (eau et énergie);
- absence de la maintenance préventive;
- absence (ou manque) de valorisation des sous produits.

06



Le lait collecté quotidiennement auprès des agriculteurs au niveau du village est analysé au niveau de la matière grasse, puis transformé par des travailleurs qualifiés qui en font du lait, du beurre, du yaourt ou du fromage de haute qualité

©FAO/Jenna Jadin



ANALYSE DES PERTES DU LAIT DANS LA FABRICATION DU LAIT STÉRILISÉ ET BONNES PRATIQUES POUR LA RÉDUCTION DE CES PERTES

6.1 TECHNOLOGIE DE PRODUCTION DU LAIT STÉRILISÉ UHT

Deux méthodes sont utilisées pour la production de lait stérilisé (lait de longue conservation):

- La stérilisation en récipients hermétiquement fermés, consistant à chauffer le produit et l'emballage (récipient) à environ 116°C pendant environ 20 minutes. Le stockage se fait à la température ambiante.
- Le traitement à Ultra Haute Température (UHT), consistant en un chauffage du produit à 135°C - 150°C pendant 4 à 5 secondes, suivi d'un conditionnement aseptique dans des emballages protégeant le produit de la lumière et de l'oxygène de l'air. Stockage à température ambiante.

Selon le mode de chauffage du lait, Il existe deux principaux types de systèmes UHT disponibles sur le marché: systèmes de chauffage directs et système de chauffage indirects.

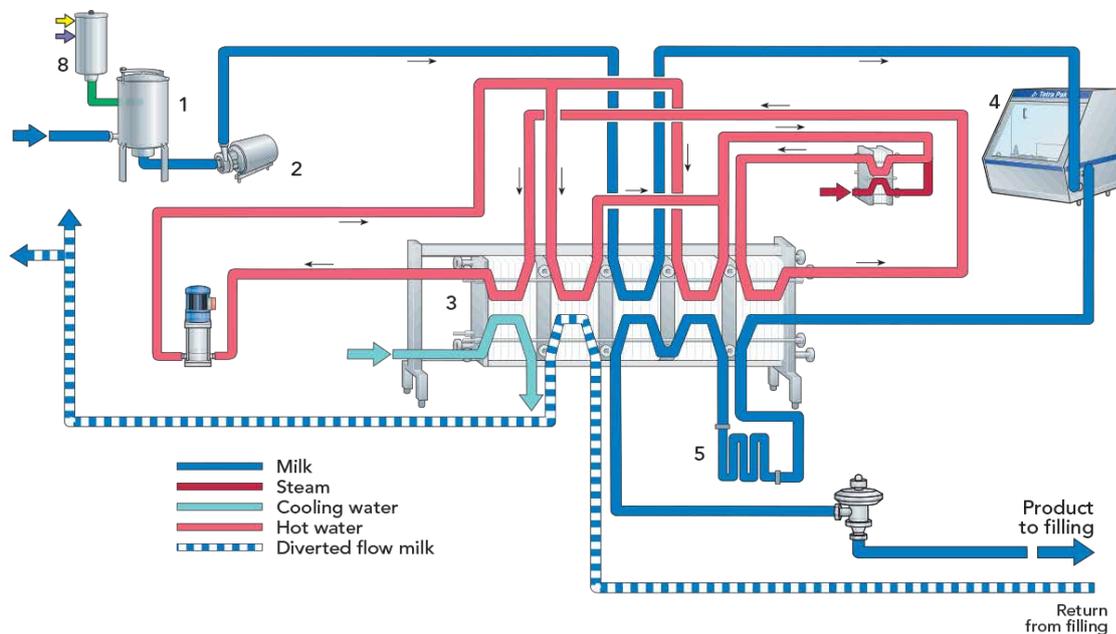
Dans les systèmes directs, le produit entre en contact direct avec le fluide caloporteur (vapeur), suivi d'un refroidissement rapide dans une cuve à vide, d'une homogénéisation et éventuellement d'un refroidissement indirect supplémentaire jusqu'à la température de l'emballage.

Dans les systèmes de chauffage indirect, le lait est chauffé à travers la paroi d'échangeurs de chaleur à plaques ou tubulaires.

Dans ce guide, nous développerons davantage le processus de production du lait stérilisé UHT par chauffage indirect, étant donné que c'est la technologie la plus utilisée en Tunisie, et quantitativement c'est le principal lait de boisson produit et commercialisé. Nous considérons néanmoins la technologie de production du lait stérilisé par autoclavage ainsi que les principaux postes de pertes, les causes de ces pertes et les actions permettant de les réduire.

Le procédé de fabrication du lait UHT, montrant les principaux postes du procédé et la circulation des différents flux est présenté dans le schéma suivant:

Figure 3. Procédé UHT par chauffage indirect dans un échangeur de chaleur à plaques



Source : Tetra Pak Processing Systems 1995

1. Bac de lancement
2. Pompe d'alimentation
3. Échangeur de chaleur à plaques
4. Homogénéisateur non aseptique
5. Chambreur

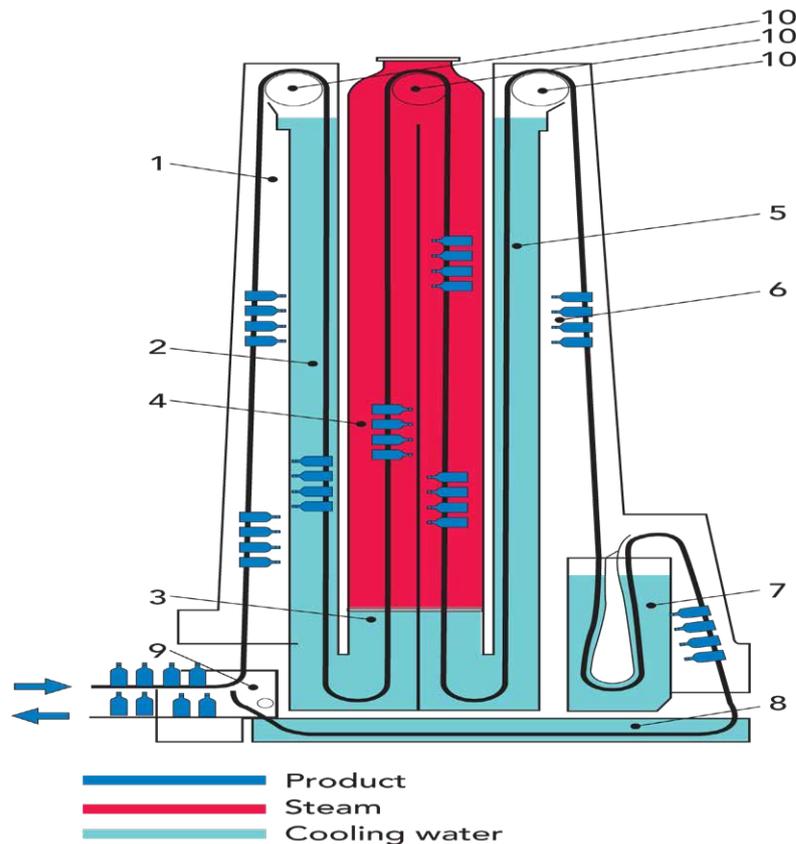
6.2 TECHNOLOGIE DE PRODUCTION DU LAIT STÉRILISÉ PAR AUTOCLAVAGE

Pour la production du lait stérilisé par autoclavage (lait stérilisé en bouteilles), le lait est pasteurisé, homogénéisé, mis en récipients, puis stérilisé dans des autoclaves alimentés généralement en continu.

Dans de nombreux cas, le lait est prétraité dans une installation de pré-stérilisation semblable à celle utilisée pour la production du lait UHT. Le lait est chauffé à 135°C -ou plus- pendant quelques secondes, puis refroidi à 30-70°C puis transféré dans des bouteilles en plastique propres avant qu'il ne soit traité dans la tour hydrostatique.

Le cycle de temps d'un stérilisateur hydrostatique est d'environ une heure, dont 3 à 30 minutes pour le passage dans la section de stérilisation à une température comprise entre 115 et 125°C.

Figure.4 Stérilisateur vertical hydrostatique



Source: Tetra Pak Processing Systems 1995

1. 1^{er} étage de chauffage
2. Joint d'eau et 2^{ème} étage de chauffage
3. 3^{ème} étage de chauffage
4. Section de stérilisation
5. 1^{er} étage de refroidissement
6. 2^{ème} étage de refroidissement
7. 3^{ème} étage de refroidissement
8. 4^{ème} étage de refroidissement
9. Phase de refroidissement finale
10. Arbres et roues supérieurs à entraînement individuel

Photo.1 Stérilisateur vertical hydrostatique



Stérilisateur vertical hydrostatique
©FAO/ Saaidia Bouali

6.3 PRINCIPALES CAUSES ET ORIGINES DES PERTES DE LAIT DANS LA LIGNE DE PRODUCTION DES LAITS STÉRILISÉS UHT

Ces pertes sont analysées en considérant les principales étapes du procédé de fabrication du produit.

Pour cette analyse, nous présentons pour chaque étape les conditions opératoires, la nature et les causes des pertes.

6.3.1 Importance du contrôle du lait à la réception dans la réduction des pertes: tests et tris

La livraison d'un lait de bonne qualité contribue à la réduction des pertes, pour tous les produits de la centrale laitière.

Le lait subissant un traitement thermique élevé, en particulier, doit être de très bonne qualité microbiologique.

On utilise habituellement le test à l'alcool pour refuser tout lait ne convenant pas au traitement UHT pour les raisons suivantes:

- S'il est acide, du fait de la numération bactérienne élevée des micro-organismes producteurs d'acide.
- Si son équilibre en sels est incorrect.
- S'il contient trop de protéines sériques (typiques du colostrum).

Le lait cru de mauvaise qualité a un effet néfaste sur les conditions de traitement et sur la qualité du produit fini. Le lait acide a une stabilité thermique médiocre et entraîne des problèmes de traitement et de sédimentation, c'est-à-dire un encrassement des surfaces chauffantes qui réduit les durées de fabrication et complique le nettoyage, ainsi qu'une sédimentation des protéines au fond des emballages lors du stockage.

La qualité bactériologique du lait doit être élevée; ceci vaut non seulement pour la charge bactérienne totale, mais également pour son degré de contamination par des spores de bactéries thermorésistantes qui résistent aux températures élevées de la stérilisation.

Photo.2 Laboratoire d'analyse du lait et des produits laitiers



Laboratoire d'analyse du lait et des produits laitiers
©FAO/ Saaidia Bouali

6.3.2 La réception du lait

On dit que le lait est réceptionné quand il est pris en charge par l'usine.

Au niveau du quai de réception, on vérifie les quantités apportées, on prélève des échantillons pour effectuer un contrôle de qualité ou on procède à un simple triage. Le lait subit toujours une épuration physique destinée à éliminer les impuretés éventuelles en suspension.

Photo.3 Contrôle rapide du lait à la réception



Contrôle rapide du lait à la réception
©FAO/ Saaidia Bouali

La réception du lait à la centrale laitière peut se faire soit en bidons métalliques de 20 ou 40 litres, ou autres récipients de qualité alimentaire, soit en vrac à partir des citernes isothermes.

Photo.4 Réception du lait à partir d'une citerne isotherme



Réception du lait à partir d'une citerne isotherme.
©FAO/ Saaidia Bouali

Pour la réception en bidons ou pots métalliques, le quai doit être conçu pour permettre le déchargement commode des camions, le dépotage et la pesée des livraisons, le nettoyage des bidons vides et leur chargement sur les véhicules.

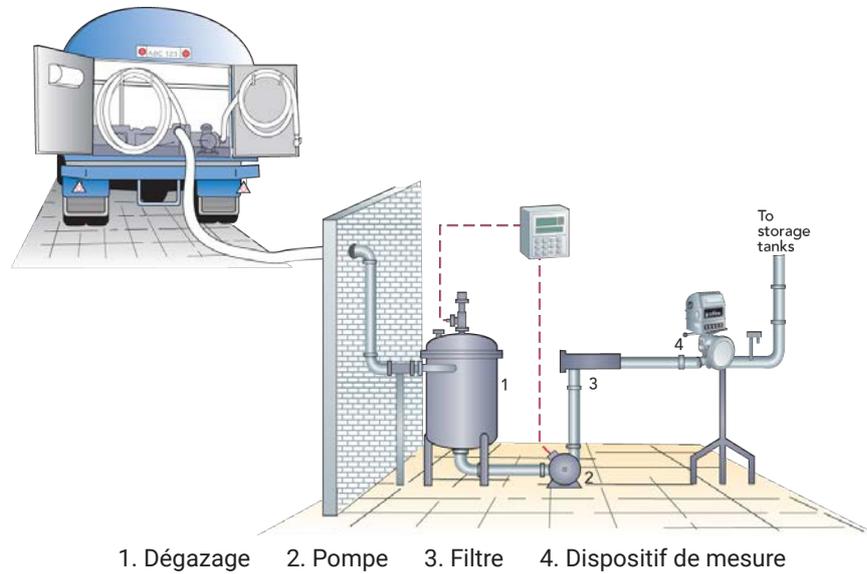
Le ramassage en vrac:

Le lait cru refroidi provenant des fermes laitières ou des centres de collecte est réceptionné dans des camions-citernes, qui sont pesés à l'entrée des locaux de production.

Le lait subit alors des tests de qualité et de température.

Lors du déchargement, le lait passe dans un dégazageur et un préfiltre, puis il est mesuré dans un réservoir (tank) à lait et stocké.

Figure.5 Réception du lait à la laiterie: dégazage et mesure volumétrique



Source: Tetra Pak Processing Systems 1995

Photo.5 Réception du lait: éviter les pertes dues à un mauvais raccordement



Éviter les pertes dues à un mauvais raccordement

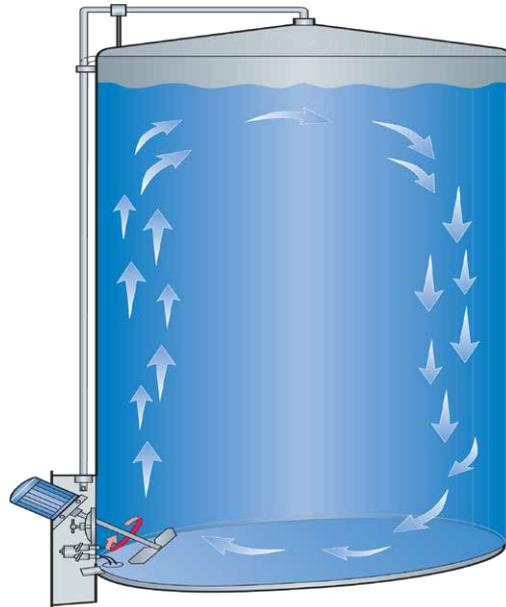
©FAO/ Saaidia Bouali

6.3.3 Le stockage réfrigéré

La plupart des usines disposent d'un emplacement de stockage suffisamment important pour stocker une journée de production afin de ne pas interrompre la fabrication. Les réservoirs à lait cru sont parfois équipés de doubles enveloppes réfrigérées afin de maintenir le lait à une température inférieure à **4-5°C**, ainsi que d'agitateurs pour que le lait soit continuellement mélangé.

Pertes de lait: Lors de cette étape, on observe des pertes de lait dues aux opérations de vidange et de remplissage des réservoirs. Des fuites peuvent être à l'origine de ces pertes.

Figure.6 Réservoir avec agitateur à hélice



Source: Tetra Pak Processing Systems 1995

6.3.4 Filtration/Clarification

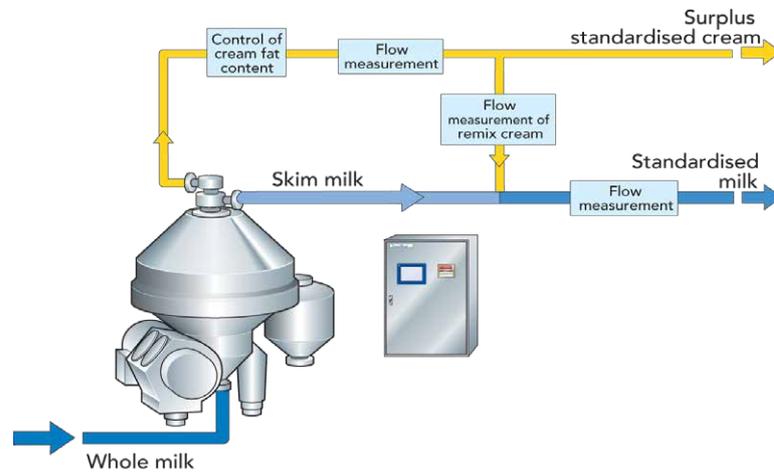
But de l'opération: Élimination des particules organiques et inorganiques de poussière pouvant être présentes dans le lait après la traite ou le transport. On élimine également les agglomérés de protéines (caillots) qui se forment dans le lait

Cette opération génère ce qu'on appelle des boues de clarification.

Pertes de lait: des pertes de lait peuvent avoir lieu au cours de cette opération ; le lait peut être entraîné avec les eaux résiduaires jusqu'à l'endroit du rejet final.

6.3.5 Écrémage-standardisation

Figure.7 Système de standardisation automatique du lait en matière grasse



Source: Tetra Pak Processing Systems 1995

Légende:

- Whole milk: lait entier
- Skim milk: lait écrémé
- Standardised milk: lait standardisé
- Control of cream fat content: contrôle de la teneur en matière grasse de la crème
- Surplus standardised cream: crème standardisé en surplus
- Flow measurement: mesure du débit

Photo.6 Centrifugeuses débourbeuses



Centrifugeuses débourbeuses
©FAO/ Saaidia Bouali

Photo.7 Pertes de lait lors de l'évacuation des boues



Pertes de lait lors de l'évacuation des boues
©FAO/ Saaidia Bouali

6.3.6 **Traitement thermique: pasteurisation-homogénéisation-stérilisation**

But de l'opération: L'objectif du traitement thermique est la destruction quasi-totale des **micro-organismes** présents dans le lait. Un autre effet est l'inactivation des enzymes du lait à un degré plus ou moins important.

Avant la mise en production, l'installation doit être pré-stérilisée afin d'éviter la réinfection du produit traité.

L'homogénéisation réduit la taille des globules gras, ce qui permet une distribution uniforme de la matière grasse et empêche la séparation de la crème lors du stockage du produit.

L'homogénéisation peut être appliquée avant ou après le chauffage final du produit. L'homogénéisation avant traitement UHT est possible dans les installations UHT indirectes, ce qui signifie que des homogénéisateurs non aseptiques peuvent être utilisés.

Photo.8 Stérilisateur tubulaire UHT



Stérilisateur tubulaire UHT
©FAO/ Saaidia Bouali

Photo.9 Homogénéisateur non aseptique



Homogénéisateur non aseptique
©FAO/ Saaidia Bouali

Pertes de lait: Les pertes à ce niveau peuvent être: les fuites, les défaillances des équipements, pertes lors des opérations de purges et pousse du lait, mauvaise planification de la production.

Photo.10 Pertes de lait lors des opérations de pousse du lait et au niveau des divers équipements



Pertes de lait lors des opérations de pousse du lait
©FAO/ Saaidia Bouali

6.3.7 Stockage aseptique

Les réservoirs aseptiques sont utilisés pour le stockage intermédiaire des produits laitiers traités UHT.

Une fois traité et réfrigéré, le lait est stocké dans des cuves jusqu'à l'étape d'emballage.

Un ou plusieurs réservoirs aseptiques inclus dans la chaîne de production peuvent offrir une flexibilité dans la planification de la production (emballage simultané de deux produits par exemple).

Photo.11 Réservoir aseptique avec vanne et module de contrôle



Réservoir aseptique
©FAO/ Saaidia Bouali

6.3.8 Emballage et conditionnement

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

L'emballage aseptique est l'opération la plus délicate du procédé UHT pour ce qui est du contrôle et des mesures préventives: il exige un personnel vigilant et bien entraîné autant sur le plan des opérations que sur celui de l'entretien.

Pertes enregistrées: durant l'opération d'emballage, on observe une génération de déchets d'emballage et des pertes du produit dues à des défauts de fabrication ou à des problèmes apparaissant au cours du processus (réglage des machines lors du lancement de l'opération, pannes des machines, changement fréquent des produits).

Photo.12 Pertes de lait lors de l'opération d'emballage, avec possibilité d'un recyclage des produits non endommagés



Pertes de lait lors de l'opération d'emballage
©FAO/ Saaidia Bouali

6.3.9 **Nettoyage Intermédiaire Aseptique (NIA) et Nettoyage En Place (NEP)**

Le nettoyage intermédiaire aseptique (NIA)

Il s'agit d'un outil très pratique dans les cas où la centrale est appelée à fonctionner à des cycles de production très longs. Un NIA de 30 minutes peut être réalisé chaque fois qu'il est nécessaire d'éliminer l'encrassement dans la chaîne de production sans perdre les conditions d'asepsie. L'installation ne doit pas être stérilisée à nouveau après le NIA.

Cette méthode réduit les temps d'arrêt et permet des cycles de production plus longs.

Nettoyage En Place (NEP)

Un cycle complet NEP prend de 70 à 90 minutes, et il est normalement effectué immédiatement après la production.

Le cycle CIP pour les installations UHT directes ou indirectes peut comprendre des séquences de pré-rinçage, de nettoyage caustique, de rinçage à l'eau chaude, de nettoyage à l'acide et de rinçage final, le tout automatiquement contrôlé selon un programme temps / température prédéfini. Le programme NEP doit être optimisé pour différentes conditions de fonctionnement dans les différentes installations.

Aspects de sécurité dans les installations UHT

Le procédé UHT est un processus à grand débit et a beaucoup moins d'effet sur la couleur et la saveur du lait que la stérilisation par autoclavage. Les installations UHT sont entièrement automatiques et les aspects de sécurité doivent être une considération primordiale dans la conception d'une ligne de traitement UHT. Le risque de fournir un produit non stérile à la remplisseuse aseptique doit être éliminé.

Les verrouillages dans la programmation du contrôle offrent une sécurité contre les erreurs de l'opérateur et l'altération du processus. Ainsi, il est par exemple impossible de démarrer la production si l'installation n'est pas correctement pré-stérilisée ou si le système perd sa stérilité pendant la production.

Toutes les séquences impliquées dans le démarrage, la mise en marche et le nettoyage de l'installation sont lancées à partir d'un panneau de contrôle contenant tous les équipements nécessaires au contrôle, à la surveillance et à l'enregistrement du processus.

Photo.13 Contrôle de suivi du barème de stérilisation (140°C)



Contrôle de suivi du barème de stérilisation
©FAO/ Saaidia Bouali

6.4 PRINCIPALES CAUSES ET ORIGINES DES PERTES DE LAIT DANS LA LIGNE DE PRODUCTION DES LAITS STÉRILISÉS PAR AUTOCLAVAGE

A part les sources de pertes que l'on relève au cours des premières étapes de fabrication (avant la mise en bouteilles et la stérilisation) et qui sont les mêmes déjà rencontrées pour le lait stérilisé UHT, les causes des pertes spécifiques à ce procédé peuvent être:

- défaillance dans le fonctionnement de la conditionneuse (remplissage des bouteilles);
- pannes au niveau de la tour de stérilisation,
- développement des HRS lors du stockage du lait.

Altérations du lait par les HRS

Les HRS, qui s'appellent depuis 1996, *Bacillus sporothermodurans*, sont des germes du genre Bacillus, capables de former des spores qui résistent apparemment aux traitements thermiques subits par le lait (stérilisation par autoclavage, stérilisation UHT et de germer dans le produit fini. Ces Bacillus ont causé des problèmes considérables en se développant dans le lait UHT et le lait stérilisé par autoclavage.

Altérations provoquées par ces germes dans le lait

La présence des HRS dans le lait était supposée n'entraîner aucune altération organoleptique significative du lait, or par la suite, sur des durées de vie longues des laits stérilisés et des laits UHT, on a pu identifier des phénomènes de coagulation des protéines, de dégradation des lipides, de changement de couleur, (couleur rose-saumon, de goût et d'odeur... Cela peut engendrer des retraits et rappels de produits coûteux.

Les présences massives des HRS sur les sites sont dues à la multiplication et la propagation du germe dans les sites eux-mêmes à cause des pratiques de production à haut risque, à savoir:

- Le recyclage de lait pré incubé dans le lait frais.
- L'ajout de faibles volumes de lait pré incubé (HRS+) dans de grands volumes de lait sain fournit une nouvelle possibilité de multiplication aux HRS.
- L'ajout pour des fins diverses de matières premières laitières (poudre, concentré...) contaminées.
- L'utilisation de circuits laitiers communs aux laits sains et aux laits contaminés (lors des recyclages de produits finis ou de produits prétraités en provenance d'autres sites, par exemple). La propagation du germe est d'autant plus importante que le nettoyage des circuits est insuffisant.

6.5 BONNES PRATIQUES POUR LA RÉDUCTION DES PERTES LORS DE LA PRODUCTION DU LAIT STÉRILISÉ

Bonnes Pratiques relatives au processus

Selon la cause/source de perte du lait, ces Bonnes Pratiques se présentent comme suit:

- Éviter les erreurs d'analyses et d'échantillonnage

Les tests sont généralement effectués sur des échantillons. Les résultats des tests seraient erronés en raison d'un échantillonnage/d'une méthode d'échantillonnage inapproprié, de la mauvaise qualité de l'appareil de test, de la mauvaise qualité des réactifs utilisés et du mauvais étalonnage des équipements et du matériel de test.

- Installer dans les cuves et les réservoirs des dispositifs d'alarme à déconnexion automatique afin d'éviter les débordements.

La perte de lait cru survient dès sa réception, généralement sous la forme de débordements et de fuites.

- Vérifier que les tuyaux sont bien raccordés avant de passer le lait

Photo.14 Tuyaux bien raccordés avant de passer le lait



Tuyaux bien raccordés avant de passer le lait
©FAO/ Saaidia Bouali

- Éviter l'écoulement du lait au moment de déconnecter les tuyaux
- Vannes et robinets doivent être hermétiques pour éviter les fuites

Photo.15 Fuite de lait au niveau d'une vanne à trois voies



Fuite de lait au niveau d'une vanne
©FAO/ Saaidia Bouali

- **Inspecter et réparer immédiatement les fuites au niveau des conduites et équipements:**

Il arrive que des fuites surviennent dans les conduites de lait ou de produits laitiers. Les fuites pourraient se produire au niveau de l'équipement de traitement (provenant de l'échangeur de chaleur), des canalisations (les tuyaux/raccords endommagés) du joint endommagé ou du réservoir endommagé. Tout ceci est dû à un manque dans la mise en place de la maintenance préventive. Dans une telle situation, contrôler les fuites dès la première notification réduirait au minimum les pertes. Ceci pourrait être réalisé grâce à une maintenance préventive rapide des lignes de traitement et des équipements.

- **Utiliser l'air ou des capteurs logiciels lors de la phase de pousse:**

Phase de pousse: elle a lieu lors de la mise en route et de l'arrêt des installations:

Lors des phases de démarrage, l'eau initialement présente dans l'installation est remplacée par du lait. En phase d'arrêt, le lait présent dans l'installation est remplacé par de l'eau au cours des phases de pousse. Des solutions de lait mélangé avec de l'eau (appelées eaux blanches) sont ainsi chassées du système.

Le lait peu dilué est parfois réutilisé, mais une partie du lait mouillé, du fait de son taux de dilution trop élevé, n'est pas valorisé.

Ce lait se retrouve ainsi écarté du circuit et évacué dans les effluents. Ces eaux chargées en matière laitière sont en général envoyées en station d'épuration (communale ou propre à l'usine) sans valorisation.

L'utilisation de l'air (stérile et de qualité alimentaire) pour réaliser ces purges peut limiter les pertes de lait dans les eaux blanches.

Autres solutions disponibles pour optimiser la phase de pousse du lait:

Pour un meilleur contrôle des phases de pousse, des capteurs logiciels ont été développés et mis en place pour mieux suivre et prédire les phases de mélange. Ce meilleur contrôle permettrait d'une part d'augmenter la récupération des fractions (peu diluées) des produits laitiers à destination de l'alimentation humaine, et d'autre part de faire un tri plus approprié au début et à la fin de collecte des produits laitiers destinés à des applications essentiellement animales et/ou non alimentaires.

Éviter des changements fréquents de produits pour éviter des intervalles fréquents pour le nettoyage:

En effet les pertes de lait dans un échangeur de chaleur dépendent du nombre de fois où il est mis en marche/arrêt puis nettoyé par NEP (Nettoyage En Place). Des nettoyages fréquents, entraînent des pertes en produits collants et dans les rinçages.

Une solution consiste à utiliser un équipement conçu pour fonctionner beaucoup plus longtemps entre les nettoyages, optimisant ainsi l'efficacité et minimisant les pertes de produit.

- **Limiter l'encrassement des conduites et des équipements pour réduire les pertes liées à l'emploi de solutions de lavage:**

Les solutions détergentes sont utilisées pour nettoyer les installations, et donc décrocher la matière organique et minérale déposée sur les parois des installations. Lors de leur rejet en station, ces eaux emportent donc avec elles de la matière organique, difficilement valorisable car mélangée à des composés chimiques et/ou enzymatiques. Ces rejets de matières organiques représentent une grande source de pollution environnementale.

Il est recommandé de minimiser le colmatage des équipements, en augmentant les durées de production (et donc diminuer les fréquences des phases de démarrage et d'arrêt, sources de pertes) et à faciliter le nettoyage des installations.

- **Surveiller de très près les pertes à l'emballage:**

Certaines pertes sont liées à la qualité de l'emballage (paquets endommagés), tandis que d'autres sont liées à l'inefficacité des opérations d'emballage: augmentation des fuites dues à une alimentation électrique insuffisante, à la maintenance de la machine, à des pannes fréquentes, à des ruptures d'emballage trop fréquentes et à un réglage incorrect de la dose de remplissage.

- **Éviter des changements fréquents des tailles des produits:**

Limiter ainsi des arrêts fréquents de l'installation à cause des adaptations des appareils d'emballage.

- **Tous les stocks** des produits finis doivent être entreposés dans un entrepôt propre à 30 centimètres du mur et à 10 centimètres du sol.
- **Tous les stocks** doivent être entreposés de manière ordonnée et correctement empilés pour éviter les dommages.
- **Tous les produits finis** endommagés doivent être éliminés rapidement.
- **Tous les stocks** doivent être soumis à la méthode de rotation PEPS (premier entré, premier sorti)

Bonnes Pratiques relatives à la fonction production en général:

- **Le matériel, les ustensiles et les emballages** de produits finis doivent être maintenus dans un bon état et être nettoyés et désinfectés, si nécessaire. Périodiquement, le matériel doit être démonté pour un nettoyage en profondeur.
- **Toutes les opérations du procédé**, y compris l'emballage et le stockage, doivent être effectuées dans les conditions permettant de réduire au minimum la croissance des micro-organismes et éviter contamination du lait. Une façon de se conformer à cette exigence consiste à surveiller attentivement les facteurs physiques du procédé tels que la durée, la température, l'humidité, la pression, le débit.
- **Établir des bilans matières**, par atelier, par machine, fréquence: par jour, mensuelle, annuelle.
- **Évaluer les performances** des ateliers et équipements à travers des données de référence (Benchmarking).
- **Procéder à un diagnostic approfondi** de la fonction production (audit interne ou externe).

- **Mettre en place** la maintenance préventive.
- **Modernisation** des équipements et technologies (Programmes Nationaux: PMN et ITP). Remplacer les technologies et équipements obsolètes.
- **Suivre les pertes à** travers l'analyse (continue ou discontinue) de la charge des effluents: DBO, DCO, COT.

Pour estimer les pertes laitières à la transformation, une autre approche (à côté du calcul des bilans matière) consiste à recalculer les équivalents laits perdus à partir de la mesure en DCO (Demande Chimique en Oxygène des effluents arrivant en station d'épuration).

Des systèmes de surveillance COT (Carbon Organique Total) sont également disponibles: système de surveillance pour la détection et surveillance dans les eaux usées.

Il y a lieu de souligner que la mise en place de certaines bonnes pratiques impliquerait des investissements qui pourraient être plus ou moins importants.

Comme il y a toujours des pertes inévitables de lait, il y a généralement un taux minimum de perte au dessous duquel on ne peut pas descendre.

Il est ainsi très recommandé de confronter les investissements avec les gains escomptés, et étudier de près la rentabilité de tels investissements.

Photo.16 Analyseur de COT



Source: Tetra Pak Processing Systems 1995

Maitrise des pertes de lait dues au développement des HRS:

- Pour éviter la présence massive des HRS il ne faut surtout pas recycler les casses de produits finis (rework), ni corriger les compositions des laits par ajout de matières premières laitières elles-mêmes contaminées (poudre, concentrés, retentats, etc.), ni faire emprunter à du lait sain des circuits laitiers souillés par le passage de laits contaminés.
- Il est également nécessaire de faire une désinfection adéquate du circuit après passage d'un lait contaminé. Le désinfectant ayant apporté les meilleurs résultats est l'acide peracétique en présence de peroxyde d'hydrogène.
- Pour détruire ou, au moins, bloquer l'évolution des HRS, on peut également recommander l'augmentation des barèmes thermiques quand la technologie du procédé le permet.



Le lait collecté quotidiennement auprès des agriculteurs au niveau du village est analysé au niveau de la matière grasse, puis transformé par des travailleurs qualifiés qui en font du lait, du beurre, du yaourt ou du fromage de haute qualité
©FAO/Jenna Jadin



MESURES À PRENDRE POUR LA RÉDUCTION DES PERTES DANS LA FABRICATION DES LAITS FERMENTÉS:

Le yaourt est le produit le plus commercialisé et le plus consommé parmi les laits fermentés produits en Tunisie.

Plusieurs types de yaourt peuvent être proposés:

- Yaourt ferme (ou étuvé): à incubation et refroidissement en pots.
- Yaourt brassé: à incubation en cuve et refroidissement avant le conditionnement.
- Yaourt boisson: similaire au type brassé mais dont le coagulum est réduit à l'état liquide avant le conditionnement.

7.1 PRINCIPALES ÉTAPES DE FABRICATION DU YAOURT

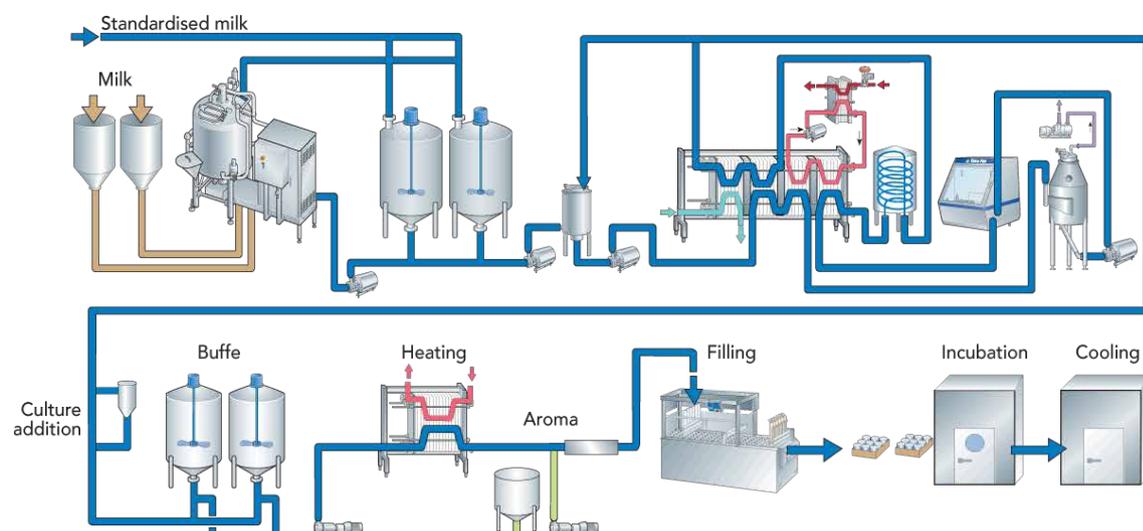
Choix du lait

La production d'un yaourt de haute qualité, nécessite un lait de la plus haute qualité bactériologique. Ce lait doit contenir une faible charge microbienne ne renfermant pas de substances pouvant entraver le développement de la culture de yaourt.

Le lait ne doit contenir ni antibiotiques, ni bactériophages, ni résidus de solution du NEP, ni d'agents antiseptiques.

Le lait doit donc être très soigneusement trié et analysé à la réception.

Figure.8 Ligne de production du yaourt ferme

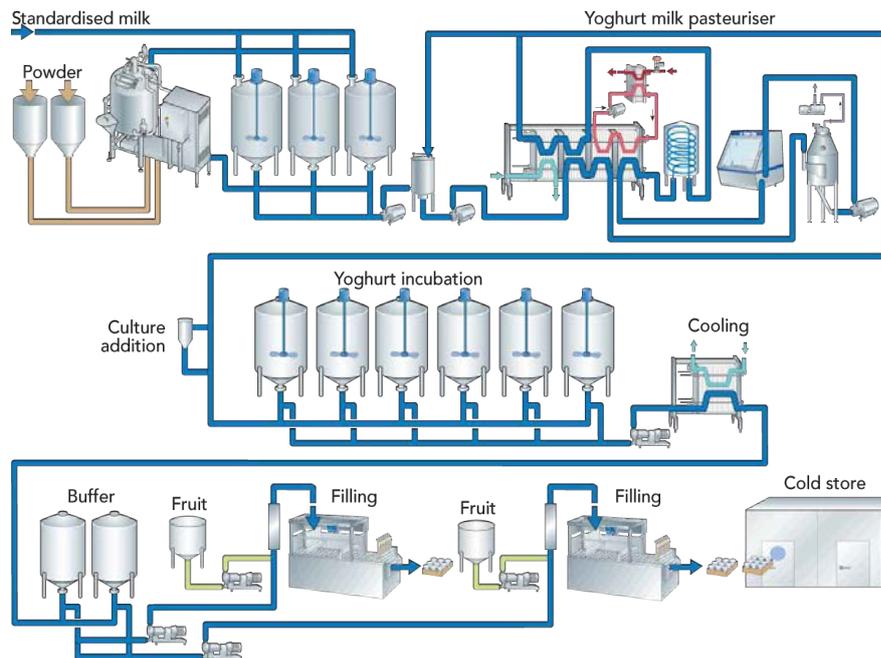


Source: Tetra Pak Processing Systems 1995

Légende:

- Standardised milk: lait standardisé
- Culture addition: addition des ferments
- Buffer: tampon
- Heating: chauffage
- Filling: remplissage
- Cooling: refroidissement

Figure.9 Ligne de production du yaourt brassé



Source: Tetra Pak Processing Systems 1995

Légende:

- Standardised milk: lait standardisé
- Culture addition: addition des ferments
- Buffer: tampon
- Heating: chauffage
- Filling: remplissage
- Cooling: refroidissement

Prétraitement du lait

Le prétraitement du lait est le même, qu'il s'agisse de produire du yaourt ferme ou du yaourt brassé. Il comprend la standardisation des teneurs en matière grasse et en matière sèche, le traitement thermique, et l'homogénéisation.

- La **standardisation** de la teneur en matière sèche s'effectue soit par évaporation dans un évaporateur de la chaîne de production, soit par addition de poudre de lait. Le lait dont la teneur en matière sèche a été ajustée par l'addition de poudre de lait, devrait de préférence être dégazé.

Tout additif, tel que stabilisateurs, vitamines, etc., peut être dosé dans le lait avant le traitement thermique

- **Le Traitement thermique:**

Le lait est traité thermiquement avant d'êtreensemencé, afin de:

- améliorer les propriétés du lait en tant que substrat pour la culture de bactéries;
- assurer que le coagulum du yaourt fini sera ferme;
- réduire le risque de séparation du lactosérum dans le produit final.

Le lait est pompé du bac de lancement vers l'échangeur de chaleur où il est d'abord préchauffé à environ 70°C puis à 90°C.

Photo.17 Traitement thermique du lait avant son ensemencement



Traitement thermique du lait avant son ensemencement
©FAO/ Saaidia Bouali

Des résultats optimaux sont obtenus par traitement thermique à 90 - 95°C et un temps de maintien d'environ cinq minutes. Cette combinaison température / temps dénature environ 70 à 80 pour cent des protéines du lactosérum (99 pour cent de la β -lactoglobuline).

En particulier, la β -lactoglobuline, qui est la principale protéine de lactosérum, interagit avec la κ -caséine, aidant ainsi à donner au yaourt un corps stable.

- **L'homogénéisation:**

Après standardisation de la teneur en matière sèche, le lait est acheminé vers l'homogénéisateur où il est homogénéisé à une pression d'environ 200 - 250 bars.

- **La pasteurisation:**

Après l'homogénéisation, Le lait est de nouveau chauffé à 90 - 95°C. Il passe ensuite dans une section de chambre conçue pour une durée de 5 minutes environ.

- **Le refroidissement du lait:**

Après la pasteurisation, le lait est refroidi à la température d'ensemencement souhaitée, habituellement de 40 à 45°C.

■ **L'aromatisation et conditionnement:**

L'aromatisation peut être dosée de façon continue dans le flux de lait qui est acheminé vers la remplisseuse.

En cas d'adjonction de fruits ou additifs avec des morceaux, ceux-ci doivent être dosés dans les emballages ou dans les pots avant que ces derniers soient remplis de laitensemencé.

Le ferment est dosé dans le flux de lait qui est pompé d'une cuve de stockage intermédiaire puis acheminé vers la remplisseuse.

En général, la capacité totale de conditionnement doit correspondre à la capacité de l'installation de pasteurisation, de manière à obtenir des conditions de fonctionnement optimales pour l'ensemble de l'installation.

En général, la capacité totale de conditionnement doit correspondre à la capacité de l'installation de pasteurisation, de manière à obtenir des conditions de fonctionnement optimales pour l'ensemble de l'installation.

Photos.18 lignes de conditionnement d'un lait fermenté



Lignes de conditionnement d'un lait fermenté
©FAO/ Saaidia Bouali

■ **L'incubation et le refroidissement:**

Après le conditionnement, les pots, placés dans des caisses et chargés sur des palettes, sont transportés par des chariots vers la chambre d'incubation et ensuite vers le refroidissement à une température d'environ 35°C en 30 minutes puis une température de 18-20°C dans les 30-40 minutes suivantes.

Le refroidissement final, normalement à une température de 5°C, a lieu dans le tunnel de refroidissement et la chambre froide où les produits sont stockés dans l'attente de leur distribution.

Photo.19 Chambre de refroidissement après incubation



Chambre de refroidissement après incubation
©FAO/ Saaidia Bouali

7.2 PRINCIPALES SOURCES DE PERTES LORS DE LA PRODUCTION DU YAOURT

Les principales pertes de lait peuvent être: des pertes du lait avant emballage, et des pertes du produit après incubation et refroidissement.

Ces pertes peuvent avoir comme sources ou origines:

- fuites et écoulements des cuves de stockage;
- écoulements des bassins d'incubation;
- pannes et arrêts dans la ligne d'emballage;
- opérations de nettoyage: fréquence et conduite;
- fréquence de changement de la composition du mélange;

- pertes sous forme de purges évacuées au début de production, changement du parfum, et la fin de production (plus la purge est longue, plus la quantité des pertes est importante);
- mauvaise conduite des machines conditionneuses;
- mauvaise manutention et manipulation des produits finis;
- conditions de stockage inappropriées: T°, humidité, état des locaux.

Photo.20 Pertes du produit au niveau des conditionneuses



Pertes du produit au niveau des conditionneuses
©FAO/ Saaidia Bouali

7.3 **BONNES PRATIQUES POUVANT ÊTRE MISES EN ŒUVRE POUR RÉDUIRE LES PERTES**

Mesures spécifiques à l'activité:

- Surveiller et éviter les fuites, débordements.
- Limiter les pertes lors de la préparation des mélanges.
- Limiter la fréquence de changement des produits.
- Réduire la fréquence des purges, installer des capteurs logiciels pour mieux suivre et prédire les phases de purge.
- Conduite des équipements de conditionnement : surveillance de près du fonctionnement des machines, entretiens réguliers.
- Respecter les itinéraires de la maintenance préventive et la maintenance autonome afin qu'elles soient efficaces.
- Contrôler rigoureusement la qualité de l'emballage avant de l'introduire dans la machine.
- Surveiller de près les conditions de stockage.

Mesures d'ordre général au niveau de l'ensemble de l'unité de production:

Pratiquement les mêmes que celles recommandées pour la production du lait de boisson, à savoir:

- Nettoyer et désinfecter le matériel, des ustensiles et des emballages de produits finis (le matériel doit être démonté périodiquement pour un nettoyage en profondeur);
- Réduire au minimum la croissance de micro-organismes, éviter les contaminations au cours des différentes opérations du procédé, y compris l'emballage et le stockage en appliquant les règles strictes de l'hygiène;
- Établir un programme efficace visant la prévention et l'élimination des problèmes dus au développement des phages et des biofilms;
- Établir des bilans matières, par atelier, par machine, fréquence: par équipe, par jour, mensuelle, annuelle;
- Évaluer les performances des ateliers et des équipements à travers des données de référence (Benchmarking);
- Procéder à un diagnostic approfondi de la fonction production (audit interne ou externe);
- Mettre en place la maintenance préventive;
- Moderniser les équipements et technologies (Programmes Nationaux : PMN et ITP);
- Suivre les pertes à travers l'analyse (continue ou discontinue) de la charge des effluents: DBO, DCO, COT.

Aussi bien pour la production de lait que pour la production de yaourt, des ateliers bien rangés et organisés (qui respectent les *Good Housekeeping Practices* ou les '5 S') contribueraient à une réduction des pertes à tous les niveaux du processus de fabrication.

Les 5 S :

MOT JAPONAIS	ACTIONS ASSOCIÉES
Seiri	Trier, jeter, recycler, archiver, placer les outils de travail selon leur fréquence d'utilisation
Seiton	Ranger, classer de manière à limiter les déplacements physiques ou le port d'objets lourds, optimiser l'utilisation de l'espace
Seiso	Nettoyer, réparer
Seiketsu	Ordonner les documents ou son poste de travail de manière à ce qu'une autre personne puisse s'y retrouver.
Shitsuke	Être rigoureux, appliquer les 4 opérations précédentes et les maintenir dans le temps

Photo.21 Conditions de travail chaotiques impliquant des pertes importantes de produits



Conditions de travail chaotiques
©FAO/ Saaidia Bouali

Le tableau suivant récapitule les principales sources/causes des pertes de lait et les bonnes pratiques recommandées pour les éliminer/réduire.

SOURCES DE PERTES DU LAIT	ÉTAPE DU PROCESSUS	BP POUR REDUIRE/ÉLIMINER CES PERTES
<ul style="list-style-type: none"> Fuites dans les cuves de stockage 	<ul style="list-style-type: none"> Réservoirs à la réception cuves de stockage intermédiaire 	<ul style="list-style-type: none"> Inspecter et réparer immédiatement les fuites au niveau des conduites et équipements Maintenance préventive
<ul style="list-style-type: none"> Débordement des cuves: réservoirs débordants; réservoirs ayant été remplis avant le mélange peuvent déborder au début de l'agitation 	<ul style="list-style-type: none"> Réservoirs à la réception, cuves de stockage intermédiaire 	<ul style="list-style-type: none"> Installer dans les cuves et les réservoirs des dispositifs d'alarme
<ul style="list-style-type: none"> Écoulements et fuites dans les conduites 	<ul style="list-style-type: none"> Fuites au niveau des tuyauteries et conduites de transport du lait dans les différents ateliers de la centrale laitière 	<ul style="list-style-type: none"> Inspecter et réparer immédiatement les fuites au niveau des conduites et équipements Maintenance préventive

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Couplage et raccords fuyants 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coupelages et raccords des différentes cuves et équipements 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Veiller à monter correctement les couplages et raccords. Vérifier l'existence de fuites éventuelles
<ul style="list-style-type: none"> • Dépôts à la surface des équipements et dans les tuyaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement thermique (échangeurs de chaleur) 	<ul style="list-style-type: none"> • Limiter l'encrassement des conduites et des équipements pour réduire les pertes liées à l'emploi de solutions de lavage; bien contrôler les paramètres du procédé: T° et temps de chauffage
<ul style="list-style-type: none"> • Pertes de lait lors de la phase des pousses 	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement thermique (échangeurs de chaleur) 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser l'air ou des capteurs logiciels lors de la phase de pousse
<ul style="list-style-type: none"> • Produit restant dans les réservoirs 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuves à la réception, réservoirs intermédiaires 	<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer de la vidange complète des citernes ; les citernes doivent être équipées de capteurs HN et BN (haut niveau et bas niveau)
<ul style="list-style-type: none"> • Produit éliminé dans les boues de filtration/ clarification. 	<ul style="list-style-type: none"> • Épuration centrifuge. Écrémage/ standardisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Passer le lait à travers des tamis ou filtres pouvant retenir une bonne partie des corps étrangers et des impuretés organiques • Surveiller le fonctionnement de l'appareil de clarification
<ul style="list-style-type: none"> • Écoulements provoqués par des emballages endommagés, en mauvais état, ou des défaillances des conditionneuses 	<ul style="list-style-type: none"> • Emballage 	<ul style="list-style-type: none"> • Surveiller de très près les machines conditionneuses • Maintenance préventive • Vigilance du conducteur des machines
<ul style="list-style-type: none"> • Opérations de nettoyage: conduite et fréquence 	<ul style="list-style-type: none"> • NEP: Nettoyage en Place 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire au minimum la fréquence de nettoyages
<ul style="list-style-type: none"> • Pertes enregistrées dans les magasins de stockage 	<ul style="list-style-type: none"> • Magasins de stockage 	<ul style="list-style-type: none"> • Les stocks des produits finis doivent être entreposés dans un entrepôt propre, à 30 centimètres du mur et à 10 centimètres du sol. Entreposage fait de manière ordonnée et correctement empilés pour éviter les dommages

<ul style="list-style-type: none">• Défaillance dans la quantification du lait réceptionné (mesure) et des analyses de contrôle	<ul style="list-style-type: none">• A la réception; dans les laboratoires	<ul style="list-style-type: none">• Vérifier et corriger si nécessaire les méthodes d'échantillonnage, s'assurer du bon fonctionnement du matériel d'analyse, de la qualité des réactifs utilisés et du bon étalonnage des équipements de contrôle
---	---	--

Bonnes Pratiques de réduction des pertes relatives à la fonction production en général

- Nettoyer et désinfecter systématiquement les équipements et matériels en contact direct avec les produits (lait cru, lait stérilisé, yaourt).
- Établir des bilans matières, par atelier, par machine, fréquence: par équipe, par jour, mensuelle, annuelle.
- Évaluer les performances des ateliers et équipements à travers des données de référence (Benchmarking) ou des données du constructeur.
- Mettre en place la maintenance préventive.
- Mettre à niveau les équipements et technologies (Programmes Nationaux: PMN et ITP). Remplacer les technologies et équipements obsolètes.
- Suivre les pertes à travers l'analyse (continue ou discontinue) de la charge des effluents: DBO, DCO, COT.
- Installer des générateurs pour parer aux coupures d'électricité.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ALAIS, C.** 1975. *Science du lait – Principes des techniques laitières*, 3^{ème} édition. Société d'édition et de publicité agricoles, industrielles et commerciales (Sepaic), Paris
- **BAREILLE, N., GESAN-GUIZIOU, G., FOUCRAS COUDRIER, B., RANDRIANAPITA, B., et PEURAUD, J.L.** 2015. « Les pertes alimentaires en filière laitière », *Innovations Agronomiques*, vol. 48, p. 143 -160. INRA, Paris (également consultable en ligne <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/5785/43561/file/Total%20Volume48IA.pdf>)
- **BONNE, R., WRIGHT, N., CAMBEROU, L., et BOCCAS, F.** 2005. *Lignes directrices sur le HACCP, BPF et BPH pour les PME de l'ASEAN*, CEN, 2005. (également consultable en ligne http://designcreations.fr/application/files/4514/8585/8451/haccp_fr.pdf)
- **CHOISY, C., et LENOR, J.**1984. « La réfrigération du lait et ses incidences sur la qualité bactériologique », *La composition chimique du lait et ses incidences technologiques*, Colloque INRA-ENSAR-INAPG, Rennes, France
- **Commission du Codex Alimentarius.** 2003, Principes généraux d'hygiène alimentaire : CAC/RCP 1-1969, 4-2003. Rome, FAO & OMS. (également consultable en ligne http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCAC%2BRCP%2B1-1969%252FCXP_001f.pdf)
- **Commission du Codex Alimentarius.** 2004. *Code d'usage en matière d'hygiène pour le lait et les produits laitiers : CAC/RCP 57-2004*. FAO & OMS, Rome. (également consultable en ligne http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fstandards%252FCAC%2BRCP%2B57-2004%252FCXP_057f.pdf)
- **Commission du Codex Alimentarius.** *Appendice du Code d'usage international recommandé - principes généraux d'hygiène alimentaire CAC/RCP 1-1969, 4-2003*. FAO & OMS, Rome. (également consultable en ligne [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fstandards%252FCAC%2BRCP%2B1-1969%252FCXP_001f.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCAC%2BRCP%2B1-1969%252FCXP_001f.pdf))
- **Weber, F.** 1985. *Réfrigération du lait à la ferme et organisation des transports*. FAO, Rome. (également consultable en ligne <http://www.fao.org/3/x6550f/X6550F00.htm>)
- **FAO.** 2012. *Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde – Ampleur, causes et prévention*. Rome. (également consultable en ligne <http://www.fao.org/3/a-i2697f.pdf>)
- **FAO.** 2013. *Food wastage footprint: Impacts on natural resources (summary report)*. Rome. (également consultable en ligne <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>)
- **FAO, FIDA et PAM.** 2014. *L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2014. Créer un environnement plus propice à la sécurité alimentaire et à la nutrition*. Rome (également consultable en ligne <http://www.fao.org/3/a-i4030f.pdf>)
- **Centre d'Expertise Fromagère du Québec.** 2012. *Guide pour la maîtrise de l'hygiène et de la sécurité des aliments : Fabrication des fromages*. CEFQ. Canada (également consultable en ligne <https://www.expertisefromagere.com/wp-content/uploads/2018/04/guide-bpf-2018-cefq-rev1-2018.pdf>)
- **GIVLAIT.** 2016. *Guide pour la qualité dans la filière laitière*. Tunisie
- **GIVLAIT.** 2016. *Guide des analyses préliminaires de la qualité du lait*. Tunisie

- **INNORPI.** 2007. *Lait cru destiné à la transformation : spécifications*. NT 14.141. Tunisie
- **Journal Officiel de la République Tunisienne.** 2011. *Arrêté du ministre de l'agriculture et de l'environnement du 23 juin 2011, portant approbation du cahier des charges relatives à la création des centres de collecte et de transport du lait frais*. N°50 - 8 juillet 2011. Tunisie
- **KESSLER, H.G.** 1981. *Food Engineering and Dairy Technology*. Verlag A.Kessler, Allemagne
- **KHALDI, A. et BOUDICHE, S.** 2019. *Analyse des pertes alimentaires: causes et solutions. Étude de cas de la chaîne de valeur du lait en Tunisie*. FAO, Tunisie
- **Redlingshöfer, B., Coudurier, B., et Georget, M.** 2015. « Etat des lieux et leviers pour réduire les pertes alimentaires dans les filières françaises », *Innovations Agronomiques*, vol. 48, p. 23-57. INRA, Paris (également consultable en ligne <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/5785/43561/file/Total%20Volume48IA.pdf>)
- **Bylund, G.** 1995. *Dairy Processing Handbook*. Tetra Pack Processing Systems AB, Lund (Suède) (également consultable en ligne <https://dairyprocessinghandbook.com/>)

**Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation et l'agriculture**
Bureau de la FAO pour l'Afrique du Nord
Adresse: Rue du lac Winnipeg Les
berges du Lac 1, Tunis
Tél.: (+216) 70 145 700
Tcp.: (+216) 71 861 960
Courriel: fao-snea@fao.org
Site web: www.fao.org



Certains droits réservés. Ce(tte) œuvre est mise à disposition
selon les termes de la licence CC BY-NC-SA 3.0 IGO

ISBN 978-92-5-131741-9



9 789251 317419

CA5743FR/1/03.21