

# La maîtrise de la qualité dans l'industrie agroalimentaire. Etude de cas.

<sup>1</sup> Benzouai Messaoud – <sup>2</sup> Mouss, Leila-Hayet – <sup>3</sup> Smadi, Hacen

<sup>1, 2, 3</sup> Laboratoire d'Automatique et de Productique – Département de génie industriel

Université de Batna 05 Avenue Chahid Boukhrouf. 05000 Batna

benzouaimessaoud@yahoo.fr – h-mouss@caramail.com – h.smadi@caramail.com

**Résumé-** La mauvaise qualité d'un produit alimentaire peut avoir de plus ou moins grandes conséquences, allant de la simple altération du produit, lui faisant perdre ses qualités organoleptiques ou sa valeur commerciale, à des toxi-infections dangereuses pour la santé humaine. Les préoccupations essentielles ciblent essentiellement la santé du consommateur et impliquent la nécessité de garantir en permanence la qualité et la salubrité du produit au moment de sa consommation.

Il s'agit de mettre en place un système mettant l'accent sur la maîtrise des procédés le plus en amont possible dans toutes les étapes de la chaîne alimentaire; basé essentiellement sur la détermination, le contrôle et la surveillance des points critiques. Ceci après avoir établi une mise à niveau de l'existant, selon les exigences édictées par les "Bonnes Pratiques d'Hygiène, BPH," et les "Bonnes Pratiques de Fabrication, BPF". Aussi une application a été réalisée au sein de la laiterie Aurès Batna, ligne de fabrication du yaourt étuvé conditionné en pots de 125gr. Ce travail porte essentiellement sur une mise à niveau de l'existant, une analyse fonctionnelle; une analyse dysfonctionnelle ; et enfin l'établissement d'un système de maîtrise.

**Mots clés-** Qualité, Sécurité, Innocuité, Danger, Prévention, HACCP, Criticité, Analyse fonctionnelle, Risque.

## I. INTRODUCTION

La maîtrise de la qualité est un souci majeur et permanent dans les industries agroalimentaires. Afin de répondre à l'enjeu suscité, les industries agroalimentaires utilisent une démarche classique qui repose sur un double contrôle :

Contrôle interne : repose uniquement sur des règles d'hygiène et des règles d'échantillonnages. Il est exercé essentiellement au niveau du stade produit fini ou semi fini.

Contrôle externe : repose sur un contrôle réglementaire assuré par les services étatiques. Il est de nature répressive [1], intervient le plus souvent, longtemps après que les produits aient été consommés et ne répond donc plus à l'enjeu.

Cette approche ne garantit pas toujours la qualité et encore moins la salubrité des aliments. La maîtrise de la qualité et de la salubrité d'un produit agroalimentaire, nécessite la mise en place d'un système qui met l'accent sur la maîtrise des procédés le plus en amont possible dans toutes les étapes de la chaîne alimentaire. Ce système repose sur des mécanismes de prévision et de prévention des dangers "Biologiques, B," "Chimiques, C," et "Physiques, P," plutôt que sur l'inspection des produits finis.

Le système "Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP," nous a permis de répondre à toutes ses questions à travers une application au sein de la laiterie Aurès Batna Algérie, ligne de fabrication de "Yaourt Etuvé Parfumé, YEP," conditionné en pot thermoformé de 125 gr.

## II. METHODES

### A. Evaluation et mise à niveau de l'existant.

Effectués selon les exigences édictées par les principes généraux d'hygiène alimentaire et les bonnes pratiques de fabrication, considérés comme base (pré requis) au développement et la mise en œuvre du système HACCP.

Les six aspects visés sont les locaux, le transport et entreposage, les équipements, le personnel, l'assainissement et lutte contre la vermine et enfin le retrait, appelés parfois programme des préalables [2]. Ce programme est présenté sous forme de grille de synthèse, qui énonce les critères à satisfaire (standards) dans chaque aspect visé et par la suite évaluer l'existant en faisant ressortir les écarts qui sont estimés par un groupe d'expert de l'entreprise sur la base des critères : "Lacunes Majeur, LMa," "Lacunes mineur, LMi," "Acceptable, Acc," et "Non Adaptée, N/A," et prendre par la suite les mesures de maîtrise nécessaires.

Ces mesures peuvent être des procédures, des instructions de travail, des modes opératoires, des recommandations, sans autant toucher l'aspect contrôle proprement dit.

Pour le cas étudié, l'analyse de la situation de la laiterie Aurès, montre que cette entreprise présente des carences non négligeables, se rapportant essentiellement par une infrastructure non adaptée à la transformation des denrées alimentaires, l'inexistence totale d'un programme de retrait, l'absence d'un programme de valorisation des ressources humaines (sensibilisation, formation, et motivation) et enfin une installation dont le dispositif de contrôle et de surveillance n'est pas fiable.

### B. Analyse fonctionnelle.

Elle porte essentiellement sur la connaissance parfaite du (couple produit / procédé). La philosophie de la méthode d'analyse fonctionnelle "Structured Analysis and Design Technique, SADT," permet de décrire le système par :

Une description du produit : Elle décrit les propriétés du produit, sa destination et l'emploi qu'en lui réserve ainsi que son utilisation prévue "tableau I".

TABLEAU I  
DESCRIPTION DU PRODUIT

1. Nom du produit	Yaourt étuvé parfumé
2. Caractéristiques importantes du produit fini.	- Acidité : 70- 80 °D - Extrait sec dégraissé (ESD) : 135 gr/ l. - Protéines : 3%. - Matière grasse (MG) : 10gr/litre - Ferment : 3%
3. Utilisation prévue.	- Prêt à la consommation Le produit est consommé par toute la population, et particulièrement les personnes à risque (enfants et personnes âgées).
4. Type d'emballage.	Pot en matière polystyrène de 125 gr ± 1gr
5. Durée de conservation.	J + 14 à une température de 4 – 6° C
6. Lieu de vente du produit.	Chez les détaillants, supérettes, grandes surfaces.
7. Instruction d'étiquetage	- La dénomination de vente : Yaourt - La mention « conserver à 4-6°C » - Yaourt à base de lait cru ou lait recombinaé. - Le taux de matière grasse.
8. Maîtrise spéciale lors de la distribution	Eviter tout dommage physique. Les véhicules de transport doivent être dotés de cabines frigorifiques.

Une Composition du produit : Elle permet d'aider à définir les dangers inhérents que pourraient les ingrédients ou les matériaux d'emballage utilisés pour le produit "tableau II".

TABLEAU II  
DESCRIPTION DU PRODUIT

Matière première	Ingrédient	Matériaux d'emballages
Poudre de lait à 0% de matière grasse. Conditionnée en sac de papier kraft de 25 kg	Sucre cristallisé. Conditionné en sac de 25 kg.	Bande polystyrène, sous forme de bobine avec mandrin:
Poudre de lait à 26% de matière grasse. Conditionnée en sac de papier kraft de 25 kg	Arôme. Conditionné en bidon plastique de 25 litres.	Opércule Aluminium ou en Mix-pap, sous forme de bobine avec un mandrin:
Matière Grasse Liquide Anhydre (MGLA). Conditionnée en fût métallique de 200kg	Ferment. Conditionné en souche, pour une dose de levains de 200 ou de 500 L.	
Eau		

Un diagramme de fabrication : Il indique les principales étapes du processus utilisé pour la fabrication du produit examiné (depuis la réception de la matière première jusqu'à la distribution). Il aide à repérer les dangers possibles pour chaque étape de fabrication. Pour le produit examiné dans notre étude le diagramme de fabrication est éclaté en trois sous diagrammes à savoir : reconstitution et pasteurisation lait, préparation du yaourt en vrac "Fig. 1," conditionnement et expédition du produit fini.

Pour la ligne de fabrication du yaourt étuvé 'Laiterie Aurès' 74 étapes de fabrication ont été obtenues.

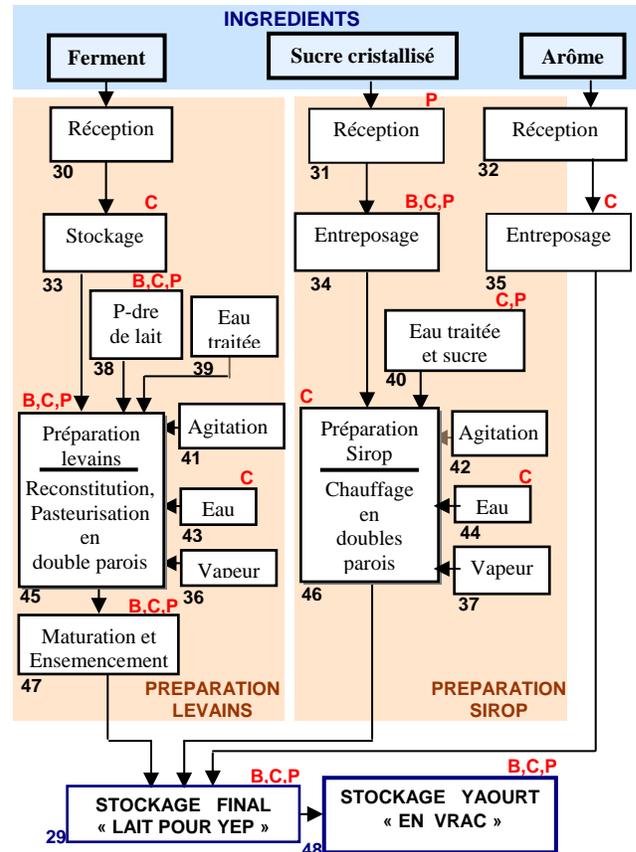


Fig. 1. Diagramme de fabrication (préparation de YEP en vrac)

### C. Analyse des dysfonctionnements.

Identification des dangers potentiels: Les cinq éléments déterminants dans la maîtrise de la qualité du produit "Fig. 2," pour toute "Opération Unitaire, OU," de fabrication sont : le personnel (Mains d'œuvre), l'air (Milieu), les surfaces (Matériels), les produits (Matières premières) auxquels il convient d'ajouter les méthodes d'organisation, de fabrication et de mise en œuvre (Méthodes).

Ce qui revient à dire que l'identification des dangers potentiels probables associés au produit pendant toutes ses étapes de fabrication repose sur l'application de l'outil qualité Ichikawa [3].

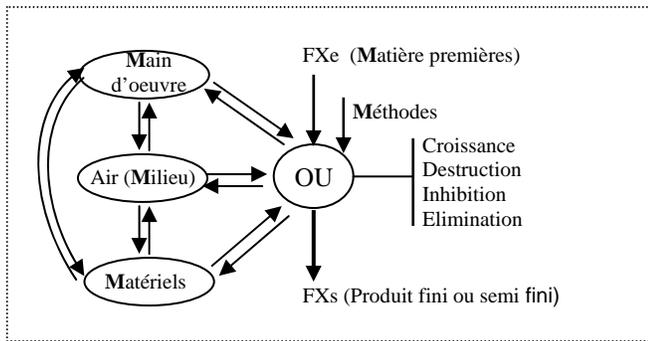


Fig. 2. Phénomènes microbiens pouvant survenir lors d'une étape de fabrication [4].

La fig. 3 représente un exemple d'identification des dangers potentiels probables associés à l'étape 12 (reconstitution).

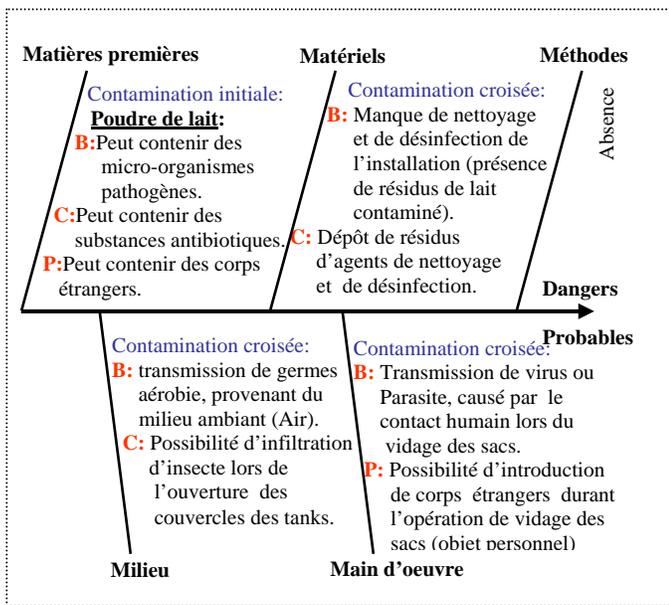


Fig. 3. Format du diagramme Ichikawa : étape 12 (reconstitution)

Estimation de l'importance des dangers : C'est une estimation réalisée par un groupe d'expert, qualifiant l'importance des dangers identifiés en "Mineur, Mi," "Majeur, Ma," "Critique, Cr," "Fig. 5," cela pour décider des endroits probables où se situent les points critiques.

Probabilité de l'évènement					
Elevé	Ac	Mi	Ma	Cr	
Modéré	Ac	Mi	Ma	Ma	
Faible	Ac	Mi	Mi	Mi	
Négligeable	Ac	Ac	Ac	Ac	
		Faible	Modéré	Elevé	Sévérité des conséquences

Fig. 5. Méthode d'estimation de l'importance d'un danger [5]

Pour la ligne de fabrication du yaourt étuvé 'Laiterie Aurès', 167 dangers ont été identifiés et maîtrisés "tableau III".

TABLEAU III  
RESUME DES DANGERS IDENTIFIES

Dangers Identifiés	Résumé des dangers identifiés
81 Dangers Biologiques	<ol style="list-style-type: none"> <li>Contamination initiale : Certaines matières premières Peuvent contenir initialement des microorganismes pathogènes [6].</li> <li>Contamination interne : Contamination par des résidus de pesticides (sacs de matières premières éventrés).</li> <li>Contamination croisée : <ul style="list-style-type: none"> <li>La transmission de virus ou parasite causée par le contact humain</li> <li>La transmission de germes aérobie provenant du milieu ambiant.</li> <li>Un manque de nettoyage et désinfection préalables de l'installation.</li> </ul> </li> <li>Multiplication : Un mauvais stockage provoque la prolifération rapide de la flore totale existante.</li> <li>Survie: Le non respect du barème de pasteurisation entraîne la survie de germes pathogènes.</li> </ol>
64 Dangers Chimiques	<ol style="list-style-type: none"> <li>Contamination initiale : <ul style="list-style-type: none"> <li>Poudre de Lait : Peut contenir des substances anormales (antibiotiques) et de résidus.</li> <li>Dépôt des résidus d'agents de nettoyage et désinfection (acide nitrique, soude caustique, eau de javel) au niveau de l'installation.</li> </ul> </li> <li>Contamination croisée : <ul style="list-style-type: none"> <li>Infiltration agents de traitement de l'eau de chaudière / eau glacée, suite à une perforation des plaques de l'échangeur ou la double paroi des cuves.</li> <li>Possibilité d'infiltration d'insectes lors de l'ouverture des couvercles des tanks de reconstitution.</li> </ul> </li> </ol>
22 Dangers Physiques	<ol style="list-style-type: none"> <li>Contamination initiale : <ul style="list-style-type: none"> <li>Contamination initiale par la présence de corps étrangers : objets personnels, cheveux, bout de papier Kraft, bout de film plastique.</li> </ul> </li> <li>Contamination interne : <ul style="list-style-type: none"> <li>Possibilité d'introduction de corps étrangers durant l'opération de vidage des sacs.</li> </ul> </li> </ol>

Mesure de maîtrise : Pour chaque dangers identifié, des mesures de maîtrise ont été prises pour prévenir ou éliminer un danger de santé publique ou le réduire à un niveau acceptable ;

Détermination des points critiques : Il s'agit d'identifier les dangers qui ne sont pas complètement maîtriser par la société dans le cadre des BPH et BPF, identifiés à une étape à laquelle l'application d'une mesure pour la maîtrise est indispensable ; pour cela, deux méthodes ont été utilisées en vue de confirmer l'exactitude des résultats, soit :

1. Arbre de décision : La détermination d'un "Point Critique pour le Contrôle (maîtrise), CCP," est facilitée principalement par l'application d'un arbre de décision spécifique à la démarche HACCP, qui indique une approche de raisonnement logique "Fig. 6. Elle est effectuée par groupe d'experts de l'entreprise.

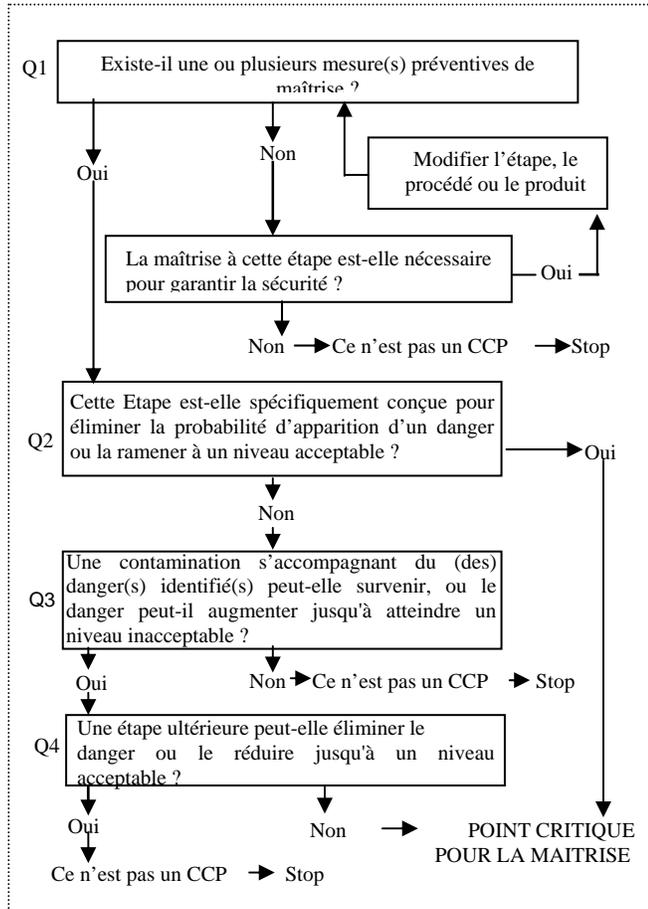


Fig. 6. Arbre de décision pour l'identification des CCP [7]

2. Méthode de cotation : La détermination par les experts de l'entreprise des CCP par pondération [8], est un outil qui est employé en corrélation avec l'outil arbre de décision, ceci pour valider l'exactitude des CCP identifiés par ce dernier. Il se présente comme suit :

Le système de cotation choisi tient compte de trois critères : la gravité du danger, sa fréquence d'apparition et sa fréquence de non détection "tableau IV".

TABLEAU IV  
PARAMETRES DE COTATION

Critères Poids	Gravité	Fréquence	Non détection
1	peu grave	peu fréquemment	toujours détecté
3	assez grave	fréquemment	peu souvent détecté
5	très grave	Très fréquemment	jamais détecté

On multiplie ensuite ces différents coefficients entre eux, ce qui nous donne une note maximale égale à 125. On définit ensuite à partir de quelle note un danger est suffisamment important pour être considéré comme un point critique (15 dans notre étude).

L'analyse faite sur 74 étapes de fabrication du yaourt, nous a permis de déterminer 07 points critiques pour la maîtrise "tableau V".

TABLEAU V  
POINTS CRITIQUES POUR LEUR MAITRISE

Etape n°	Désignation	CCP n°	Type
24	Pasteurisation	CCP.1B	Biologique
27	Refroidissement lait	CCP.2B	Biologique
45	Préparation levains	CCP.3B	Biologique
58	Bac tampon pour conditionneuse	CCP.4B	Biologique
71	Stockage Produit Fini	CCP.5B	Biologique
72	Transport Produit Fini	CCP.6B	Biologique
73	Détaillant	CCP.7B	Biologique

D. Système de maîtrise (Plan HACCP)

La surveillance d'un procédé regroupe l'ensemble des traitements temps réel concernant les défaillances du procédé. Il s'agit de détecter, en temps réel, tous les comportements anormaux ou non nominaux et d'effectuer un diagnostic [9], puis une surveillance. La surveillance du procédé permet de donner l'état exact du système de production, qui permettra de prendre les décisions les plus pertinentes possibles. Le modèle "Fig. 7," n'est autre que le model de Berruet adapté à notre système HACCP. Le plan HACCP, décrit le système de contrôle, de surveillance et de vérification pour chaque point critique identifié.

Un exemple de maîtrise des points critiques (plan HACCP) est présenté à travers le point critique n°1 (CCP-1B) correspondant aux dangers probables de type biologique associés à l'étape 24 (pasteurisation).

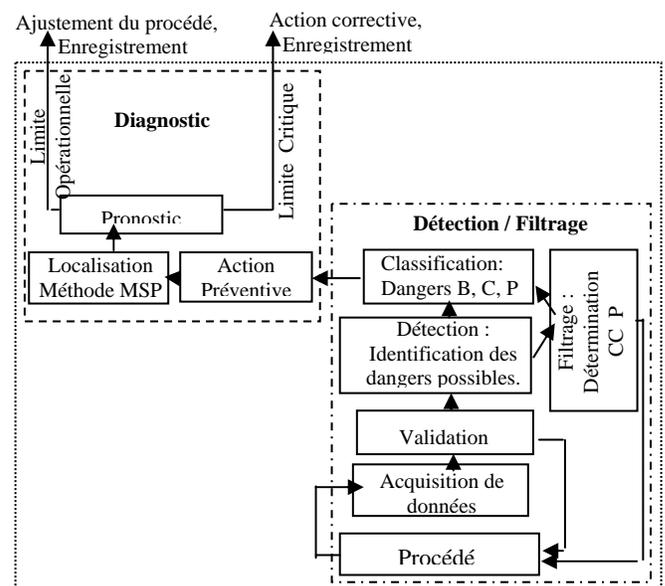


Fig. 7. Domaine de la surveillance et de maîtrise

Limites critiques et opérationnelles : Séparation de l'acceptable et le non acceptable par l'établissement d'un seuil critique pour chaque point critique. Si la surveillance révèle un glissement vers la perte de maîtrise avant que la limite critique ne soit dépassée, cette limite qui déclenche l'action préventive est appelée limite opérationnelle "Fig. 8".

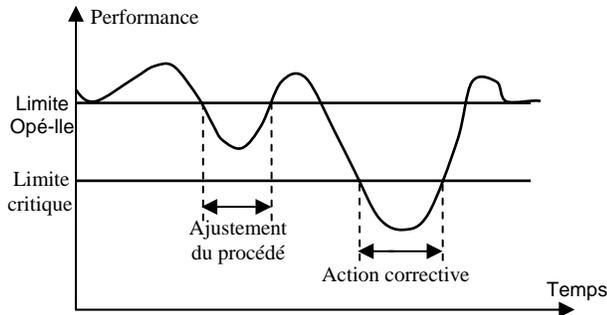


Fig. 8. Limite critique et limite opérationnelle [10]

Un exemple de limite critique et limite opérationnelle "tableau VI" relative au CCP-1B (pasteurisation).

TABLEAU VI  
LIMITE CRITIQUES ET OPERATIONNELLES (CCP- 1B)

Etape n°	CCP n°	Description du danger	Limites critiques
Pasteurisation (24)	CCP-1B	Le non respect du barème de pasteurisation (température / temps) peut causer une sous pasteurisation et la survie de bactéries pathogènes.	* Température de pasteurisation : 92 à 95°C. * Valeur objective : 94°C * Temps : 20 s. (température maintenue systématiquement au chambreur pendant 20 s).

Système de surveillance (action préventive) : Les actions de surveillance permettent de détecter la perte de maîtrise au niveau des CCP "tableau VII".

TABLEAU VII  
SYSTEME DE SURVEILLANCE (CCP- 1B)

Procédures de Surveillance « Action préventive »
<p>Maîtrise du barème : température / temps.</p> <p>1) Surveillance : L'opérateur doit surveiller en permanence la température réelle affichée au niveau du régulateur PID. (boucle de régulation automatique de la température). Fréquence : continue</p> <p>2) Surveillance : L'existence d'un dispositif de signalisation sonore et lumineux de toute déviation de la température des limites critiques. Fréquence : continue</p>

Système de maîtrise des déviations : Etablissement des procédures de déviation (actions correctives), pour toute déviation (perte de contrôle), ceci pour chaque point critique. La perte de maîtrise est considérée comme une déviation par rapport à une limite critique pour un CCP "tableau VIII".

TABLEAU VIII  
SYSTEME DE MAITRISE DES DEVIATIONS (CCP- 1B)

Procédures de déviation « Action corrective »
<p>1) L'existence d'un dispositif de déviation automatique du lait insuffisamment traité (température en dehors des limites critique), pour recyclage (traitement en circuit fermé).</p> <p>2) En cas de déviation, non régulée par le dispositif automatique de recyclage lait, l'opérateur doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Refroidir (4-6°C) et envoyer le lait aux tanks de stockage avant pasteurisation.</li> <li>b) Arrêter le processus, et faire appel au technicien de la maintenance pour porter des corrections.</li> <li>c) Enregistrement et rapport au contrôle de qualité et maintenance</li> </ul> <p>3) Au cas où le ruban enregistreur révèle que pour une période donnée les conditions de pasteurisation ne sont pas respectées l'opérateur doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Refaire le processus de pasteurisation pour toute la dose fabriquée.</li> <li>b) Enregistrement et rapport au contrôle de qualité et maintenance</li> </ul> <p>- Responsables: Production et maintenance.</p>

Système de vérification : Il permet de confirmer si le plan HACCP est toujours valable et fonctionne efficacement "tableau IX".

TABLEAU IX  
SYSTEME DE VERIFICATION (CCP- 1B)

Procédure de Surveillance « Vérification »
<p>1) Vérification : Le contremaître doit contrôler, le ruban enregistreur de la température durant toute l'opération. Fréquence : a la fin de toute opération de pasteurisation.</p> <p>2) Vérification : Le technicien laboratoire doit prendre un échantillon de toute dose pasteurisée et faire des analyses bactériologiques (résultat après 48 heures), pour confirmer la fiabilité du système et par conséquent la fiabilité du plan HACCP. Fréquence : Pour chaque dose de lait pasteurisée.</p>

Système de traçabilité : Etablissement d'un système "tableau X" de documentation et d'enregistrement de toute action (préventive ou corrective). Une documentation et une tenue de registres sont essentielles, pour la validité du plan HACCP et la conformité du système mis en place.

TABLEAU X  
SYSTEME DE TRACABILITE (CCP- 1B)

Système de documentation et enregistrement « Formulaires HACCP »
- Rapport et enregistrement des déviations et actions correctives. - Rapport et enregistrement des vérifications.

### III. CONCLUSION

Le système HACCP, en tant qu'outil de gestion de la qualité et de sécurité se base sur la maîtrise des points critiques pendant la préparation des aliments, afin de prévenir les problèmes de qualité et surtout de sécurité. Il identifie donc en temps réel tous les dysfonctionnements spécifiques et les mesures de maîtrise appropriées.

Ce système implique généralement une évaluation permanente des facteurs qui influent sur les caractéristiques de l'aliment, de même qu'il implique des vérifications et audits des opérations de production, d'installation et de contrôle en vue d'une amélioration continue. Il doit donc être constamment vérifié, soutenu et amélioré et ce dans le but d'offrir un produit répondant aux exigences du client.

Cette approche est reconnue à l'échelle internationale, comme étant très efficace et sera donc probablement une exigence normative dans le futur proche.

Ce système peut être aisément intégré dans des systèmes de management de la qualité des entreprises agroalimentaires. Il fournit une méthodologie claire pour développer un plan d'assurance qualité. C'est un système qui crée un état d'esprit "qualité" dans l'entreprise et ceci peut favoriser par la suite la mise en place de procédures de certification ISO 9000.

Comme perspective, nous pouvons dire que l'application du système HACCP est compatible avec d'autres systèmes de gestion de la qualité, tel que les normes ISO 9000, ceci peut constituer un axe de recherche portant sur l'intégration du système HACCP et les normes ISO 9000, dans un même système.

La laiterie Aurès se trouve actuellement en phase de mise à niveau de son existant, afin de se conformer en premier lieu au programme des préalables, selon les mesures et recommandations édictées par nos soins.

### REMERCIEMENTS

Je présente mes profonds remerciements à toute l'équipe "Surveillance, Supervision et Sûreté, 3S," du "Laboratoire d'Automatique et Productique, LAP," du département Génie Industriel de l'université de Batna à sa tête ma directrice de thèse, Dr L.H. Mouss, qui n'hésita jamais à me dispenser son expérience, et aussi de m'avoir accueilli dans son laboratoire. Je remercie également l'encadrement ainsi que tous le personnel de la Laiterie Aurès de m'avoir supporté longuement.

### REFERENCES

- [1] M. Majdi, "Vers des systèmes de régulation de la sûreté alimentaire plus performants : Expérience du Maroc, acte de l'atelier international CIRAD-FAO," page 3, Montpellier, 11-13 décembre 2000.
- [2] Agence Canadienne d'inspection des aliments, Volume 2, "Lignes directrices et principes pour l'élaboration des modèles HACCP," 3 : 1.
- [3] C. Curt, "Méthode d'analyse d'évaluation et de contrôle des propriétés sensorielles en conduite de procédé alimentaire," thèse, 3 : 35, 05/02/2002.
- [4] C.M. Bourgeois, J.F. Mesclé, J. Zucca, "Microbiologie Alimentaire, Tome 1, "Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. J.Y. Leveau, J.F. Mesclé, La maîtrise de l'hygiène dans l'industrie alimentaire, collection sciences et techniques agroalimentaires, 5 : 431-433, 1996.
- [5] Division de l'alimentation et de la nutrition, systèmes de la qualité et de la sécurité sanitaire des aliments - "Manuel de formation, FAO, service de la qualité et des normes alimentaires," 6 : 148, 1995.
- [6] A.L.H. Daemen. "The destruction of enzymes and bacteria during the spray drying of milk and whey I. The thermo resistance of some enzymes and bacteria in milk and whey with various-total solids contents," Neth. Milk Dairy J., 35: 133-134.
- [7] N. Terfaya, "Démarche Qualité dans l'entreprise et analyse des risques," éditions Houma, 13 : 142-143, 2004.
- [8] Codex Alimentarius, 1993. "Guidelines for the application of the Hazard Analysis Critical Control Point system. Alinorm 93/13A Appendix I.
- [9] E. Zamai, "Architecture de surveillance-commande pour les systèmes à événements discrets complexes, Thèse de doctorat, université Paul Sabatier, 1 : 21-26, Toulouse, France, 1997.
- [10] Division de l'alimentation et de la nutrition, systèmes de la qualité et de la sécurité sanitaire des aliments - "Manuel de formation, FAO, service de la qualité et des normes alimentaires, 8 : 177, 1995.