

Tableau 24: Quantité et prix d'eau récupérée lors de 3 ans.....	30
Tableau 25: Estimation des coûts des équipements pour l'installation de cuve de récupération.....	32
Tableau 26: Prix des charges de cuve de récupération.....	33
Tableau 27: Gain de la société après 3 ans de la réalisation de cuve de récupération....	33
Tableau 28: Normes de nettoyage en place.....	34
Tableau 29: Consommation d'énergie et de fioul lors l'élévation d'énergie.....	38
Tableau 30: Mode opératoire pour baisser la température à l'échelle laboratoire.....	39
Tableau 31: Résultats physico-chimiques d'eau du rinçage à des T°C inégales.....	42
Tableau 32: Taux de réduction entre le rinçage préliminaire et rinçage final à différentes températures.....	42
Tableau 33: Résultats microbiologiques d'eau à une température de 75 °C et 85°C de la soude .....	43
Tableau 34: Taux de réduction des microorganismes à différentes T°C de la soude.....	44

## Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	7
<b>PRESENTATION DE L'ETABLISSEMENT D'ACCUEIL</b> .....	7
1. Présentation de l'entreprise.....	7
2. Historique .....	8

3. Les produits de l'entreprise.....	8
4. Fiche technique.....	8
5. Processus de fabrication de la levure.....	9
<b>GENERALITES SUR LE PROCESSUS DU NETTOYAGE.....</b>	<b>10</b>
1. Généralités.....	10
2. Souillures.....	11
3. Facteurs d'efficacités de nettoyage.....	11
4. Système du nettoyage en place.....	13
4.1. Etapes du nettoyage en place.....	13
4.2. Avantages de NEP.....	14
4.3. Sélection des unités de NEP.....	15
5. Vérification de l'efficacité de nettoyage.....	15
<b>EVALUATION DU SYSTEME DE NETTOYAGE EN PLACE.....</b>	<b>16</b>
Généralités.....	16
Objectifs.....	16
I. Analyse du terrain.....	17
1. Zone de la levure sèche.....	17
2. Zone de fermentation.....	18
3. Zone de traitement de mélasse.....	19
II. Appréciation d'état actuel de nettoyage en place.....	20
III. Evaluation du système de nettoyage en place.....	23
III.1. système de nettoyage.....	23
III.2. Récupération d'eau.....	34
III.3. Perte énergétique.....	40
III.3.6. validation d'efficacité de la température.....	45
<b>Conclusion.....</b>	<b>50</b>



## Introduction générale

L'hygiène dans l'industrie agroalimentaire est une préoccupation constante, pour produire un aliment de qualité, que réclament le consommateur et les lois du marché, le nettoyage des locaux et des équipements utilisés dans l'industrie a pour objectif d'éliminer les salissures et les déchets des produits traités ou salissures apportées par les outils ou machines employés dans le procédé industriel, ainsi que les contaminations et les infections d'origine microbiologique et chimique situées dans le contexte de la sécurité alimentaire. En effet, le leader de la production de la levure prend en considération, l'intérêt majeur du nettoyage, pour avoir un produit de bonne qualité.

A cet égard, nous allons évaluer le processus du nettoyage mis en place dans l'industrie, afin de soumettre, des propositions pour améliorer les conditions de rinçage du produit étudié dans les différentes étapes. Pour ce faire, nous nous sommes intéressés par la réduction des charges liées à la consommation d'eau de rinçage, des eaux usées et par conséquent, les durées de cycle de nettoyage.

L'évaluation et la validation du système de nettoyage en place se réalisera à deux niveaux :

- Dans la zone de la levure sèche ;
- Dans les fermenteurs de la production de la levure.

Dans ces deux zones, nous avons essayé de réduire la quantité des effluents par la fixation du temps du cycle de rinçage, à savoir l'eau chaude et froide nécessaires pour le nettoyage, afin d'automatiser le système. De même nous allons réaliser une étude analytique et financière pour la construction d'une cuve de récupération d'eau du dernier rinçage avec la possibilité d'une réutilisation dans le prochain nettoyage, comme un rinçage préliminaire. En outre, Le pôle énergétique recèle un potentiel important au sein de l'entreprise, pour cela, nous avons essayé d'optimiser la température de la soude, en fonction du temps de contact.

Le présent travail regroupe trois parties :

- ✚ Présentation de la société ;
- ✚ Généralités sur le processus du nettoyage ;
- ✚ Evaluation et validation du système du nettoyage en place.

## PRESENTATION DE L'ETABLISSEMENT D'ACCUEIL

### 1. Présentation de l'entreprise

Fondé en 1853, le groupe agroalimentaire LESAFFRE est le leader mondial dans le domaine de la levure de panification. Fort de ses connaissances approfondies de la levure et de ses compétences



pointues en biotechnologies, LESAFFRE intervient également dans les domaines de la nutrition et la santé humaine.

L'innovation technique, la maîtrise des savoir-faire, la capacité à proposer des solutions sur-mesure ont contribué à construire le succès de l'entreprise. Son aptitude à anticiper les besoins, à comprendre les attentes de ses clients et à fournir des produits de qualité : ont imposé le groupe comme fournisseur incontournable des industriels, et du grand public.

## 2. Historique

**-1853** : Louis LESAFFRE-Roussel et Louis Bonduelle-Dalle créent une distillerie d'alcool de grains et de genièvre à Marquette-lez-Lille ;

**-1973** : Première production de levure sèche instantanée ;

**-1975** : LESAFFRE s'est installé au centre nord du Maroc à Fès dès 1975, d'abord sous le nom de SODERS puis LESAFFRE Maroc en 2006 ;

**-2012** : Installation d'une station du traitement des rejets à LESAFFRE Maroc.

## 3. Les produits de l'entreprise

LESAFFRE Maroc, située à Fès, fabrique et commercialise de la levure et des améliorants de panification des marques:

- Jaouda pour la levure fraîche ;
- Rafiâa pour la levure sèche ;
- Ibis et Magimix pour les améliorants.

Sa large gamme de produits, en fait aujourd'hui le leader sur le marché des professionnels.

## 4. Fiche technique

<b>Raison sociale</b>	: LESAFFRE MAROC
<b>Directeur général</b>	: Mr. Damien LESAFFRE
<b>Forme juridique</b>	: sSociété anonyme
<b>Effectifs</b>	: 200 personnes (dont 20 cadres)
<b>Secteur d'activité</b>	: Agroalimentaire
<b>Gamme de produits</b>	: Levures de panification et Améliorant
<b>Siège social</b>	: Fès Q.I Sidi Brahim Rue 806



<b>Capital social</b>	: 30.989.300,00 DHS
<b>N° d'identification fiscale</b>	: 04500783
<b>N° de patente</b>	: 13246073

## 5. Processus de fabrication de la levure

La levure « *Saccharomyces cerevisiae* », est un champignon unicellulaire facultatif, doit être multipliée dans les conditions optimales en vue de la commercialiser.

*Ensemencement: La société reçoit de la France, deux souches de *Saccharomyces cerevisiae* : le type L20 est désigné à la levure fraîche et le type L13 pour la levure sèche. Ces souches sont ensemencées dans des tubes dans un milieu nutritif spécifique (YM) à la croissance des levures. Le contenu des tubes est transvasé dans « van Lear » puis versé dans une icône plus grande appelée « Carlsberg », où il se multiplie à nouveau à une température de 28°C pendant 24 h avec agitation pour aérer la levure. Enfin, passage à l'échelle semi-industrielle qui se déroule dans une cuve de 800 litres.*

*Pré-fermentation: Le contenu de 800l est versé dans un préfermenteur où sont ajoutés les éléments suivants:*

- Eau ;
- Mélasse stérile ;
- Acide sulfurique pour l'hydrolyse du saccharose en glucose et fructose présent, dans la mélasse et pour obtenir un pH acide (voisinage de 4).
- Sels (sulfate, phosphate, urée) ;
- Eléments de traces (oligo-éléments et vitamines).

La pré-fermentation doit être effectuée en aérobie avec une agitation.



*Fermentation: A la fin de la pré-fermentation, on obtient un moût qui sera transféré vers le 4<sup>ème</sup> fermenteur, après une vingtaines d'heures en présence d'oxygène, on obtient de la levure mère qui va subir une séparation puis un stockage.*

*Séparation: La levure est séparée des résidus de mélasse non fermentés. Cette opération peut être répétée plusieurs fois, avec un lavage d'eau et on obtient une crème qui contient de la levure pure.*

**Stockage de la crème:** La crème obtenue après la séparation est acidifiée par l'acide sulfurique à pH = 2 pour éviter toute contamination, puis elle est stockée à 5 °C pour ralentir le métabolisme cellulaire.

**Filtration:** A la sortie des centrifugeuses, la levure-crème contient encore plus de 30% d'eau. Cette dernière est éliminée sur un tambour rotatif sous vide, qui contient une couche filtrante d'amidon, dont le but de ne laisser pénétrer que l'eau. La crème étalée sur la surface du filtre et ensuite récupérée.

**Séchage:** La levure sort du filtre à l'état pâteux et passe dans un mélangeur, puis dans une grille percée de trous pour avoir une granulométrie bien déterminée. Donc, la levure granulée est récupérée dans des bols pour passer dans des séchoirs qui fonctionnent par l'envoi d'un courant d'air sec et chaud.

**Conditionnement et emballage:** Pour la levure fraîche, le gâteau obtenu après filtration est envoyée à la boudineuse pour obtenir un produit fini, et à la fin de ce processus, les paquets de levure sont envoyés vers une chambre froide pour la conservation à 4°C, par contre la levure sèche passe dans des appareils qui aspirent l'air pour une conservation à longue durée.

## GENERALITES SUR LE PROCESSUS DU NETTOYAGE

### 1. Généralités

Le nettoyage désigne l'élimination des souillures, des résidus d'aliments, de la saleté, de la graisse ou toute autre matière indésirable, il doit correspondre à la fois à une surface physiquement ;



biologiquement et chimiquement propre. Physiquement détectable ; biologiquement propre signifie qu'aucun micro-organisme indésirable ne doit survivre et chimiquement propre.

Le nettoyage en place c'est un système de lavage intégré aux installations. Largement automatisé, le dispositif applique des programmes faisant intervenir successivement différents produits de nettoyage, une désinfection et terminant le cycle par un rinçage. Il est utilisé pour des systèmes fermés composés de tuyauteries reliant différents équipements et cuves. Les opérations de nettoyage se réalisent ainsi, sans démontage des équipements.

## 2. Souillures

Les souillures peuvent être des composants du produit alimentaire traité ou des produits de dégradation de celui-ci, peuvent être modifiées par la chaleur, le froid, l'humidité, la lumière, l'oxygène et /ou par l'attaque des microorganismes.

Plusieurs types de souillures peuvent s'accumuler sur les surfaces, dont on distingue :

-**Souillures minérales** : Dépôt de matière minérale, le plus souvent, issu de l'eau utilisée ou des fragments de produits eux-mêmes.

-**Souillures organiques**: Fragments macroscopiques de produits renfermant fréquemment des microorganismes pouvant se multiplier.

-**Souillures microbiologiques**: Accumulation de micro-organismes simplement adhérents aux surfaces.

L'observation simple de la souillure permet tout de même de pratiquer une première sélection du type de formulation efficace pour le nettoyage considéré:

-Souillure minérale \_\_\_\_\_ Détergent acide.

-Souillure organique \_\_\_\_\_ Détergent alcalin.

## 3. Facteurs d'efficacité de nettoyage

Pour assurer des résultats satisfaisants avec une solution détergente donnée, nous devons contrôler avec précision un certain nombre de variables que l'on appelle le cycle de Sinner (figure2). Il s'agit des TACT : temps, action mécanique, concentration et température.

La présence de ces quatre facteurs est indispensable et leur combinaison est variable. Quelque soit la méthode mise en œuvre et l'organisation choisie, ils sont toujours présents, et la diminution de l'un est toujours compensée par l'augmentation d'un ou de plusieurs. Nous distinguons les 4 facteurs clés du nettoyage sont :



**-Action chimique :** elle est apportée par l'utilisation d'un agent de nettoyage donné. Cette action sera dépendante du détergent choisi et de son dosage.

**-Action mécanique :** elle joue un rôle très important dans l'efficacité du nettoyage. L'action mécanique sera différente si le lavage est manuel ou automatique. En effet, le nettoyage manuel dépendra des actions de frottements réalisés par les opérateurs. Concernant le nettoyage automatique, ce sera la distance entre de nettoyage/surface et l'angle d'impact de la solution de lavage sur la surface à nettoyer qui auront une influence sur l'efficacité du nettoyage.

**-Température de lavage :** En général, l'efficacité d'une solution détergente augmente en même temps que la température. Un détergent a toujours une température optimale pour permettre une bonne élimination des salissures et assurer une meilleure efficacité.

**-Temps :** La durée de la phase de nettoyage au détergent doit être calculée avec soin pour obtenir l'effet nettoyant optimal. Le temps de contact entre le détergent et la surface à nettoyer est un paramètre critique pour que l'action du détergent soit efficace. Pour le nettoyage automatique, la détermination de la durée d'action est très importante pour garantir un bon nettoyage.

Ces quatre paramètres sont réunis dans le cercle de Sinner :

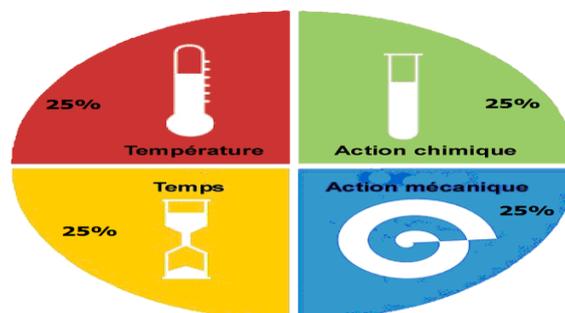


Figure 1: cercle de Sinner montrant les 4 paramètres de nettoyage



#### 4. Système du nettoyage en place

Le nettoyage en place : est une technique de lavage et désinfection standard dans les industries agroalimentaires. C'est un processus où les solutions de lavage et de désinfection se répartissent dans le circuit et nettoient les chaînes de production sans démontage. Le nettoyage en place minimise le risque de contaminations simples et de contaminations croisées et ainsi garantit à tout moment, la sécurité du produit.

##### 4.1. Etapes du nettoyage en place

En industrie alimentaire, le processus d'application de l'hygiène le plus sophistiqué comprendra un:

- Prélavage ;
- Nettoyage en phase alcaline ;
- Premier rinçage intermédiaire ;
- Enlèvement des dépôts minéraux en phase acide ;
- Rinçage final.

Selon les industries et les applications, le cycle du nettoyage comprend les cinq phases précédentes. Pour beaucoup d'applications, le passage de la solution acide est une opération périodique qui ne se fait pas quotidiennement et l'opération de nettoyage journalier est alors, simplifiée et comprend uniquement les trois phases ci-dessous:

- Prélavage ;
- Nettoyage en phase alcaline ;
- Rinçage final.

➤ Prélavage : Cette opération est différente d'une industrie à l'autre et dépend beaucoup du type de matériel à nettoyer. Il consiste à utiliser l'eau pour éliminer les salissures qui sont faciles à détacher.

Pour les circuits fermés, il se pose toujours le problème de la durée du prélavage. En effet, l'eau n'est pas récupérée dans un prélavage trop long, ce qui entraîne une dépense excessive en eau alors qu'un prélavage trop court entraîne une souillure très rapide de la solution détergente et diminuer ainsi, sa durée de vie. Les prélavages sont réalisés jusqu'à ce que la solution soit claire.





- Nettoyage en phase alcaline : cette phase ayant pour but l'élimination des souillures organiques, il faudra retenir le bon produit à la bonne concentration et respecter les conditions fixées de temps, température et action mécanique.
- Premier rinçage intermédiaire : il a pour but d'éviter le mélange d'une phase acide avec une phase alcaline, il devra donc, être réalisé jusqu'à ce que le pH revienne au voisinage de la neutralité.
- Nettoyage en phase acide : La phase acide a pour but d'élimination des dépôts minéraux. La fréquence de passage de la solution acide dépend énormément des souillures mais, sera également, très influencée par la qualité d'eau utilisée en fabrication et pendant les opérations de nettoyage. Une eau dure, oblige à augmenter la fréquence des passages acides.
- Rinçage final : Le nettoyage des installations de l'industrie alimentaire sont des opérations délicates et coûteuses. Elles doivent être suivies d'un rinçage final pour éliminer les agents de nettoyage qui pourraient contaminer les produits alimentaires traités. Cette opération de rinçage doit permettre une élimination suffisante des produits étrangers, tout en minimisant les dépenses en eau et en énergie.

#### 4.2. Avantages de NEP

Le système du nettoyage en place est très utilisable par leur facilité d'usage et aussi par ces avantages, cités au-dessous :

Tableau 1 : Avantages du système de nettoyage en place

<b>Productivité:</b> assurance d'un nettoyage en profondeur, ce qui réduit le risque de panne de l'installation.	<b>Consommation d'énergie efficace:</b> les programmes de nettoyage assurent une utilisation optimale de l'énergie, de l'eau et des produits de nettoyage.
<b>Hygiène assurée:</b> il exclut tout risque de contamination dans le processus et conçu avec une attention maximale pour	<b>Compatibilité:</b> sert pour une intégration optimale dans la production.



le design hygiénique.	
<b>Nettoyage fiable</b> : le nettoyage est automatique et a donc toujours lieu dans les mêmes circonstances.	<b>Flexibilité</b> : les étapes et paramètres de nettoyage peuvent être adaptés de manière simple dans les programmes conviviaux, en fonction des besoins en nettoyage de processus.

#### 4.3. Sélection des unités de NEP

Le dimensionnement d'une station de NEP doit prendre un ensemble de facteurs :

- Type et taille de l'installation ;
- Equipements à nettoyer ;
- Types de souillure qui est susceptible d'être présent ;
- Type de produits détergents possible ou nécessaires ;
- Perte de charge dans les circuits.

## 5. Vérification de l'efficacité de nettoyage

La vérification de l'efficacité du nettoyage doit être considérée comme un élément essentiel des opérations de nettoyage. Elle peut revêtir deux formes : contrôle visuel et contrôle bactériologique sur l'eau de rinçage et le produit fini, qui consiste à rechercher l'ensemble des microorganismes « Flore mésophile aérobie totale, coliformes totaux, levure de culture... ».

Du fait des progrès de l'automatisation, les lignes de traitement actuelles sont rarement accessibles au contrôle visuel. Ce dernier doit être remplacé par un contrôle bactériologique et chimique, concentré en un certain nombre de points stratégiques de la ligne.



## Evaluation du système de nettoyage en place

Dans cette partie d'étude, nous mettons le doigt sur les problèmes liés au système de nettoyage en place, au sein de la société LESAFFRE-Maroc, afin de les résoudre pour avoir un bon produit au niveau de qualité avec moins des charges

### Généralités

L'hygiène est une préoccupation de base lors du traitement des produits alimentaires. Chaque installation dans l'industrie agroalimentaire a besoin d'un bon processus de nettoyage/désinfection contrôlé. Cleaning-In-Place (CIP) conçu pour nettoyer et désinfecter sans démontage ou remontage particulier, afin de minimiser les effets des résidus des détergents. Ce nettoyage est un procédé fiable et répétitif qui doit respecter les réglementations strictes de l'industrie alimentaire. Autres avantages d'une bonne installation CIP : sécurité de manipulation ; courtes interruptions de service entre cycles de production et changement de produit.

La régularité des résultats de nettoyage est atteinte par l'intervention minimale de l'opérateur réduisant toute probabilité d'erreur humaine et du contrôle constant des paramètres critiques. Cependant, connaître les principaux dispositifs et règles de montage hygiénique.

### Objectifs

- Obtenir un produit de qualité avec moins de charges ;
- Fixer le temps de rinçage du système de nettoyage ;
- Optimiser la température de la circulation de la soude ;
- Réduire le taux de consommation en eau ;



## I. Analyse du terrain

Le processus du nettoyage en place dans l'usine est réalisé dans trois zones:

- Zone de la levure sèche ;
- Zone des fermenteurs pour la production de la levure ;
- Zone de la clarification et la stérilisation de la mélasse.

### 1. *Zone de la levure sèche*

Pour assurer l'efficacité d'un bon nettoyage, la liquidation des salissures dans les équipements suit cinq étapes, comme le montre le schéma ci-dessous :

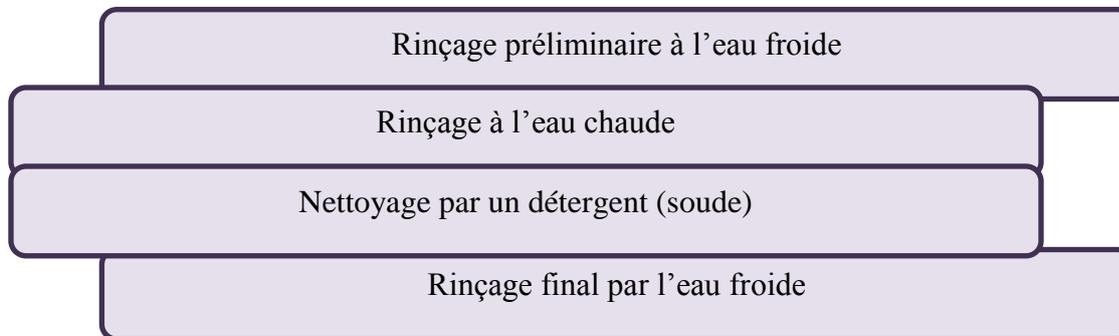


Figure 2: Différentes étapes du nettoyage qui s'effectue dans la zone de production de la levure sèche.

La figure ci-dessous, montre la description de la station CIP, qui est composé de :

- Collecteur et sécheur Glatt ;
- Collecteur et sécheur T10 ;
- Dépoussiéreur ;
- Cuve pour le retour de la soude ;
- Tank de la soude.

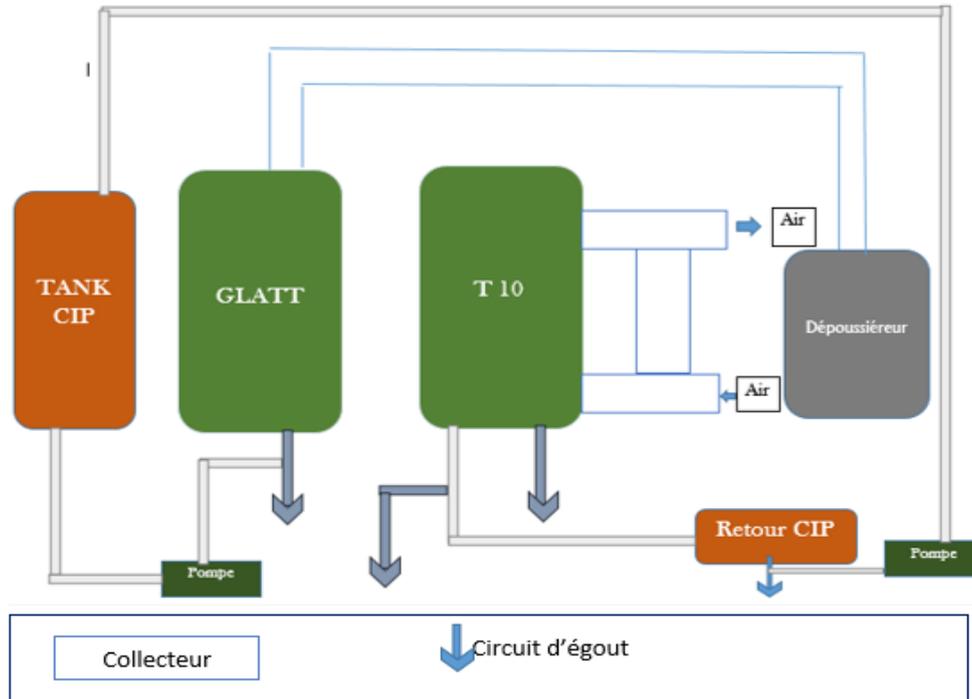


Figure 3 : Nettoyage en place à la station de séchage

## 2. Zone de fermentation

La zone des fermenteurs sert pour produire la levure sèche et pressée dans divers fermenteurs par l'entrée d'un ensemble des ingrédients.

Cette zone est constituée de :

- Deux pré-fermenteurs ;
- Fermenteur pour la production de la levure mère, (F4) ;
- Deux fermenteurs pour la production de la levure sèche (F5, F6) ;
- Deux fermenteurs pour la production de la levure pressée commercialisée (F7, F8).

Chaque fermenteur est constitué d'un ensemble des circuits:

- Circuit de douche
- Circuit d'air
- Circuit des sels
- Circuit de moût



Les étapes de nettoyage des fermenteurs et des pré-fermenteurs sont illustrées dans le schéma ci-dessous :

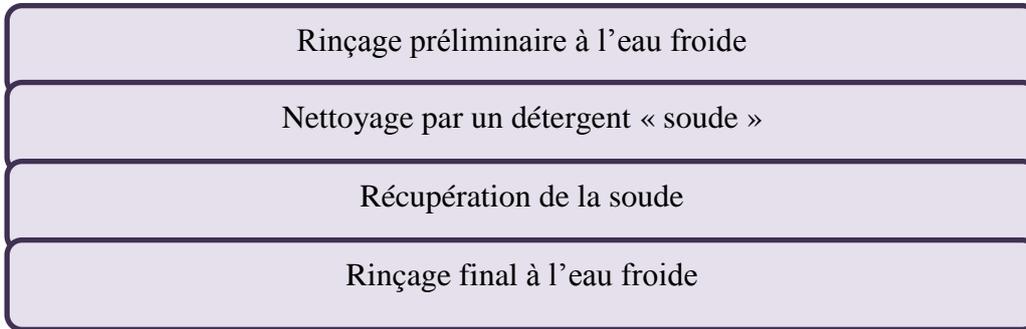


Figure 4: Etapes du nettoyage des fermenteurs

N.B : Le passage de la solution d'acide est périodique.

### 3. Zone de traitement de mélasse

La zone de traitement de la mélasse est composée de plusieurs cuves, un pour la préparation de la mélasse diluée et son stockage, autre pour le stockage de la mélasse diluée clarifiée et stérilisée, ainsi qu'un clarificateur, d'un serpentin de stérilisation et des échangeurs de chaleur.

Chaque équipement doit être nettoyé d'une façon quotidienne et avec une bonne efficacité.

Les étapes de nettoyage de la zone de traitement de mélasse sont illustrées dans le schéma ci-dessous :

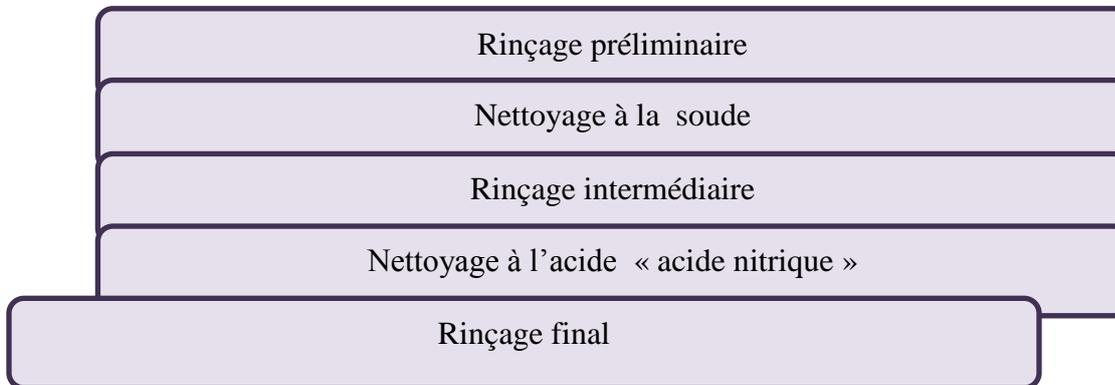


Figure 5: Etapes du nettoyage dans la zone de traitement de la mélasse

Toutes ces zones doivent être nettoyées d'une manière efficace par utilisation des solutions de la soude et d'acide.



## II. Appréciation d'état actuel de nettoyage en place

L'objectif majeur de cette étude est d'obtenir un produit de qualité avec moins de charges, pour cela, nous avons évalué l'état actuel de nettoyage en place dans la société LESSAFRE-Maroc, qui nous a permis de détecter un ensemble de problèmes majeurs, détaillés comme suit :

- Effluents n'atteignent pas la clarté voulue, à cause de la variation du temps de rinçage ce qui présente un point critique de l'efficacité de nettoyage.

- La norme de nettoyage en place est utilisée la soude à une température de 75°C, tandis que la société l'utilise à 85°C. C'est une perte d'énergie si les deux températures donnent le même résultat.

- Après une analyse détaillée de la station de nettoyage en place, nous avons constaté qu'une grande quantité d'eau de rinçage sont envoyées à l'égout après leurs passages dans les équipements à nettoyer

- pH des eaux du dernier rinçage reste relativement élevé dans la zone de fermentation, ce qui indique la présence de la soude dans les fermenteurs. Il semble que le système de circulation des eaux de rinçage n'assure pas une répartition homogène. Ceci, crée une différence de pression et par conséquent, un déséquilibre au niveau des arrivées des eaux dans les équipements de diamètres différents. L'eau de rinçage ne se renouvelle pas dans les circuits de petite taille et de ce fait, le pH reste relativement élevé. Le tableau ci-dessous, illustre un suivi de pH d'eau du dernier rinçage, où les échantillons sont pris chaque deux minute.

Tableau 2: Suivi du pH d'eau du dernier rinçage

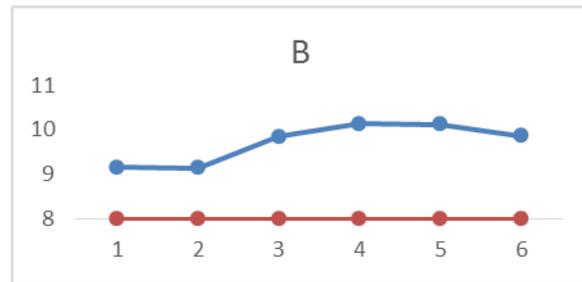
Jours	Echantillons	pH
1 <sup>er</sup> jour	1	11.01
	2	11.01
	3	9.76



	4	9.36
	5	8.86
	6	9.54
2 <sup>ème</sup> jour	1	9.15
	2	9.14
	3	9.84
	4	10.13
	5	10.11
	6	9.86
3 <sup>ème</sup> jour	1	9.04
	2	8.99
	3	9.07
	4	9.03
	5	11.13
4 <sup>ème</sup> jour	1	11.13
	2	7.97
	3	9.22

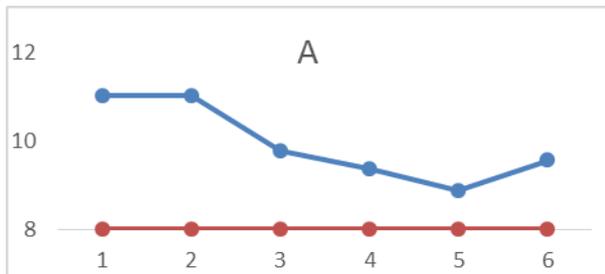


	4	9.12
	5	9.05



	6	9.44
--	---	------

Les figures ci-dessous, montrent le suivi du pH de l'eau utilisé dans le dernier rinçage après le nettoyage à la soude d'un fermenteur.



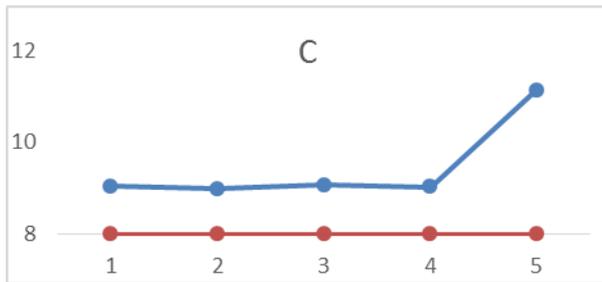
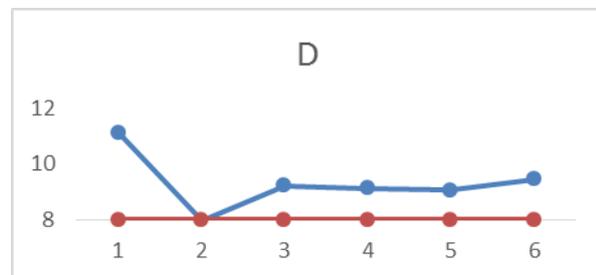


Figure 6: variation de pH des eaux de rinçage en fonction du temps (A : 1<sup>er</sup> jour, B : 2<sup>ème</sup> jour, C : 3<sup>ème</sup> jour, D : 4<sup>ème</sup> jour)

Nous avons remarqué que le pH n'atteint pas la neutralité, reste toujours aux alentours de 9, et les résultats obtenus confirment la présence des résidus de détergent alcalin.

### III. Evaluation du système de nettoyage en place

Le nettoyage en place dans l'usine de la société contient plusieurs problèmes, pour cela, nous avons détecté les problèmes majeurs afin de l'évaluer.



#### *III.1. système de nettoyage*

Les difficultés du système de nettoyage en place sont positionnées dans deux zones : zone de séchage et zone de fermentation, et donc pour les résoudre, il faut suggérer plusieurs propositions afin de mener l'entreprise d'avoir un bon produit.

Afin de remédier aux problèmes détectés, il semble d'un grand intérêt de fixer la durée du nettoyage pour stabiliser le système, ainsi pour diminuer la quantité des effluents.

Et pour le problème du pH d'eau du dernier rinçage, qui reste relativement élevé, nous avons proposé de réaliser deux rinçages successifs pour que l'eau arrive aux petits conduits et élimine toute trace de détergent alcalin.

##### III.1.1 Fixation du temps de nettoyage

Pour déterminer le temps de circulation de l'eau, nous avons effectué un suivi visuel régulier, chaque semaine pour la zone de la sèche et journalière dans la zone des fermenteurs, où les prélèvements sont pris à des moments précis.

Pour sélectionner le temps du rinçage à l'eau froide et chaude, nous sommes basés sur :

-Une inspection visuelle des effluents ;





- Un arrêt de la circulation d'eau lorsque les effluents deviennent clairs ;
- Un contrôle de pH pour avoir la neutralité.

### A. Zone de séchage

#### Première expérience

D'après les fiches de suivi (Annexe 1) de la zone de la levure sèche, nous avons pu déterminer les temps nécessaires pour chaque phase de NEP, où nous prenons la valeur maximale des durées pour assurer la fiabilité du système. Le tableau ci-dessous, résume les données relatives aux différentes étapes du nettoyage :

Tableau 3: Durées nécessaires pour un bon nettoyage dans l'ensemble des équipements de séchage de la levure.

Equipements	Phases	Durées (min)
Sécheur GLATT	Rinçage préliminaire à l'eau froide	10
	Rinçage à l'eau chaude	15
	Nettoyage à la soude	20
	Rinçage à l'eau chaude	10
	Rinçage à l'eau froide	5
Collecteur GLATT	Rinçage préliminaire à l'eau froide	10
	Rinçage à l'eau chaude	15
	Nettoyage à la soude	20
	Rinçage à l'eau chaude	5
	Rinçage à l'eau froide	5
Sécheur T10	Rinçage préliminaire à l'eau froide	10
	Rinçage à l'eau chaude	15
	Nettoyage à la soude	20
	Rinçage à l'eau chaude	5
	Rinçage à l'eau froide	5
Collecteur T10	Rinçage préliminaire à l'eau froide	10
	Rinçage à l'eau chaude	10
	Nettoyage à la soude	20
	Rinçage à l'eau chaude	5
	Rinçage à l'eau froide	5

**N.B :** - Température d'eau froide : température ambiante (21°C) ;



- Température d'eau chaude : 52 °C ;
- Température de la soude : 82°C ;
- Eau utilisé pour le rinçage est potable.

### Validation microbiologique

Afin de finaliser notre travail en automatisant le système de NEP, la validation des résultats, est l'un des étapes indispensable dans le processus de nettoyage.

- Test microbiologique

#### Eau du dernier rinçage

L'eau du dernier rinçage est examinée microbiologiquement à une température de 30°C pour déterminer le nombre de :

- Coliformes totaux ;
- Flore mésophile totale (FMAT);
- Levure de culture.

Tableau 4: Nombre des microorganismes dans chaque équipement.

	Coliformes totaux	Flore mésophile aérobie totale	Levure de culture
Collecteur Glatt	0	65	0
Sécheur Glatt	0	0	0
Collecteur T10	0	6	0
Sécheur T10	0	12	0

Pour s'assurer de ces résultats, nous avons comparé les résultats trouvés avec les normes de la société.

Tableau 5: Normes d'eau du rinçage

Germes	Normes
Flore mésophile aérobie totale	Inférieur à $10^3$
Coliformes totaux	Inférieur à $10^2$



Levures sauvages	Absence
------------------	---------

#### Produit fini « levure sèche »

Le produit fini doit aussi être examiné microbiologiquement afin déterminer le nombre de chaque microorganisme.

Tableau 6: Nombre de microorganismes trouvés dans le produit fini après le nettoyage

Type de microorganisme	Nombre
Flore mésophile aérobie totale	$3.10^3$
Coliformes totaux	$3.10^2$
Levures sauvages	Inférieur à $10^2$
Moisissures	Inférieur à 10
Salmonelle	Absence
Listeria	Absence

Pour affirmer que ce produit fini conforme aux normes, nous comparons ces résultats avec les normes de la société :

Tableau 7: Normes des analyses microbiologiques de levure sèche

Type de microorganisme	Normes du produit fini
Flore mésophile aérobie totale	Inférieur à $5.10^3$
Coliformes totaux	Inférieur à $5.10^2$
Moisissures	Inférieur à $10^2$
Levures sauvages	Inférieur à $10^2$
Salmonelle	Absence
Listeria	Absence

Selon les résultats obtenus, nous pouvons souligner que le processus du nettoyage utilisé avec ces durées est conforme à la norme, et donc le système adopté est semblé efficace.



## Deuxième expérience

Les résultats précédents, nous a permis de réduire la durée du rinçage préliminaire de 10 à 5 min et d'éliminer l'eau chaude après utilisation de la soude, dans les différents équipements à nettoyer, et ces durées sont exprimées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8: Durées finales du nettoyage dans la zone de séchage de la levure

Equipements	Phases	Durées (min)
Collecteur Glatt	Eau froide	5
	Eau chaude	15
	Soude	20
	Eau froide	5
Sécheur Glatt	Eau froide	5
	Eau chaude	15
	Soude	20
	Eau froide	5
Collecteur T10	Eau froide	5
	Eau chaude	15
	Soude	20
	Eau froide	5
Sécheur T 10	Eau froide	5
	Eau chaude	15
	Soude	20
	Eau froide	5

## Validation microbiologique

Le nouveau programme est examiné microbiologiquement afin de s'assurer que le système de nettoyage en place est efficace.

- Test microbiologique

### Eau du dernier rinçage

Les résultats obtenus des échantillons d'eau du dernier rinçage sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9: Nombre des microorganismes dans l'eau froide du rinçage final

	Coliformes	Flore mésophile aérobie totale	Levures de culture



Collecteur Glatt	0	134	0
Sécheur Glatt	0	0	0
Collecteur T10	0	2	0
Sécheur T10	0	2	0

**Produit fini « levure sèche »**

L'analyse microbiologique du produit fini nous a permis de mettre en évidence la présence de certains microorganismes dans la levure sèche.

Tableau 10: Nombre des différents types de germes obtenus

Type de germe	Nombre
Flore mésophile aérobie totale	$3.10^3$
Coliformes totaux	Inférieur à $3.10^2$
Levures sauvages	Inférieur à $10^2$
Moisissures	Inférieur à $10^2$
Salmonelle	Absence
Listeria	Absence

Donc, le nouveau nettoyage adapté avec rinçage, semble efficace.

système du ces durées de processus de

Tableau 11: Durées du

nettoyage dans la zone de séchage

Étapes	Durées
Rinçage préliminaire à l'eau froide	5 min
Rinçage à l'eau chaude	15 min
Nettoyage à la soude	20 min
Rinçage final à l'eau froide	5 min

Après la fixation des durées du processus du nettoyage, nous menons à mettre un graphe fonctionnel de commande des étapes et transitions qui est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux systèmes à évolution séquentielle (annexe2).



## B. Zone de fermentation

Dans cette zone, nous avons effectué un suivi quotidien de l'ensemble des fermenteurs, pendant un mois, afin de déterminer les durées nécessaires pour chaque phase de nettoyage en place (annexe3).

### Première expérience

Afin d'assurer la fiabilité de nettoyage, nous avons utilisé les valeurs maximales de l'ensemble des durées employées précédemment. Le tableau ci-dessous récapitule ces données :

Tableau 12: Durée de nettoyage en place d'un fermenteur

Phases	Durées
Rinçage préliminaire à l'eau froide	10 min
Nettoyage à la soude	90 min
Récupération de la soude	-
Rinçage final à l'eau froide	10 min

Il est noté que la récupération de la soude n'est pas déterminée car la sonde de détection de niveau n'est pas installée en bas du fermenteur.

### Validation microbiologique

La validation de ces durées est obligatoire pour assurer l'efficacité de nettoyage.

- Test microbiologique

#### Eau du dernier rinçage

Afin de valider le nettoyage, nous avons analysé l'eau du dernier rinçage pour déterminer le nombre des coliformes, la flore mésophile totale et les levures sauvages.

Tableau 13: Nombre des microorganismes trouvés dans l'eau du dernier rinçage

	Coliformes totaux	Flore mésophile aérobie totale	Levure sauvages
1 <sup>er</sup> jour	0	10	0
2 <sup>ème</sup> jour	0	0	0
3 <sup>ème</sup> jour	0	2	0



4 <sup>ème</sup> jour	0	19	0
5 <sup>ème</sup> jour	0	7	0

**Produit fini « levure pressée »**

Les résultats des analyses microbiologiques effectués sur le produit fini sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14: Nombre de chaque microorganisme existé dans la levure pressée après le nettoyage

Microorganismes	Nombre
Flore mésophile aérobie totale	$3.10^3$
Coliformes totaux	$10^3$
Levures sauvages	Inférieur à $10^2$
Moisissures	Inférieur à $10^2$
Salmonelle	Absence
Listeria	Absence

**Deuxième**

Un nouveau  
réalisé, où nous  
temps de rinçage

**expérience**

essai était  
avons réduit le  
préliminaire et

final de 10 à 5 min et les résultats microbiologiques sont montrés dans le tableau ci-dessous

Tableau 15: Résultats microbiologiques d'eau du dernier rinçage

	Coliformes	Flore mésophile aérobie totale	Levures de culture
	Dilution 0	Dilution 0	Dilution 0
Eau du dernier rinçage	0	13	0

Le tableau ci-dessous exprime les résultats microbiologiques du produit fini « levure pressée », après le deuxième essai du nettoyage.

Tableau 16: Résultat microbiologique de la levure pressée après le deuxième essai



Les résultats

Microorganismes	Nombre
Flore mésophile aérobie totale	$3.10^3$
Coliformes totaux	$10^3$
Levures sauvages	Inférieur à $10^2$
Moisissures	Inférieur à $10^2$
Salmonelle	Absence
Listeria	Absence

microbiologiques assurent l'efficacité du nettoyage, même après la réduction du temps de rinçage préliminaire et final de 10 à 5 min, où ils sont tous conformes aux normes. Donc, dans le nouveau système du nettoyage, nous prenons en compte la période d'été, où le niveau de contamination sera très élevé, et donc le temps du nettoyage de la circulation de la soude est de 2heures :

Tableau 17: Durée du nettoyage des fermenteurs

Etapes	Durée (min)
Rinçage préliminaire à l'eau froide	5
Nettoyage à la soude	120
Rinçage final à l'eau froide	5

Pour automatiser ce système, nous avons réalisé un GRAFCET respectant les durées mentionnées dans le tableau précédent (annexe 4).

### III.1.2 Réalisation de deux rinçages finaux

Les eaux de rinçage circulent dans les équipements à nettoyer y compris les circuits, comme nous l'avons souligné précédemment, La différence de canaux conducteurs crée une différence de pression, ce qui donne la priorité aux circuits les plus grands pour arriver tardivement aux petits canaux.

Ceci ne facilite pas la circulation de l'eau du rinçage dans les circuits de petite taille où les traces de la soude ne sont pas éliminés et de ce fait, le pH reste relativement élevé.

Pour résoudre ce problème, nous avons effectué deux rinçages successifs, la durée du premier est de 5 min, en fermant la vanne du grand circuit pour bloquer le passage de l'eau et ouvrir la deuxième vanne pour un deuxième rinçage final (2 min) pour faciliter l'arrivage d'eau dans les petits conduits.



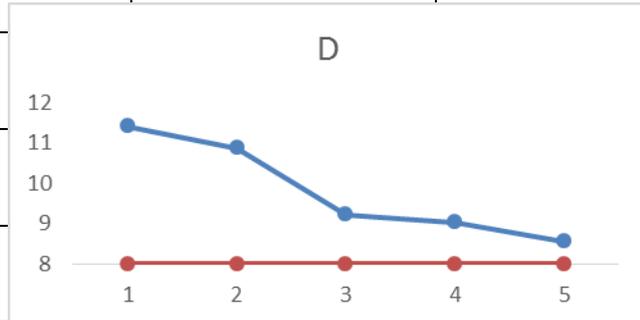
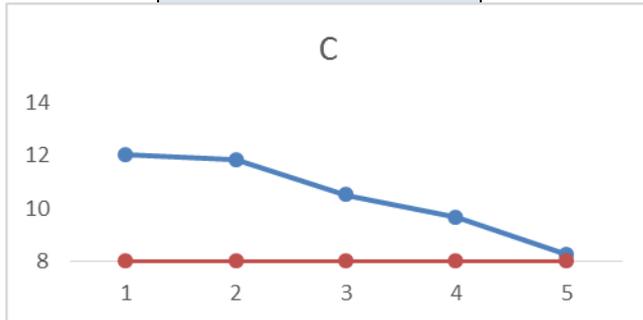
Nous avons ainsi effectué un nouveau suivi pour surveiller l'évolution de pH dans ces nouvelles conditions, où les échantillons sont pris, après chaque minute et les résultats du pH sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18: suivi du pH pendant la réalisation de deux rinçages

Jours	Echantillons	pH
1 <sup>er</sup> jour	1	11.5
	2	10.03
	3	9.89
	4	9.26
	5	8.08
2 <sup>ème</sup> jour	1	11.15
	2	10.52
	3	9.85
	4	9.22
	5	8.36
3 <sup>ème</sup> jour	1	12.03
	2	11.82



	3	10.50
	4	9.65
	5	8.25
	1	11.41



	5	8.55
--	---	------

Les figures suivantes résument les résultats expliqués dans le tableau précédent.

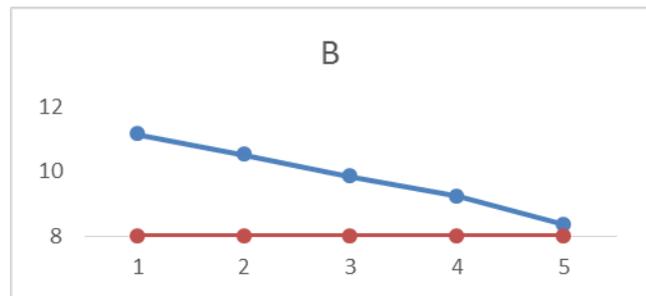
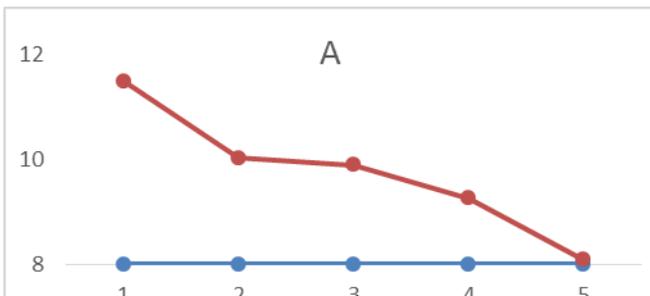




Figure 7: variation du pH avec deux rinçages successifs (A : 1<sup>er</sup> jour, B : 2<sup>ème</sup> jour, C : 3<sup>ème</sup> jour, D : 4<sup>ème</sup> jour)

Il semble que les résultats obtenus sont de bonne qualité, donc la solution proposée est efficace, puisque le pH du dernier échantillon est égal presque le pH d'eau du robinet.

### III.2. Récupération d'eau

Après la fixation de la durée du rinçage, la quantité d'eau est moins importante qu'avant, mais cela ne signifie pas que la quantité d'eau écoulée vers l'égout n'est pas élevée. Le tableau ci-dessous présente la quantité d'eau envoyée à l'égout après chaque nettoyage dans les différentes zones de production.

Tableau 19: Quantité d'eau envoyée à l'égout après le nettoyage

Zone	Consommation totale en eau (m <sup>3</sup> )
Sèche	50
Fermentation	294
Mélasses	210
<b>Totale</b>	<b>554 m<sup>3</sup>/7j</b>

La quantité totale d'eau envoyée à l'égout chaque semaine est de 554 000 l, cette somme nous a stimulé de proposer des solutions afin de diminuer les pertes en eau.

Pour remédier à ce problème, nous avons suggéré d'installer une cuve de récupération d'eau du dernier rinçage et réutiliser comme un rinçage préliminaire dans le prochain nettoyage.

L'installation d'une cuve de récupération permettra d'acquiescer plusieurs avantages dont :

- Réduction la consommation en eau froide;
- Economie et diminution des charges ;
- Respect de l'environnement.

Une étude de faisabilité doit être réalisée afin de déterminer le coût global de cet investissement qu'il doit être inférieur au coût d'eau dépensée lors de 3 ans.

### Etude analytique

Les eaux de rinçage de zones (fermenteurs, séchage et traitement de mélasses) sont envoyées à l'égout, après le passage dans l'équipement à nettoyer car l'installation actuelle ne permet pas leur



récupération. La quantité des effluents est très importante pour l'eau du dernier rinçage qui est assez propre pour un rinçage préliminaire.

#### A. Zone de séchage

Les équipements de cette zone nécessitent un temps de 5 minutes pour le rinçage préliminaire et 5 minutes pour le rinçage final, afin d'assurer un bon nettoyage après le passage de détergent.

Le tableau ci-dessous montre la quantité d'eau que nous pouvons récupérer après l'installation de cette cuve.

Tableau20: Quantité d'eau récupérée de la zone de séchage chaque semaine

Equipements	Durée de premier rinçage	Durée de dernier rinçage	Quantité d'eau consommée par rinçage
Collecteur GLATT	5 min	5 min	2500 l
Sécheur GLATT	5 min	5 min	2500 l
Collecteur T10	5 min	5 min	2500 l
Sécheur T10	5 min	5 min	2500 l
Quantité d'eau récupérée après chaque nettoyage			10 000 L

Nous proposons cette solution qui aura une grande importance pour la société, elle lui permettra de récupérer d'une manière hebdomadaire  $10 \text{ m}^3$  et la réutiliser dans le processus de nettoyage.

#### B. Zone des fermenteurs

Cette zone contient 5 fermenteurs et 2 pré-fermenteurs qui subissent le même processus du nettoyage. Ces installations nécessitent un temps de 5 minutes pour le rinçage préliminaire et 7 minutes pour le rinçage final d'une façon journalière. Le tableau ci-dessous exprime la quantité d'eau envoyée vers l'égout chaque jour.

Tableau 21: Quantité d'eau envoyée à l'égout chaque jour dans la zone de fermentation.

Installation	Durée du rinçage préliminaire	Durée du rinçage final	Quantité d'eau envoyée à l'égout du dernier rinçage	Quantité d'eau envoyée à l'égout du premier rinçage
Préfermenteur 1	5 min	7 min	3500 L	2500 L
Préfermenteur 2	5 min	7 min	3500 L	2500 L
Fermenteur 4	5 min	7 min	3500 L	2500 L
Fermenteur 5	5 min	7 min	3500 L	2500 L



Fermenteur 6	5 min	7 min	3500 L	2500 L
Fermenteur 7	5 min	7 min	3500 L	2500 L
Fermenteur 8	5 min	7 min	3500 L	2500 L
Quantité d'eau envoyée vers l'égout pour les deux rinçages			24500 L	17 500 L
Eau récupérée			24 500 L	

La quantité d'eau récupérée chaque jour est de  $24,55 \text{ m}^3$ , qui signifie un gain de  $171,5 \text{ m}^3$  par semaine, dans le but de la réutiliser dans le prochain nettoyage.

### C. Zone de traitement de la mélasse

Cette zone est composée de deux parties, la clarification et la stérilisation de la mélasse, et le nettoyage se fait quotidiennement.

La récupération d'eau s'effectuera sur deux types de rinçage :

- Rinçage après la soude
- Rinçage après l'acide.

Tableau 22: Durées de rinçage dans la zone de traitement de la mélasse

Parties	Type de rinçage	Durée	Quantité de l'eau envoyée à l'égout
Clarification	Rinçage préliminaire	10 min	5000 l
	Rinçage après la soude	10 min	5000 l
	Rinçage après l'acide	10 min	5000 l
Stérilisation	Rinçage préliminaire	10 min	5000 l
	Rinçage après la soude	10 min	5000 l
	Rinçage après l'acide	10 min	5000 l
Total d'eau utilisée pour le nettoyage			30 000 l
Quantité d'eau récupérée			20 000 l

Dans la zone de traitement de la mélasse, nous avons besoin de  $30 \text{ m}^3$  par jour pour nettoyer les cuves de clarification et de stérilisation, où  $10 \text{ m}^3$  servi pour le rinçage préliminaire et nous ne pouvons pas la récupérer car elle est remplie de souillures, par contre l'eau de rinçage après la soude et après l'acide, on peut la récupérer et la réutiliser.



D'après ces résultats, nous pouvons récupérer une quantité énorme d'eau et de la réutiliser dans le prochain nettoyage. Le tableau ci-dessous résume la quantité totale d'eau récupérée par semaine.

Tableau 23: Quantité d'eau récupérée pour chaque zone d'une façon hebdomadaire

Zones	Quantité d'eau récupérée
Sèche	10 m <sup>3</sup>
Fermenteurs	171,5m <sup>3</sup>
Traitement de la mélasse	140 m <sup>3</sup>
<b>Total</b>	<b>321,5 m<sup>3</sup></b>

La cuve de récupération d'eau du dernier rinçage peut économiser une quantité de 321,5m<sup>3</sup> et la remployée dans les prochains nettoyages. Le graphe ci-dessous illustre une comparaison entre le volume d'eau dépensée avant et après la construction de la cuve de récupération.

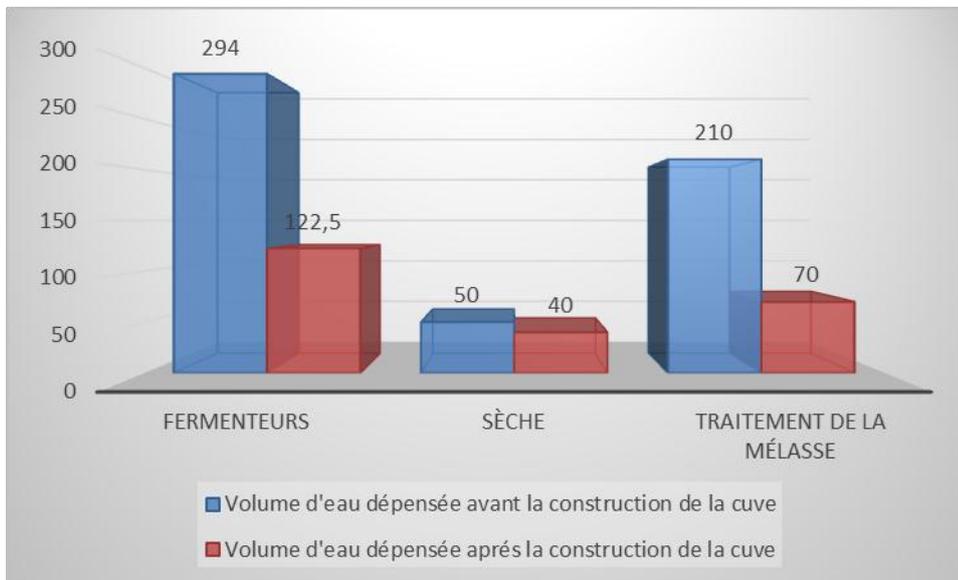


Figure 8: Quantité d'eau dépensée selon les zones avant et après la construction de la cuve de récupération

Nous avons calculé le prix d'eau qu'on peut récupérer lors de 3 ans au lieu de la jeter dans les égouts car la société mentionne que pour construire cette cuve, il faut récompenser son investissement après un délai de 3 ans. Sachant que le prix d'un 1m<sup>3</sup> d'eau froide égale à 10 DH.

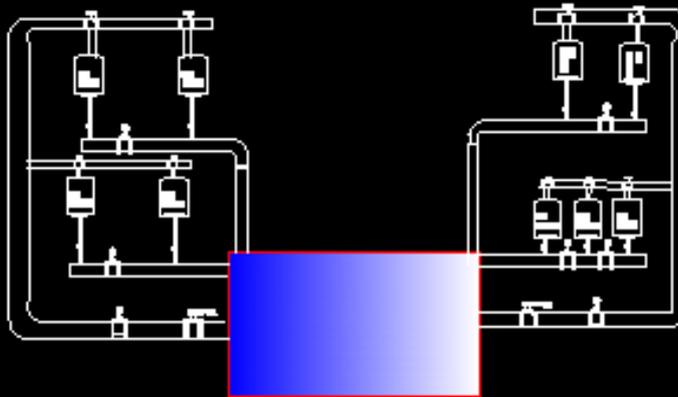
Tableau 24: Quantité et prix d'eau récupérée pendant 3 ans

Volume d'eau récupérée par semaine	321,5 m <sup>3</sup>
Volume d'eau récupérée lors de 3 ans	50 291,79 m <sup>3</sup>
Prix d'eau récupérée pendant ces 3 ans	502 918 DH



Pour remédier aux problèmes de ces effluents, notre proposition d'installation des cuves de récupération des eaux est schématisé comme suit :

## Projet de l'installation de cuve de recuperation



### LEGENDE

	—	CUVE DE RECUPERATION
	—	CITERNE
	—	VANNE PAPILLON
	—	VANNE
	—	MANOMETRE

Figure 9: Schéma de proposition de cuve de récupération d'eau du dernier rinçage

### Etude financière

Une estimation a été effectuée par l'ensemble des équipements nécessaires pour l'installation d'une cuve de récupération d'eau. Les données sont affichées sur le tableau ci-dessous, en tenant compte le coût de chaque équipement.



Tableau 25: Estimation des coûts des équipements pour l'installation de la cuve de récupération

Type de matériel	Quantité	Coût unitaire (DH)	Coût globale (DH)	Capacité/longueur
Bac	1	150 000	150 000	45 m <sup>3</sup> 8/4
Pompe surface	2	6 000	12 000	
Accessoires de pompe		30 000	30 000	
Conduit	120 m	150	18 000	∅= 50 cm
Vanne papillon	2	1 300	2 600	
Vanne du conduit de retour	9	340	3 060	
Vanne du conduit	9	600	5 400	
Manomètre	7	140	980	De 0 à 10 bars
CPC	7	280	1 960	
Total				<b>224 000 DH</b>

Les figures ci- dessous illustrent le schéma de la cuve de récupération selon les vues, qui contient un volume de 45 000L.

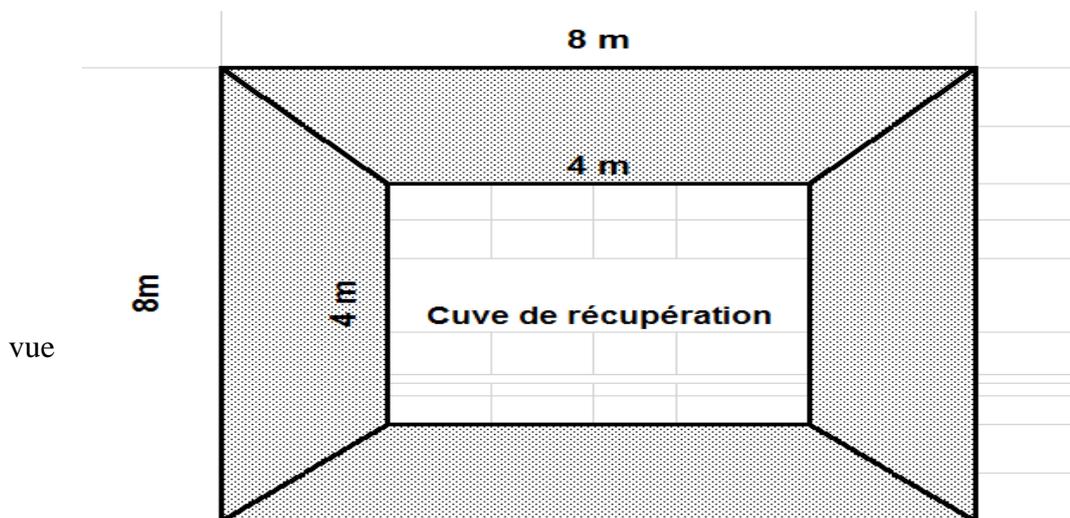


Figure 10:  
Schéma de  
en haut de la  
cuve de  
récupération



La figure suivante montre cette cuve en vue e face pour mieux comprendre le tranchement de la cuve.

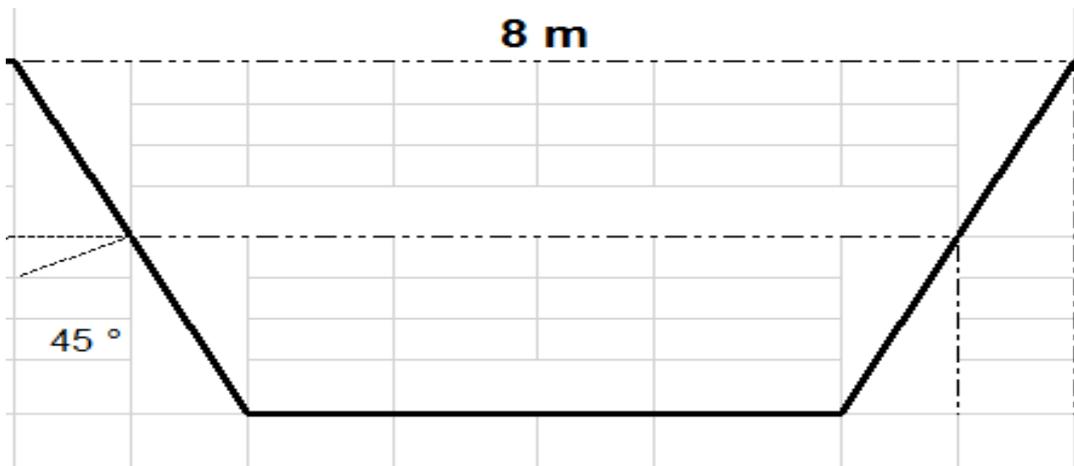


Figure11: Schéma de la cuve de récupération en vue de face

Afin de connaître le budget final de cet investissement, il faut compter l'ensemble des travaux ajoutés au prix de matériels.

Tableau 26: Prix des charges

Terrassement de la cuve	32 000 DH
Tranchement de la cuve	1 424 DH
Installation	30 000 DH
Raccordement accessoires	20 000 DH

En tenant compte tous les charges, le budget global de cet investissement est : **307424DH**

Tableau 27: Gain de la société après 3 ans de la réalisation de cuve de récupération

Actions	Prix en DH
Eau récupérée lors de 3 ans	510 300
Coût de l'installation	307 424
Gain	202 876

### III.3. Perte énergétique



La question de l'efficacité énergétique est considérée parmi les préoccupations des dirigeants des industries agroalimentaires. La société LESAFFRE MAROC, contient des procédés thermiques pour réchauffer ses solutions, donc elles sont en première ligne pour leur fournir un diagnostic et s'engager sur l'obtention d'une approche concrète et réaliste de diminuer l'énergie, qui est basé sur une réduction de la température avec une bonne efficacité. La température choisie pour la circulation de la soude est de 75°C au lieu de 85°C, utilisée dans les normes de nettoyage en place.

Tableau 28: Normes de nettoyage en place

Etapes	Température	Temps	Concentration
Rinçage à l'eau froide		10 min	
Circulation d'une solution détergente alcaline	75°C	30 min	2-2,5%
Rinçage du détergent alcalin		5 min	
Circulation d'une solution acide	70°C	20 min	1-1,5%
Rinçage final		5 min	

Partant de ces normes, nous pouvons dire qu'une optimisation de la température de la soude à 75°C, est possible et elle semble être bénéfique, puisque le temps et la concentration utilisées dans cette société sont les mêmes utilisés dans la norme.

#### Détection du problème

La température optimale de la soude entre 65°C et 85°C est fiable et une valeur de 75°C est la norme décrite qui donne une bonne efficacité. Après une étude de l'environnement des fermenteurs, nous avons constaté que la température de la circulation de la soude dans ces équipements est de 85°C.

Alors une température de 75°C comme consigne semble faisable et efficace, même si la longueur de circuit entre bac de la soude et le fermenteur peut diminuer la température, mais cela n'affecte pas l'efficacité du nettoyage.

Avant toute intervention, une étude doit être réalisée pour affirmer cette réduction, par une planification énergétique suivie d'une mise en œuvre et fonctionnement et, enfin une vérification pour confirmer ou annuler l'utilisation de la température de la soude à 75°C.

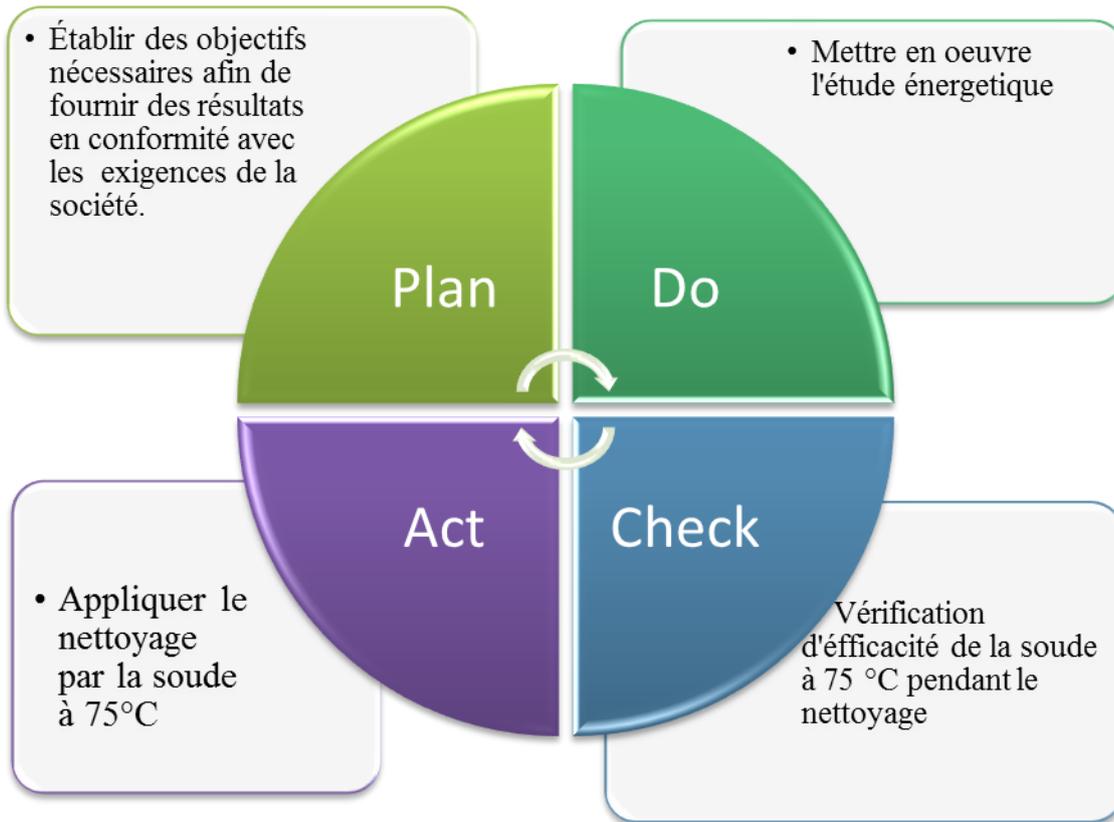


Figure 12: Cycle PDCA

### III.3.1. Consommation énergétique actuelle

Pour mieux mener à bien la présente étude, nous avons comparé la consommation d'énergie actuelle et celle désirée, afin de déterminer le gain de la quantité d'énergie. Cette étude comprend deux étapes :

- Dilution de la soude
- Chauffage du mélange.

La première étape est : le traitement de la soude est sa dilution :

- Le mélange dilué à 50 % doit être re-diluée à 20 %.
- Le mélange doit avoir une température de 85 °C.

La température initiale du mélange (37.5 % soude et 62.5 % d'eau) se calcule comme suit :

$$T_i = \frac{(\text{volume eau} * T_{\text{eau}}) + (\text{Volume soude} * T_{\text{soude}})}{\text{Volume total}}$$

$$T_i = \frac{(37.5 * 22) + (62.5 * 21)}{100} = 21,4^{\circ}\text{C}$$



100

La deuxième étape est le chauffage du mélange de la soude et d'eau :

Pour calculer la quantité de chaleur dont la soude a besoin pour augmenter sa température de 21.4 °C à 85 °C, nous utilisons la formule suivante :

$$\Phi = m \times C_p \times \Delta T$$

- m : débit massique de mélange de dilution, kg/h.
- Cp : Chaleur massique
- ΔT : différence de température.

Débit massique (m) :

Débit massique (kg/h) = débit volumique (m<sup>3</sup>/h) × masse volumique (Kg/m<sup>3</sup>)

Débit massique = 18 m<sup>3</sup>/h × 56,95 kg/m<sup>3</sup>

Débit massique = **1 025.1 kg/h**

Chaleur massique (Cp) :

La chaleur massique de mélange se calcule comme suit :

$$C_p = (\% \text{ eau} \times C_p \text{ eau}) + (\% \text{ soude} \times C_p \text{ soude})$$

$$C_p = (0.625 \times 4.18) + (0.375 \times 2.09)$$

Cp = **3.4 KJ/Kg/°K**

Donc, la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter la température de 21,4°C à 85°C est de:

$$\Phi = m \times C_p \times \Delta T$$

$$\Phi = 1025.1 \times 3.4 \times (85 - 21.4)$$

$$\Phi = \mathbf{221\ 667.63\ KJ/h}$$

Le fonctionnement de ces installations est de 24H/24, alors la quantité de chaleur journalière est de:

$$\Phi = 24 \text{ h} \times 221\ 667.63 = \mathbf{5\ 320\ 023.12\ kJ/j}$$

Donc, la quantité de chaleur consommée pour un enlèvement de température e 21,4 à 85°C est de :

$$\Phi = \mathbf{5\ 320\ 023.12\ kJ/j}$$

Des optimisations peuvent être faites pour diminuer cette consommation en énergie, par diminution de température de la circulation de la soude de 85°C à 75°C.

III.3.2. Consommation énergétique désirée

A cet égard, nous calculons la quantité de chaleur de la soude à une température de 75°C :

$$\Phi = m \times C_p \times \Delta T$$

$$\Phi = 1025.1 \times 3.4 \times (75 - 21.4)$$

$$\Phi = \mathbf{186\ 814\ kJ/h}$$

Le fonctionnement des installations est de 24H/24 ;

Rapport-gratuit.com  
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRE

Rapport-gratuit.com

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRE

Faculté des Sciences et Techniques - Fès

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzar – FES

☎ 212 (0)5 35 60 29 53 Fax : 212 (0)5 35 60 82 14



Donc la quantité de chaleur qu'on a besoin pour augmenter sa température de 21,4°C à 75°C, est de : 186 814 kJ/h. d'où :

$$\Phi = 4\ 483\ 536\ \text{KJ/j}$$

### III.3.3. Gain énergétique

La quantité de chaleur de la soude a besoin pour augmenter sa température de 10 °C :

$$\Phi = 1025.1 \times 3.4 \times 10$$

$$\Phi = 34\ 853.4\ \text{KJ/h.}$$

L'entreprise va réduire une quantité de : 34 853.4 KJ/h, d'où :

$$\Phi = 836\ 481.6\ \text{KJ/j}$$

### III.3.4. Etude financière d'économie d'énergie

La société utilise du fioul lourd pour la production de la vapeur afin de réchauffer la soude, avec un pouvoir calorifique de 12 kWh/kg et 1kWh = 3600 kJ.

D'après les résultats obtenus, nous avons trouvé que la consommation énergétique journalière perdue est de 836 481.6 KJ/j.

$$\text{Donc : } 836\ 481.6\ \text{KJ/j} / 3600 = \mathbf{232.356\ kWh/j}$$

$$\text{Avec 1 kg de fioul} = 12\ \text{kWh}, \text{ cela nous donne : } 232.365 / 12 = \mathbf{19.37\ Kg/j}$$

Donc, la quantité consommée du fioul par jour est de 19.37 kg. Où 1 kg de fioul coûte 3,7 DH

Alors le coût d'énergie est de :  $3.7 \times 19,37 = \mathbf{71,67\ DH/j.}$

Tableau 29: Consommation d'énergie et de fioul lors l'élévation de la température.

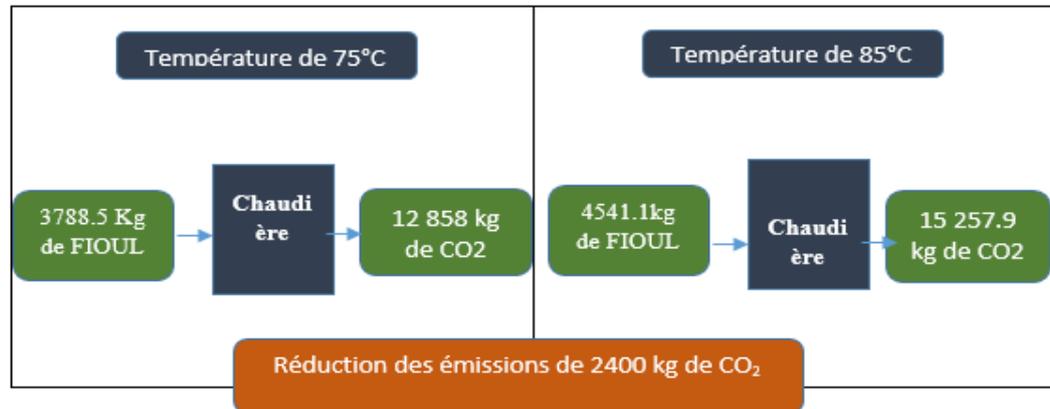
Elévation de température	Consommation d'énergie en kWh/j	Consommation de FIOUL en Kg/j	Consommation de FIOUL en DH/j
De 63.6 °C (85 °C - 21.4)	1 477.841	125.48	464.27
De 53.6 °C (75 °C- 21.4)	1 254.476	103.82	384.15
De 10 °C	232.356	19.37	<b>71.67</b>

Les résultats obtenus nous montrent que la diminution de la température de 10°C, nous permettra de bénéficier par jour, une consommation d'énergie de **232.365 kWh**, d'où **72 DH**.

### III.3.5. Etude environnemental

Le contenu en CO<sub>2</sub> d'une activité humaine a pour objet de quantifier les émissions de gaz à effet de serre d'origine

anthropique qui peuvent lui être imputées. Le contenu en CO<sub>2</sub> dépend des facteurs d'émission des intrants liés à



cette activité et en particulier des facteurs d'émission associés aux sources d'énergie utilisées. Les facteurs d'émission associés aux sources d'énergie correspondent pour l'essentiel à des émissions de CO<sub>2</sub>.

La mesure réelle des facteurs d'émissions des différentes sources d'énergie permettent d'établir des bilans d'émissions et par suite d'investir dans des procédés « réduire la température » nécessitant moins de ressources énergétiques fossiles de manière à moins affecter le climat.

Figure 13: Emission de CO<sub>2</sub> dans deux différentes températures

### III.3.6. validation d'efficacité de la température

*Pour approuver la température de la soude « 75°C au lieu de 85°C », nous avons proposé d'expérimenter le travail à l'échelle de laboratoire, où nous avons utilisé une mini cuve d'une capacité de 50 kg, Les étapes suivantes illustrent le mode opératoire réalisé sur cette cuve.*

Tableau 30: Mode opératoire pour une baisse la température à l'échelle laboratoire

N°	Etapas
1	Rincer la cuve à l'alcool et à l'eau distillée
2	Remplir la cuve par le moût trouvé dans les fermenteurs réels
3	Laisser 16 h « le temps de la fermentation »
4	Vider la cuve
5	Rinçage préliminaire à l'eau froide pendant 2 secondes



6	Nettoyage à la soude pendant 53 secondes
7	Rinçage final à l'eau froide lors 2 secondes
8	Contrôle d'état sur la cuve après nettoyage
9	Analyser les souillures existées dans le rinçage préliminaire et le rinçage final

- Analyses physico-chimiques

Les souillures trouvées dans l'eau du rinçage préliminaire et dans l'eau du rinçage final ont subi un ensemble d'analyses physico-chimiques :

- ✓ Dureté de l'eau ;
- ✓ Dosage de l'azote ;
- ✓ Dosage du phosphate.

❖ Protocole des analyses physico-chimiques

Dureté d'eau

L'analyse de la dureté est procédée comme suit :

Prendre 10 ml d'échantillon, et compléter à 100 ml avec l'eau distillée dans un erlenmeyer, dans lequel nous avons ajouté 5 ml de la solution tampon (qui stabilise le pH en 10) et un indicateur coloré (NET), nous versons progressivement la solution d'EDTA (l'éthylène diammine tétra-acétique) dans l'erlenmeyer à l'aide d'une burette graduée jusqu'au virage de l'indicateur du violet-rose au bleu. On note le volume de la solution d'EDTA versée.

**Réaction chimique**

En milieu assez basique (pH=10), et en présence de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  ( $\text{X}^{2+}$ ), nous obtenons les complexes  $(\text{Ca Y})^{2-}$  ou  $(\text{Mg Y})^{2-}$  où  $(\text{XY})^{2-}$  très stable et incolore selon l'équation :



Le noir d'éricrome T (NET) est bleu à pH =10 et nous notons ( $\text{In}^{3-}$ ), et en présence de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , il forme un autre complexe rose  $(\text{CaIn})^-$  ou  $(\text{MgIn})^-$ , où  $(\text{XIn})^-$  moins stable que les précédents, selon l'équation :



Après l'ajout d'EDTA qui forme un complexe plus stable, ce qui régénère  $\text{In}^{3-}$  qui est bleu.

Dosage d'azote



Le dosage d'azote ou la méthode de KJELDAHL se réalisera par l'addition de 10 ml de l'échantillon à analyser à un catalyseur dans un tube puis le mettre dans un digesteur à 360°C pendant 1H, cette étape est pour but de dégrader la matière organique azotée sous la forme de sel d'ammonium : « Minéralisation ».

Suivi d'une étape de distillation de l'ammonium par l'ajout de la soude en excès pour changer le pH « acide à base » pour transformer l'ammonium sous sa forme volatile en ammoniac :  $\text{NH}_4^+ + \text{NaOH} = \text{Na}^+ + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Après l'obtention de l'ammoniac, nous passons à la 3<sup>ème</sup> étape de la distillation, où L'ammoniac est recueilli dans une solution d'acide borique ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), il sert simplement de pièger l'ammoniac, ce dernier est neutralisé au fur et à mesure de son arrivée par une solution étalonnée d'acide sulfurique.

On a donc:  $\text{NH}_3 + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+$

1 ml d'acide sulfurique correspond à  $0.7 \cdot 10^{-3}$  g d'azote.

#### Dosage du phosphore

L'analyse du phosphore partage même étape de la minéralisation avec le dosage d'azote, suivi d'un ajout dans une fiole:

- 5 ml de métol : joue le rôle d'un catalyseur ;
- 3 ml de bisulfite de sodium : c'est un réducteur qui diminue le degré d'oxydation ;
- 5 ml heptamolybdate d'ammonium : élément de transition qui se complexe avec le phosphore
- Complete la fiole de 50 ml par l'eau distillée

Laisser l'échantillon repose 30 minutes afin de stabiliser la couleur bleu, et passer à la spectrophotométrie pour lire l'absorption à 660 nm.

$$\text{Quantité du phosphore} = (A \cdot 50 \cdot 2 / \text{Prise d'essai})$$

#### **Résultats physico-chimiques**

Les résultats physico-chimiques d'eau de rinçage préliminaire et final, en utilisant la soude à des températures différentes, 75°C et 85°C, sont mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 31: Résultats physico-chimiques d'eau du rinçage à des températures inégales



Analyses	Type de rinçage	Température de la soude 75°C	Température de la soude 85°C
Dureté de l'eau	Rinçage préliminaire	4,9ml	4,9 ml
	Rinçage final	2,34 ml	2,3 ml
Quantité d'azote	Rinçage préliminaire	$4,96.10^{-3}$ g	$4,75.10^{-3}$ g
	Rinçage final	$0,014.10^{-3}$ g	$0,012.10^{-3}$ g
Quantité du phosphore	Rinçage préliminaire	3,14 mg	2,80 mg
	Rinçage final	0,02 mg	0,01 mg

Afin de savoir l'effet de la température de la soude, nous avons calculé le taux de réduction entre le rinçage préliminaire et le rinçage final à deux températures différentes.

Tableau 32: Taux de réduction entre le rinçage préliminaire et le rinçage final à températures différentes

Analyses	Taux de réduction	
	Température de 75°C	Température de 85°C
Dureté de l'eau	52,25%	53,06%
Quantité d'azote	99,72%	99,75%
Quantité du phosphore	99,36%	99,64%

La figure suivante est une représentation graphique récapitulant les données du tableau ci-dessus :

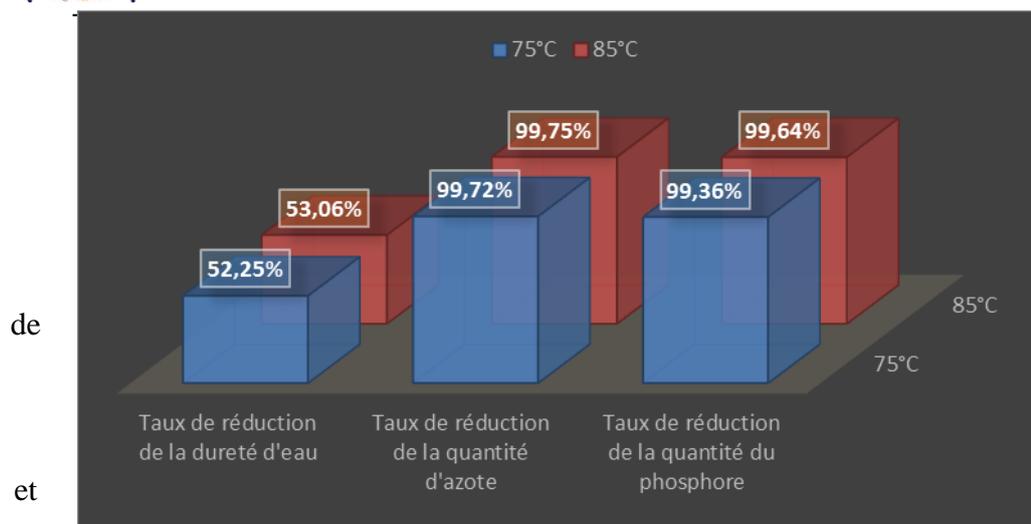


Figure 14: Taux de réduction de la dureté d'eau, la quantité d'azote et la quantité du phosphore à

deux températures différentes

Après, ces résultats, nous pouvons dire que la température de la soude à 75°C, est efficace pour éliminer le majeur des souillures organiques et minérales.

- Analyses microbiologiques

Un échantillon du rinçage préliminaire et final dans différentes températures « 75°C et 85°C », ont été analysées microbiologiquement, afin de déterminer le nombre des germes existés.

Tableau 33: Résultats microbiologiques d'eau à une température de la soude de 75°C et 85°C

Analyses	Type de rinçage	Température de la soude 75°C	Température de la soude 85°C
Flore mésophile aérobie totale	Rinçage préliminaire	492	520
	Rinçage final	10	8
Coliformes totaux	Rinçage préliminaire	1	0
	Rinçage final	0	0
Traces de levure	Rinçage préliminaire	820	760
	Rinçage final	0	0



Concernant les analyses microbiologiques, nous pouvons affirmer que les résultats de ces deux températures sont conformes aux la norme. Pour cela, nous avons calculé le taux d réduction entre le rinçage préliminaire et le rinçage final, de tous ces germes cités dans le tableau précédent.

Tableau 34: Taux de réduction des microorganismes à différentes températures de la soude

Germes	Taux de réduction	
	Température de 75°C	Température de 85°C
Flore mésophile aérobie totale	97,97%	98,46%
Coliformes totaux	100%	100%
Traces de levure	100%	100%

Le graphe ci-dessous résume le taux de réduction d'un ensemble des microorganismes dans deux températures, 75°C et 85°C.

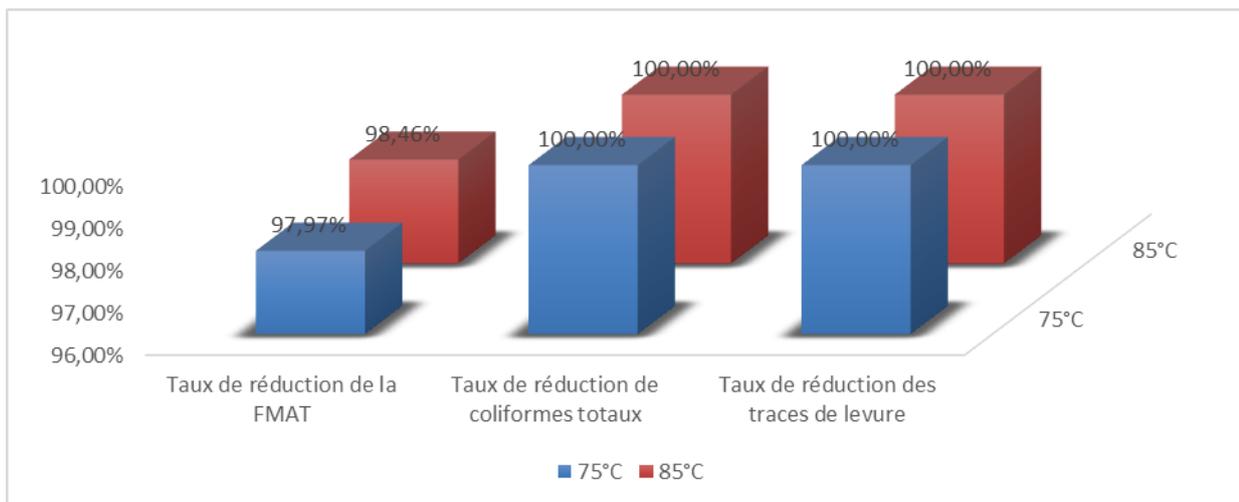


Figure 15: Taux de réduction des germes dans deux températures différentes

A l'échelle laboratoire, nous pouvons conclure que, la température de 75°C de la soude est efficace pour un bon nettoyage, car elle est apte de réduire un taux de 99% des microorganismes, et nous estimons d'avoir une grande probabilité d'effectuer à l'échelle industrielle, mais cela nécessite une étude théorique et expérimentale d'extrapolation.

## Conclusion



Le maintien de la qualité des produits dépend beaucoup des conditions dans lesquelles ils ont été fabriqués, ainsi que le succès commercial de l'entreprise est fonction en grande partie de cette qualité, en fait consommer moins et produire plus reste la devise de chaque industrie.

**La première mission durant ce projet, est de définir les zones du terrain, d'étudier le système du nettoyage et d'analyser son état actuel, qui nous a permis de détecter les problèmes qui affectent ce système, qui sont la grande quantité des effluents à cause de non fixation du temps du nettoyage et la perte énergétique du réchauffement de la soude.**

La seconde mission et d'évaluer le système du nettoyage en place, qui est divisée selon plusieurs axes à savoir:

- Fixation du temps de nettoyage dans les deux zones « séchage et fermenteurs », les valider microbiologiquement et une automatisation de ces durées par le GRAFCET ;**
- Essai d'un double rinçage final afin de perfectionner le système du nettoyage et que le pH convient au pH de l'eau du robinet ;**
- La grande quantité des effluents vers les égouts, donne idée sur une étude de la récupération d'eau du dernier rinçage et la réutiliser comme un rinçage préliminaire dans le prochain nettoyage, où le profit de cet investissement se rend pendant 3 ans avec un gain de 202 876 DH.
- Optimisation de la température de la soude de 75°C au lieu de 85°C à l'échelle laboratoire avec une validation physico-chimique et microbiologique, ce qui semble être réalisé à l'échelle pilote, qui permet de rendre un gain de 72 DH/j, en prime d'une protection d'environnement où une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 2400 Kg.

Cette étude d'optimisation de la température de la soude, n'est pas satisfaisante pour passer à l'échelle pilote, parce que nous avons besoin d'une étude d'extrapolation profonde des conditions d'environnement des fermenteurs.

Malgré quelques contraintes rencontrées lors de déroulement de ce projet, Nous pouvons dire que les objectifs en consommation d'eau et d'énergie sont été réalisés en suivant la démarche précédente ; dans lequel nous avons atteint le but de chaque entreprise, d'avoir un produit de bonne qualité et moins des charges.





## Références bibliographiques

LEVEAU Jean-Yves, BOUIX Marielle, 1999 : Nettoyage, désinfection et hygiène dans les bio-industries.

FEVIA Wallonie, service public Wallonie, 2010 : Economie d'énergie dans l'industrie alimentaire.

CRITT-agroalimentaire : Dossier technique « Nettoyage et désinfection » dans le cadre de l'action collective d'efficacité des opérations de Nettoyage et Désinfection.

MANGO Michel, 2005 : Etude de l'efficacité des procédures de nettoyage et de désinfection des surfaces dans une unité de transformation laitière artisanale.

EL OTMANI Hanae, 2015 : Application d'un Système de Management Energétique par l'étude des bilans thermiques et optimisation de la consommation énergétique, selon l'ISO 50001.

## Annexe

### Annexe 1 : suivi du nettoyage dans la zone de séchage

#### Fiche de suivi du temps de nettoyage en place (CIP)

Date : 06/03/2018

Equipement : Sécheur GLA

Unité : Séchage

Phases	Temps de prélèvement	Durée (min)	Durée corrigée	Observations
--------	----------------------	-------------	----------------	--------------

Rapport-gratuit.com

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRE

Faculté des Sciences et Techniques - Fès

B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

212 (0)5 35 60 29 53 Fax : 212 (0)5 35 60 82 14





Rinçage par l'eau chaude	Inspection visuelle	10	3	Ech.	1	2	3
				pH	9.71	9.71	9.38
Rinçage par l'eau froide	-	-	5				

**Fiche de suivi du temps de nettoyage en place (CIP)**

**Date :** 06/03/2018

**Equipement :** Collecteur GLATT

**Unité :** Séchage

Phases	Temps de prélèvement	Durée (min)	Durée corrigée	Observations								
Rinçage préliminaire par l'eau froide	5-2-2-1-1-1-1	13	10	Eau suffisamment claire après 10 min de rinçage								
Rinçage par l'eau chaude	3-5-2-2-2	15	12	Eau suffisamment claire								
Nettoyage par la soude	-	26	20									
Rinçage par l'eau chaude	5-1-1-1-1-1-1-1	11	5	Ech.	1	2	3	4	5	6	7	8
				pH	9.4	9.2	9.03	8.9	8.9	9.01	9.4	9.1
Rinçage par l'eau froide	5-2-2-1-1-1-1-1	15	5									

**Date :** 20/03/2018

**Equipement :** Collecteur GLATT

**Unité :** Séchage

Phases	Temps de prélèvement	Durée (min)	Durée corrigée	Observations							
Rinçage	1-1-1-1-1-1-1-1	6	10	A 6 min l'eau n'était pas claire							



préliminaire par l'eau froide	1-1-1			
Rinçage par l'eau chaude	5-2-2-1-1-1-1-1-1-1-1	17	11	A 11 min l'eau suffisamment claire
Nettoyage par la soude	-	20	20	
Rinçage par l'eau chaude	Inspection visuelle	10	1	
Rinçage par l'eau froide	5-1-1-1-1-1	10	5	

**Fiche de suivi du temps de nettoyage en place (CIP)**

**Date :** 06/03/2018

**Equipement :** Sécheur T10

**Unité :** Séchage

Phases	Temps de prélèvement	Durée (min)	Durée corrigée	Observations
Rinçage préliminaire par l'eau froide	5-2-2-2-2-1-1	15	9	Eau suffisamment claire après 9 min de rinçage
Rinçage par l'eau chaude	5-5-2-2-1-1-1	17	15	Eau suffisamment claire
Nettoyage par la soude	-	20	20	
Rinçage par	3-2-2-1	8	5	



l'eau chaude							
Rinçage par l'eau froide	5-2-2-2-1	12	5				
<b>Date : 20/03/2018</b>				<b>Equipement : Sécheur T10</b>			
<b>Unité : Séchage</b>							
Phases	Temps de prélèvement	Durée (min)	Durée corrigée	Observations			
Rinçage préliminaire par l'eau froide	1-1-1-1-1	5	5	Eau suffisamment claire après 5 min de rinçage			
Rinçage par l'eau chaude	Inspection visuelle	10	1	Eau Claire dès le début de nettoyage			
Nettoyage par la soude	-	20	20				
Rinçage par l'eau chaude	Inspection visuelle	5	3	Temps	3 min	4 min	5 min
				pH	9.95	9.16	8.92
Rinçage par l'eau froide	5-1-1-1-1-1	10	5				

**Fiche de suivi du temps de nettoyage en place (CIP)**

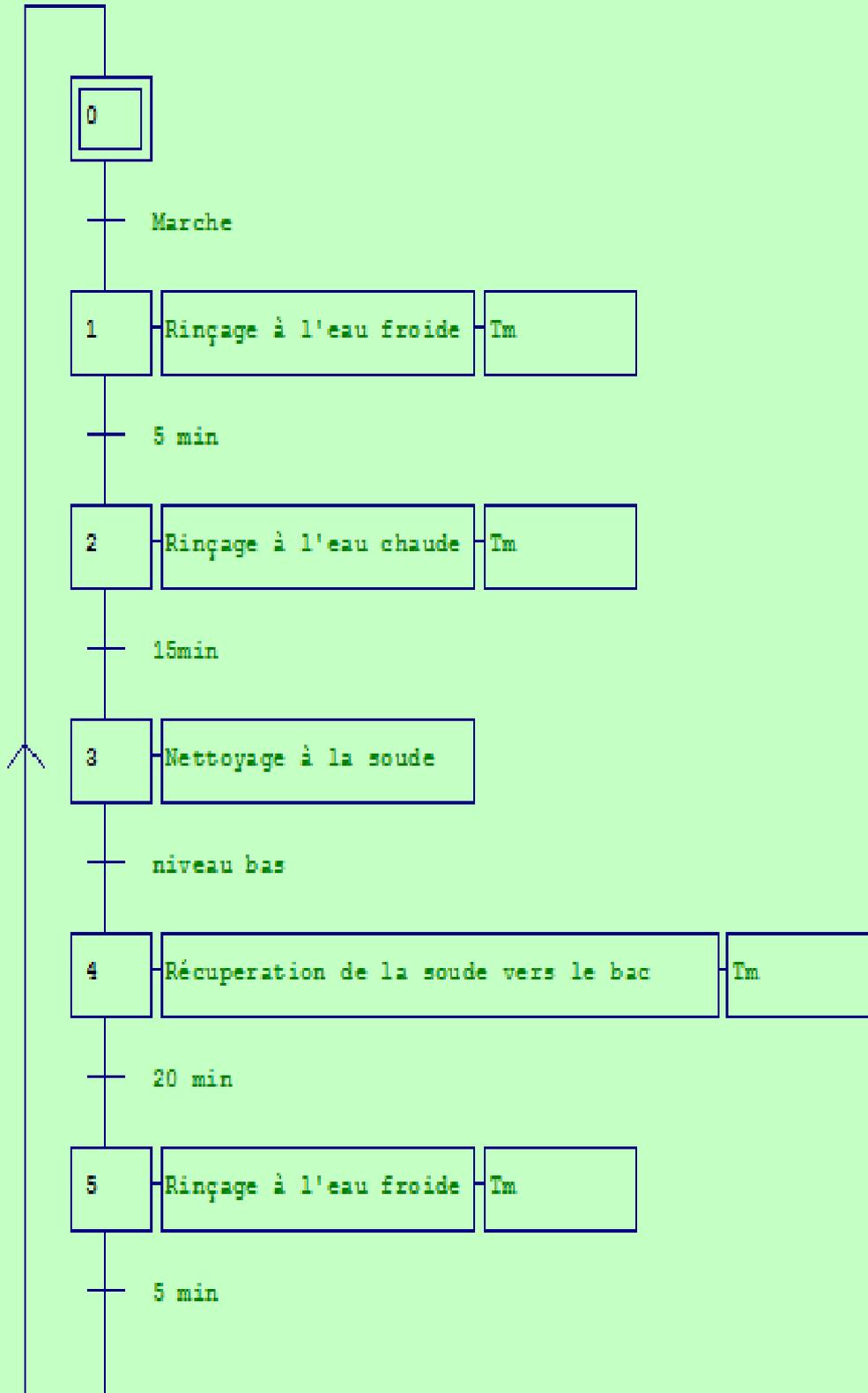
<b>Date : 06/03/2018</b>				<b>Equipement : Collecteur T10</b>			
<b>Unité : Séchage</b>							
Phases	Temps de prélèvement	Durée (min)	Durée corrigée	Observations			
Rinçage préliminaire	3-2-2-2-1-1	11	9	Eau claire après 9 min de rinçage			



par l'eau froide				
Rinçage par l'eau chaude	5-2-2-2-1- 2-2-2	15	9	
Nettoyage par la soude	-	20	20	
Rinçage par l'eau chaude	5-2-2-1	12	5	
Rinçage par l'eau froide	3-1-1	5	3	
<b>Date : 20/03/2018</b>		<b>Equipement : Collecteur T10</b>		
<b>Unité : Séchage</b>				
Phases	Temps de prélèvement	Durée (min)	Durée corrigée	Observations
Rinçage préliminaire par l'eau froide	1-1-1-1-1	5	5	Eau suffisamment claire après 5 min de rinçage
Rinçage par l'eau chaude	Inspection visuelle	8	1	Eau claire dès le début de rinçage
Nettoyage par la soude		20	20	
Rinçage par l'eau chaude	1-1-1-1-1	5	3	Eau suffisamment claire après 3 min de rinçage
Rinçage par l'eau froide	5-1-1-1-1- 1-1-1	12	5	



Annexe 2 : GRAFCET pour le système de nettoyage en place dans la zone d





**Annexe 3 : Extrait de suivi du nettoyage dans la zone de fermentation**

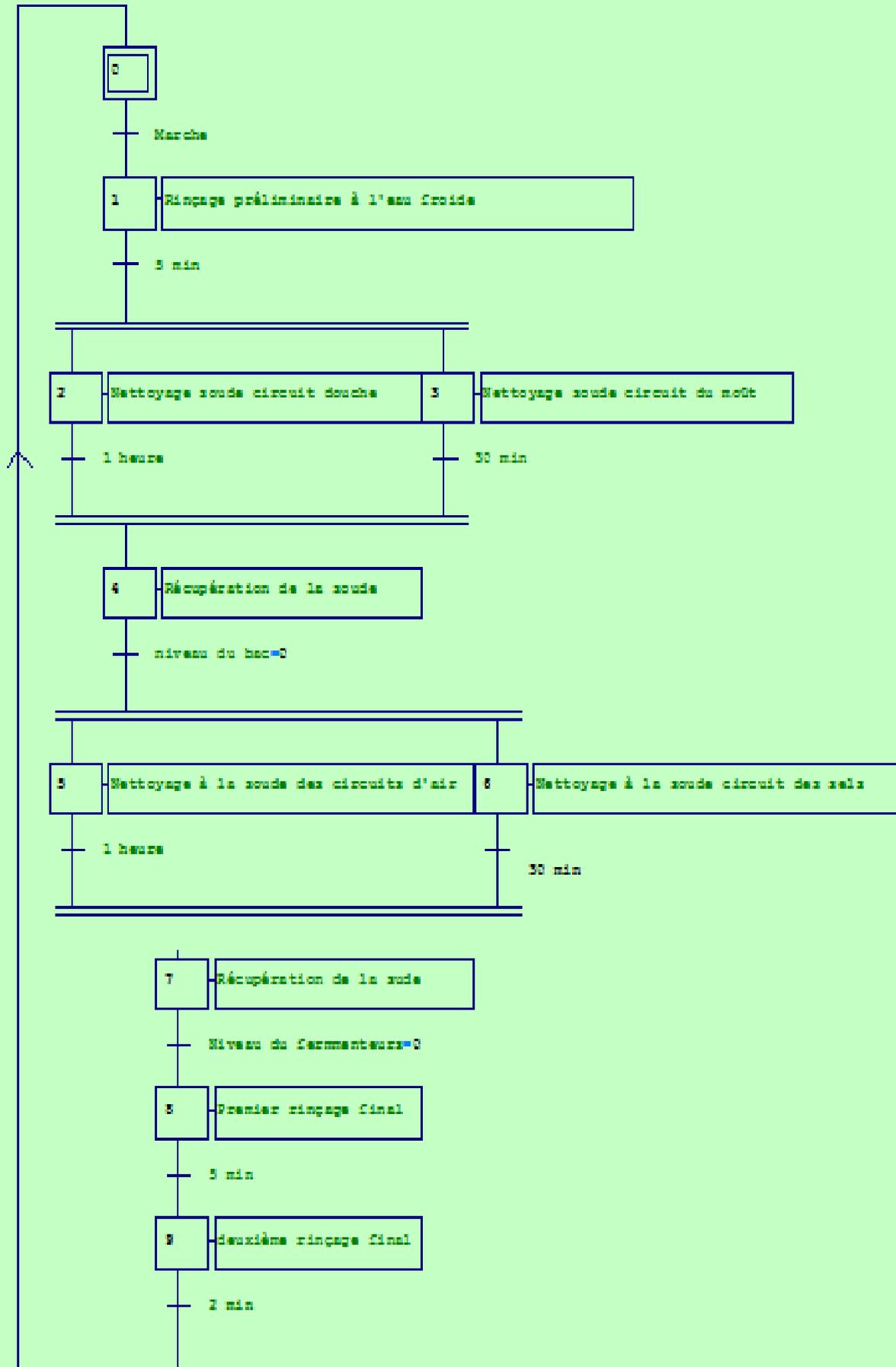
Date : 13-03-2018		Equipement : F 7													
La zone : Fraîche		Durée totale du nettoyage : 2h 05 min													
Les phases	La durée	Les observations													
Rinçage préliminaire	10 min 9 min														
Nettoyage par la soude	1h30 1h17	Niveau de bac : 3m.08 Niveau de bac : 2.64													
Récupération de la soude	15 min 20 min														
Rinçage final	10 min 10 min	Ech.	Ech	1	2	2	3	3	4	4	5	6	7	8	8
		pH	pH	2.42	0.45	5.1	8.83	33	0.92	9.81	9.86	8.94	8.94	8.94	8.96



Date : 14-03-2018		Equipement : F 4						
La zone : Fraîche		Durée totale du nettoyage : 2 h 03 min						
Les Phases	La durée	Les observations						
Rinçage préliminaire	10 min							
Nettoyage par la soude	1 h 30	Niveau de bac : 2 m 20						
Récupération de la soude	15 min							
Rinçage final	8 min	Ech.	1	2	3	4	5	6
		pH	9.14	8.74	9.07	9.47	9.51	9.71



Annexe 4 : GRAFCET de système du nettoyage dans la zones des fermenteurs





**Stage effectué à : LESAFFRE-Maroc**



**Filière Ingénieurs IAA**

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat**

**Nom et prénom: TAZI- CHERTI Zineb**

**Année Universitaire : 2017/2018**

**Titre: Evaluation du système de nettoyage en place au sein de la société LESAFFRE-Maroc**

**Résumé**

Dans un contexte de forte concurrence entre les entreprises agroalimentaires, l'amélioration continue constitue une question primordiale pour assurer leurs pérennités.

Dans cette démarche que la société LESAFFRE-Maroc a adopté une évaluation du système de nettoyage en place, qui a été effectuée afin de perfectionner sa méthode. Pour cela, nous avons inscrit notre projet de fin d'études sur l'évaluation des circuits du nettoyage en place, afin de minimiser le taux de consommation en eau et en énergie, par, - une fixation des durées du nettoyage dans deux zones : séchage de la levure et la fermentation, et une validation microbiologique pour assurer son efficacité ; - une réduction du pH d'eau du dernier rinçage après le passage de la soude par la réalisation de deux rinçages successifs ; - une étude analytique et financière d'une cuve de récupération d'eau du dernier rinçage et le réutiliser dans le nettoyage suivant, et enfin, - une optimisation de la température de la soude e 85°C à 75°C, en calculant les pertes énergétiques, et la valider à l'échelle laboratoire.

Les résultats obtenus nous ont permis d'émettre un certain nombre de proposition réalisable, qui seront d'un grand apport pour la société. Ainsi, une diminution du temps de rinçage, l'installation de la cuve de récupération et optimisation d'énergie permettra à l'entreprise de minimiser les charges hydrauliques et énergétiques.

**Mots clés: Système du nettoyage en place, perte énergétique, perte en eau**

*Rapport-gratuit.com*



LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRE

Faculté des Sciences et Techniques - Fès

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☎ 212 (0)5 35 60 29 53 Fax : 212 (0)5 35 60 82 14