كلية العلوم و التقنيات فاس
Faculté des Sciences et Techniques de Fès

جامعة سيدي محمد بن عبد الله
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

L'impact des paramètres d'émulsifiant sur la densité de produit fini

Présenté par :

-EL ALAMI Abdessamad

Encadré par :

-Mme. FAHSI Fatine (LESAFFRE Maroc)
-Pr. HAOUDI Amal (FST-Fès)

Soutenu Le 5 Juillet 2022 devant le jury composé de :

-Pr. KHALIL Fouad (FST-Fès)

-Pr. LHASSANI Abdelhadi (FST-Fès)

-Pr. HAOUDI Amal (FST-Fès)

Stage effectué à LESAFFRE Maroc

Année universitaire 2021-2022

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES – SAISS
B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES
Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14
Site web : http://www.fst-usmba.ac.ma

Dédicaces

A ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutient permanent venu de toi.

A mes frères et ma sœur Hind qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Mes professeurs de la FSTF qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

A toute ma famille.
A tous mes amis.
A tous ceux et celles que j'aime.

Remerciement

Les remerciements sont marques de politesse incontournable mais insuffisante pour témoigner ma gratitude envers ceux qui nous ont soutenus.

Après nos louanges à Dieu, je présente mes sincères remerciements à mon encadrante de stage **Mme. FAHSI Fatine**, Chef de l'atelier séchage, d'avoir accepté, d'encadrer ce présent projet, et aussi pour la qualité de son encadrement, ses précieux conseils, ses encouragements, ses fructueuses orientations et son soutient tout au long du déroulement de ce stage qui m'a permis, grâce au sujet que j'ai développé, d'enrichir mes connaissances théoriques et pratiques.

Mes remerciements les meilleurs s'adressent à **Pr. HAOUDI Amal** mon encadrante à la faculté des sciences et techniques pour son encadrement, ses précieux conseils, son soutien, ses encouragements, ses fructueuses orientations et sa précieuse aide dans l'accomplissement de ce projet.

Ma profonde gratitude s'adresse également à toute l'équipe de service Procédés, pour leurs accueils, leurs aides, leurs conseils et leurs écoutes.

Mes vifs remerciements vont aussi à tout le personnel de **LESAFFRE Maroc** différents services qui se sont montrés coopératifs et serviables, pour leurs aides et les nombreuses informations précieuses.

Je tiens aussi à remercier cordialement tout le corps professoral et administratif de notre faculté pour leur soutien tout au long de notre formation.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **Mr. KHALIL Fouad** et **Mr. EL HASSANI** qui ont bien accepté d'évaluer ce projet de fin d'études.

Enfin, merci à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce projet. A

tous… merci

Introduction générale

Afin d'être intégrée dans la vie professionnelle, les stages, constituent pour stagiaires une occasion idéale qui permet de relier entre les connaissances théoriques et la vie pratique.

Mon stage a été effectué au sein de la société LESAFFRE Maroc, leader national de la production de levure de panification, située au quartier industrielle « SIDI BRAHIM ». Mon stage effectué précisément dans l'atelier de séchage.

Le but de mon stage est de déterminer l'impact de la température et le débit d'émulsifiant sur la densité du produit fini de la levure sèche, par le suivit des paramètres d'alimentation en émulsifiant mise en place des solutions de régulation automatique.

En tant qu'entreprise industrielle leader dans son secteur, LESAFFRE Maroc cherche toujours à améliorer la qualité de ses produits finis, dans ce contexte ; ça m'a permis de suivre toutes les étapes de fabrication de la levure depuis le laboratoire jusqu'au produit fini en passant par l'atelier de séchage.

Ce travail n'a permis de :

→ Suivre le débit de l'émulsifiant.

→ La détermination de la température de l'émulsifiant.

→ Calculer la densité de produit fini.

Ce rapport est subdivisé en trois chapitres :

→ Présentation de la société LESAFFRE.

→ Procédé de fabrication de la levure de panification

→ Partie pratique.

Chapitre I

Présentation de LESAFFRE MAROC

1. Présentation de LESAFFRE groupe

Les industries de production agro-alimentaires apparentées en biotechnologie dont la fabrication de la levure boulangère en fait partie, détiennent une place importante.

Trois appartenant à la SOMADIR (à Casablanca et à El-Jadida).

Une unité de LESAFRRE (à Fès).

LESAFFRE Group, est le leader mondial dans le domaine de la levure, de planification et des extraits de levure, présent dans plus de 170 pays.

L'hirondelle Symbole de proximité et de fidélité, est l'emblème fédérateur du groupe LESAFFRE à travers le monde. Son siège est situé au quartier industriel SIDI BRAHIM à Fès.

L'entreprise compte, en plus du site de Production à Fès, un Bakin Center à Casablanca.

Figure 1 Logo de la Société

La politique commerciale de la société **LESAFFRE** se base sur la qualité. Bénéficiant de l'expertise et du savoir-faire du groupe LESAFFRE, LESAFFRE Maroc possède un laboratoire d'analyse qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et bactériologiques. La qualité des levures est évaluée afin d'optimiser leur Performance : force fermentative, pureté, stabilité et résistance par rapport au contexte Climatique **(BOUTSSARFINE, 2014)**

2. Historique

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

1863 **:** Acquisition du premier moulin à Marcq-en-Barœul. C'est à partir de ce site que se développera la Société Industrielle LESAFFRE qui se révélera progressivement comme l'élément moteur et le support de l'essor industriel et commercial de la branche levure du Groupe.

1895 **:** Naissance de la marque de levure l'hirondelle. Une hirondelle dont le dessin va évoluer au fil du temps, jusqu'à devenir l'emblème du Groupe en 2003.

1930 **:** L'environnement est déjà une préoccupation majeure pour LESAFFRE. C'est donc l'une des premières levureries au monde à opter pour la solution d'évaporation en remplacement de l'épuration des rejets (couteuse et imparfaite). Cette technique induit une fermentation en milieu très concentré qui permet d'obtenir une qualité irréprochable.

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 de LESAFFRE Maroc en 2006.

2007 **:** Construction d'une usine d'extrait de levure en Iowa, Construction d'une unité de production en Chine, Acquisition des activités levure de Gilde (Amérique du Sud, Royaume-Uni, Export).

2012 **:** Installation d'une station du traitement des rejets à LESSAFRE Maroc **(LESAFFRE, Département RH).**

3. Organigramme de la Société

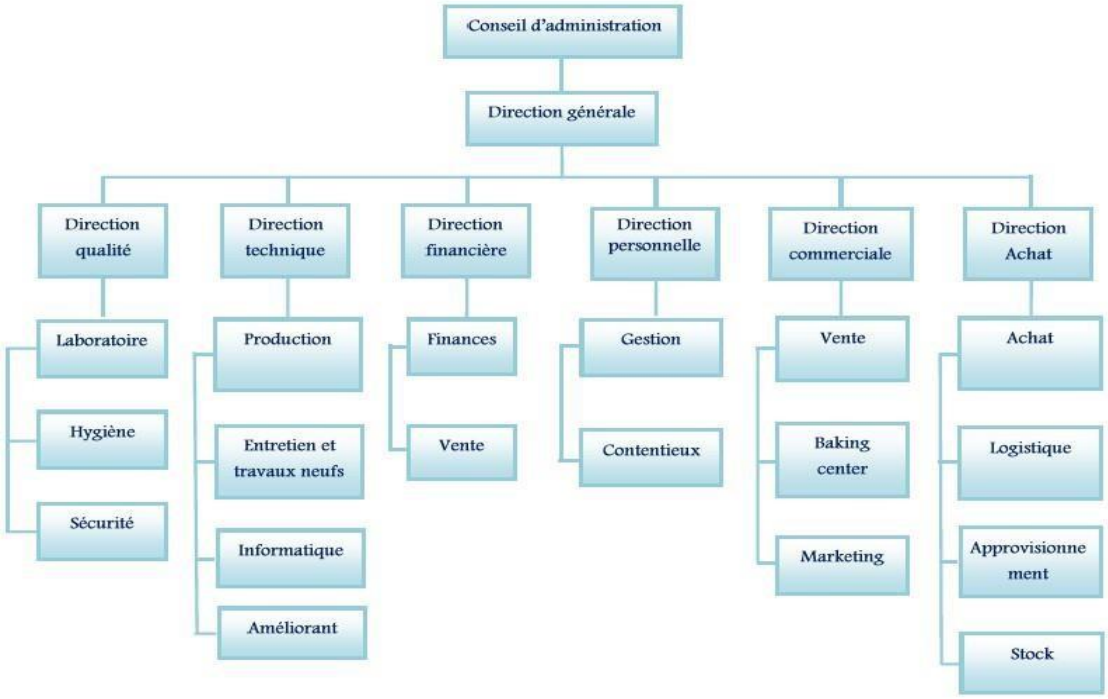


Figure 2 : Organigramme de la société

Chapitre II

Procédé de fabrication de la Levure

I. Définition de la levure

Les levures sont des micro-organismes, non photosynthétiques, chimio-hétérotrophes et sont des Champignons à thalle unicellulaire immobiles non chlorophyllien.

Lorsqu'on observe une levure au microscope électronique, on distingue, de l'extérieur vers l'intérieur, comme pour la plupart des cellules végétales, une paroi cellulaire, une membrane cytoplasmique, un cytoplasme, un noyau, des vacuoles, des ribosomes et des mitochondries.

Les cellules sont généralement ovoïdes ou sphériques, parfois cylindriques, allongées, leur taille est d'environ **20 µm en longueur** et de **1 à 10 µm en largeur.**

II. Procédé de fabrication de la levure

1. Procédé da la fabrication de levure à l'échelle laboratoire

1. 1.Ensemencement

La base de tous les produits dérivés de la levure « **LESAFFRE Maroc** » est la culture d'une souche pure de *Saccharomyces cerevisiae*. C'est à partir de cette souche pure reçue du laboratoire central (France), la société LESAFFRE Maroc importe deux souches pures de *Saccharomyces cerevisiae*, une pour la levure fraiche et l'autre pour la levure séchée. On prépare 60 tubes par

moi, 30 pour la levure fraiche et 30 pour la levure sèche contenus les cellules de levure dans une des conditions de stérilités stricte.

Après ça on ensemencer cette souche dans un ballon de fond plat (250ml) une culture riche en nutriments essentiel de la multiplication des cellules. Lorsque on obtient une masse très importante de ces cellules de levure, on peut transférer le contenu dans un ballon très grand de précédent (7L) appelé « **Carlsberg** » préparer préalablement où la levure reprendre la multiplication.

Figure 1 : Ensemencement de la souche de levure au laboratoire

2. Procédé de fabrication de levure à l'échelle industriel

2.1. Préparation de la *MELASSE*

La Mélasse c'est la matière première la plus importante pour la nutrition de la levure, constituée par un mélange de deux composantes : la canne sucrée et la Betterave, pour cela on le prépare dans des conditions bien déterminer.

Pour obtenir un Mélasse utilisable dans le procédé de production de levure il faut suivre plusieurs étapes :

- ***Dilution***

On commence par introduire la mélasse brute (22% mélasse de la canne à sucre, 78% mélasse de la betterave) dans une cuve dont la capacité est de 15 m3, ce mélange est ensuite deux fois dilué par de l'eau chaude (environ 65°C).

- ***Clarification***

La mélasse diluée passe ensuite dans un clarificateur où elle est centrifugée. Cette étape consiste à éliminer les colloïdes et les boues, ce qui permet d'éviter le colmatage des échangeurs utilisés lors de la stérilisation de la mélasse.

A la fin, la mélasse diluée et clarifiée est stockée dans des cuves MDC (Mélasse Diluée Clarifiée) à une température de 70°C.

Figure 3 : Clarificateur

- ***Stérilisation***

Avant la stérilisation, la mélasse MDC passe par échangeur à plaques, où elle circule à contrecourant avec la mélasse diluée clarifiée stérilisée MDCS, ce contact permet un préchauffage du MDC, et sa température augmente de 51°C à 82°C.

La mélasse diluée clarifiée (MDC) est stérilisée par injection de vapeur. La stérilisation est effectuée au moyen d'appareil à pression de vapeur d'eau appelé le stérilisateur. La vapeur est injectée sous pression de 3,5 bars, le contact direct de la vapeur et la mélasse MDC permet l'augmentation de la température de ce dernier de 82°C à 127°C température de stérilisation.

A la sortie du stérilisateur, un dispositif électronique permet de contrôler la température de la MDCS, si la température est inférieure à 120 °C, la MDCS est renvoyée à la cuve de stockage de la MD.

La mélasse diluée clarifiée stérilisée repasse dans l'échangeur mélasse-mélasse pour effectuer un réchauffement de MDC qui va entrer au stérilisateur, puis sort de cet échangeur à une température de 63 °C qui permettant l'élévation de la température de l'eau froide dans l'échangeur mélasse-eau.

Figure 4 : Echangeur

On a deux paramètres très importants doivent être contrôler précisément au cours de cette opération unitaire : ***la température et le temps de contact***. Il faut suivre cette opération de stérilisation pour déterminer le temps de contact entre la mélasse et la vapeur d'eau surchauffée.

La bonne gestion de ces paramètres garantie à conserver la valeur nutritionnelle de la Mélasse.

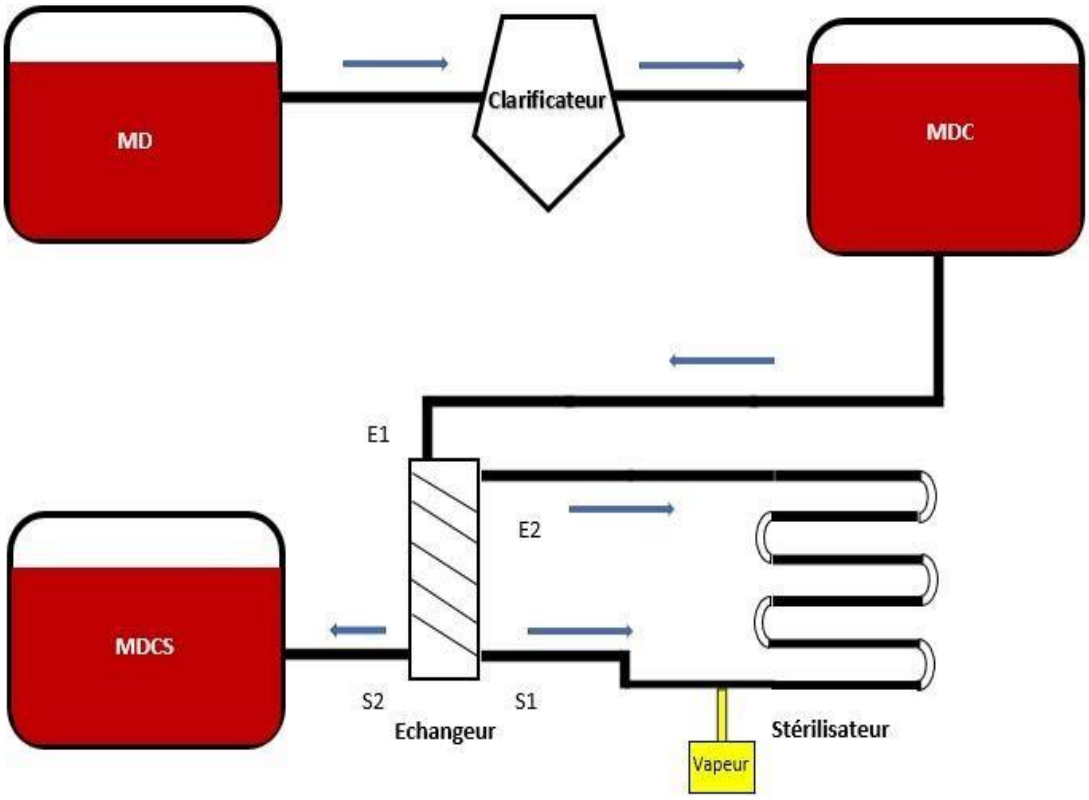


Figure 2 : Schéma de la préparation de la mélasse

2.2. Préparation des sels nutritifs essentiel de la multiplication de levure

LESAFFRE compte sur trois sels nutritifs dans la fermentation de levure qui sont le Sulfate, Phosphate et l'urée. La préparation de ces sels fait dans un des cuves propres, chaque sel préparé uniquement et mélanger avec de l'eau froide, un petit volume de l'eau de Javel, acide sulfurique pour régler le pH, et agité avec l'agitateur alimenté à la cuve.

Après ça il va transférer dans des cuves de stockages stériles liée avec chaque fermenteur par un conduite.

La densité de ces sels doive respecter :

L'urée : d = 1,05

Sulfate : 1,055

Phosphate : 1,095

2.3. Fermenteur de 800 litres

Le contenu de Carlsberg est mis dans un deux fermenteurs de 800 litres, dans lequel la levure commence pour la première fois à s'adapter à la mélasse comme milieu nutritif, stérilisé est préparé préalablement.

2.4. Pré-fermenteur

Après l'étape du fermenteur de 800 litres il vient le tour du pré-fermenteur, LESAFFRE possède deux de ce dernier qui est remplie par le contenue du fermenteur de 800 litres.

2.5. Le fermenteur F4 (levure mère)

Lorsque la multiplication de levure atteint un niveau particulier dans le pré-fermenteurs, le contenu de ce dernier est versé dans un autre fermenteur de grande capacité qui s'appelle F4 pour continue la croissance de levure mère.

La fermentation prend approximativement 16 heures selon les conditions primaires jusqu'à la levure atteindre le niveau maximal dans le fermenteur.

L'état de levure dans ce cas est liquide qu'on appelle le **« mout ».**

2.6. Séparation et Stockage da la levure mère

L'étape de séparation vient lorsque l'opération de la fermentation finie qui donne le mout. Ce dernier envoyé vers le séparateur afin de séparer la crème de levure du déchet représentée par le reste des sels nutritifs en générale. La crème obtenue est dirigée vers des cuves de stockage à une température de 4°C à but de stoppé la multiplication.

Après ça on ensemence d'autres fermenteurs par la levure mère pour obtient la levure commerciale, ce dernier passe par les mêmes étapes du fermenteur **F4** (fermenteur de levure mère).

2.7. Acidification et Salage

On acidifie la crème par l'acide sulfurique pour faire purifier la levure et éviter tout contamination des bactéries pathogènes et des micro-organismes qui nous n'avons pas besoin.

Le salage de la crème se fait dans les cuves de stockages par **NaCl** avant de la transférer vers la salle de filtration de la levure frèche ou de la levure sèche. Le rôle de NaCl est d'augmenter la conductivité des cellules de la levure et prolongé le temps de conservation, et aide beaucoup dans le séchage de la levure.

2.8. Filtration

A la sortie de cuve de stockage, la crème contient plus de 30% d'eau. Cette eau est éliminée par un tambour rotatif sous vide, constitué par plusieurs couches poreuses et de différentes épaisseurs recouvrées d'une couche d'amidon permettant le passage des molécules d'eau, lorsque la levure et étalée au-dessus de la couche d'amidon par le premier racleur qui est orienté dans le sens de rotation du tambour, il existe une pompe monté au niveau du tambour qui absorbe l'eau de la crème qui se trouve finalement étalée sur la couche d'amidon, qui est ultérieurement raclée par le deuxième racleur orienté au sens contraire de rotation du tambour pour obtenir le gâteau.

Figure 6 : Filtre rotatif utilisé pour la filtration de la crème

3. Procédée de fabrication de la levure sèche et fraiche

3.1. Fabrication et emballage de la levure sèche

Pour la levure sèche, le gâteau provenant directement de la filtration sous vide est déposé dans le **Malaxeur** pour mélanger avec un composé appelé « **Emulsifiant** ».

Le gâteau obtenu est transformé en vermicelle à l'aide d'une **grille de porosité**, ensuite elle est transférée au **sécheur à lit fluidisé** par un **convoyeur à bande** afin d'éliminer la quantité d'eux conseillé.

On distingue deux types de levure sèche :

-La levure sèche active : qui est sous forme de petits grains sphériques, sa durée de séchage est d'environ trois heures pour une quantité de 400kg à 500kg.

-La levure sèche instantanée : qui est sous forme des bâtonnets, elle a une durée de séchage réduite, durant 20 min environ pour une quantité de 1000 Kg. Elle est caractérisée par une force fermentaire supérieure à celle de la SPH.

Après le séchage, la levure passe dans un appareil d'emballage spécifique qui aspire l'air des paquets pour une conservation à longue durée.

3.2. Filtration et emballage de la levure fraîche

La filtration se fait à l'aide d'un filtre rotatif sous vide contenant une couche filtrante d'amidon. Sous l'action du vide, l'eau traverse la pré-couche et la levure se dépose sur celle-ci sous forme de gâteau. Un lavage est fait sur le gâteau obtenu par un liquide approprié toujours sous vide pour éliminer de l'eau et des sels. La levure raclée sous forme de gâteau, tombe dans des **trémies**. L'emballage s'effectue grâce à une machine spéciale, constituée d'une boudineuse, découpeuse et enveloppeuse. Quand le gâteau de la levure fraîche passe par cette machine, on a à la fin un produit fini sous forme de paquets de poids de 500 g, qu'on met en cartons disposés sur des palettes de manière à avoir un vide entre eux pour faciliter la circulation d'air froid.

Figure 3 : Jaouda 500g

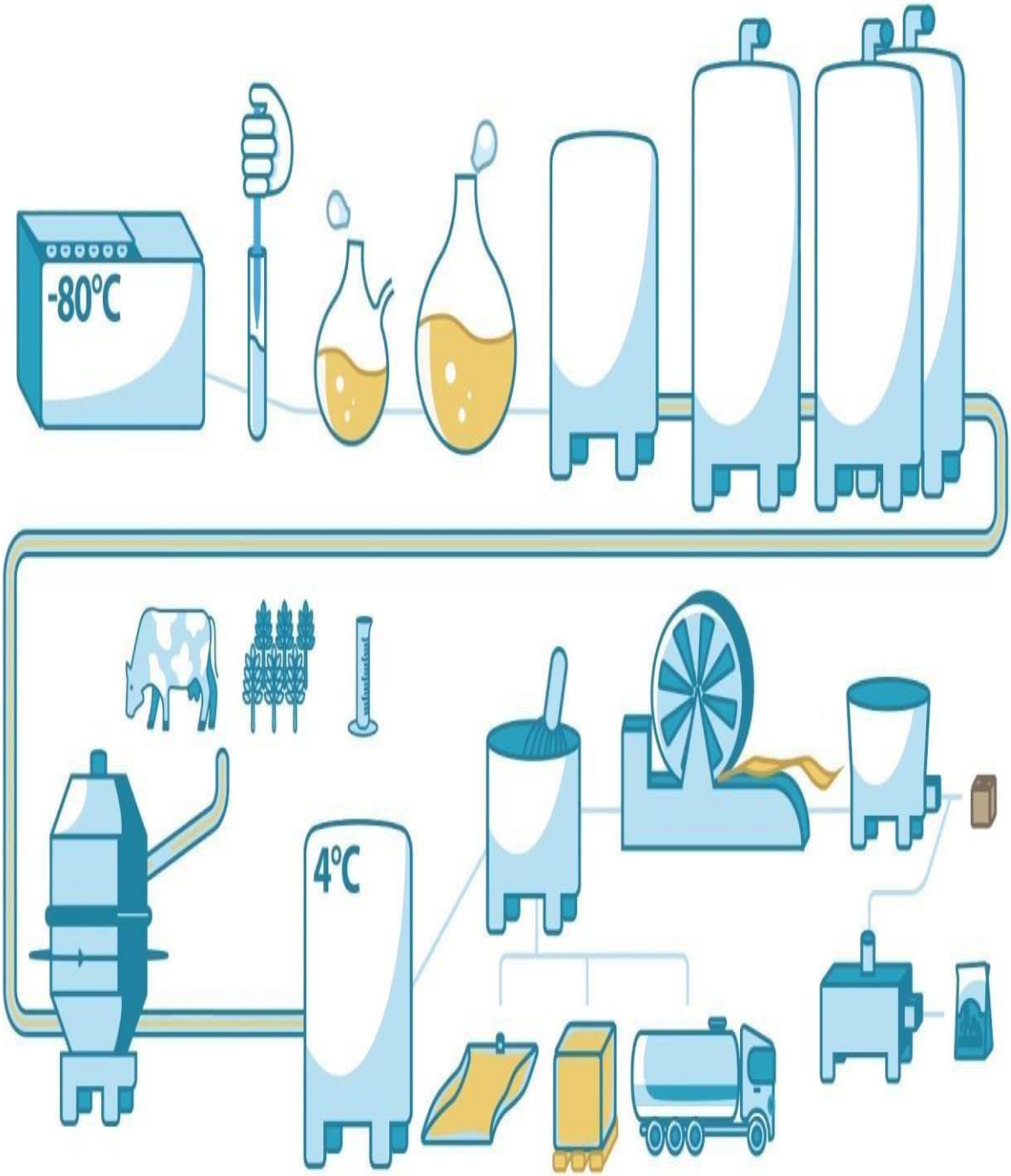


Figure 4 : Schéma représente le procédé de fabrication de la levure

CHAPITRE

III

Partie pratique

Introduction :

Mon stage est effectué dans l'atelier de séchage de la société LESAFFRE Maroc, ce chapitre comprendra une brève description de l'atelier de séchage ; une définition de l'émulsifiant ainsi que la description du système de la gestion de l'émulsifiant.

Ce chapitre sera consacré aussi à la présentation des résultats obtenu lors de mon stage et de déterminer quelque problème qui ont une influence sur la qualité du produit fini.

I. Description de l'atelier séchage

1. Définition

Le séchage est une opération unitaire qui a pour but d'éliminer par vaporisation l'eau qui imprègne un produit (liquide ou solide) afin de le transformer en produit solide sec dont l'humidité résiduelle est très faible.

2. Séchage et stabilité du produit

Le séchage est souvent utilisé pour allonger la durée de vie du produit ; en effet en même temps

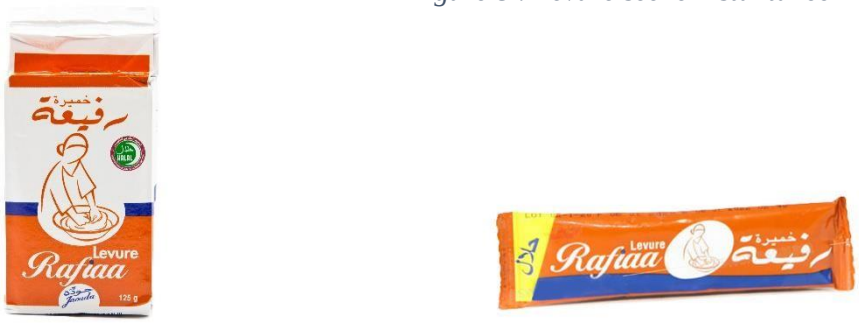
qu'on diminue l'humidité résiduelle du produit, on diminue l'eau libre disponible pour les réactions d'altération, c'est-à-dire l'activité de l'eau (**aw**) qui diminue en dessous de l'activité minimale de développement des microorganismes ; il faut néanmoins souvent descendre à des **aw** beaucoup plus faibles afin d'inhiber les réactions d'altération d'origine chimique et enzymatique.

Le séchage n'est pas une opération de sanitisation, c'est-à-dire que le séchage n'a aucune valeur stérilisatrice ou pasteurisatrice !

3. Description des équipements utiliser dans l'atelier de séchage

Parmi les produits très connus de la société Lesaffre Maroc, nous avons la levure sèche instantanée RAFIAA.

Figure 8 : Levure sèche instantanée RAFIAA



L'atelier de séchage contient deux sécheurs à lit fluidisé le premier sous le nom de « Glatt » et le deuxième sous le nom de « T10 ».

Le sécheur Glatt plus grand que le T10, il est constitué par deux bols. Lorsqu'il est fini le séchage du premier bol, les techniciens de l'atelier séchage fait pivoter le bol 1 avec le bol 2 pour le sécher. Le schéma suivant explique comment marche le sécheur Glatte durant l'étape de séchage

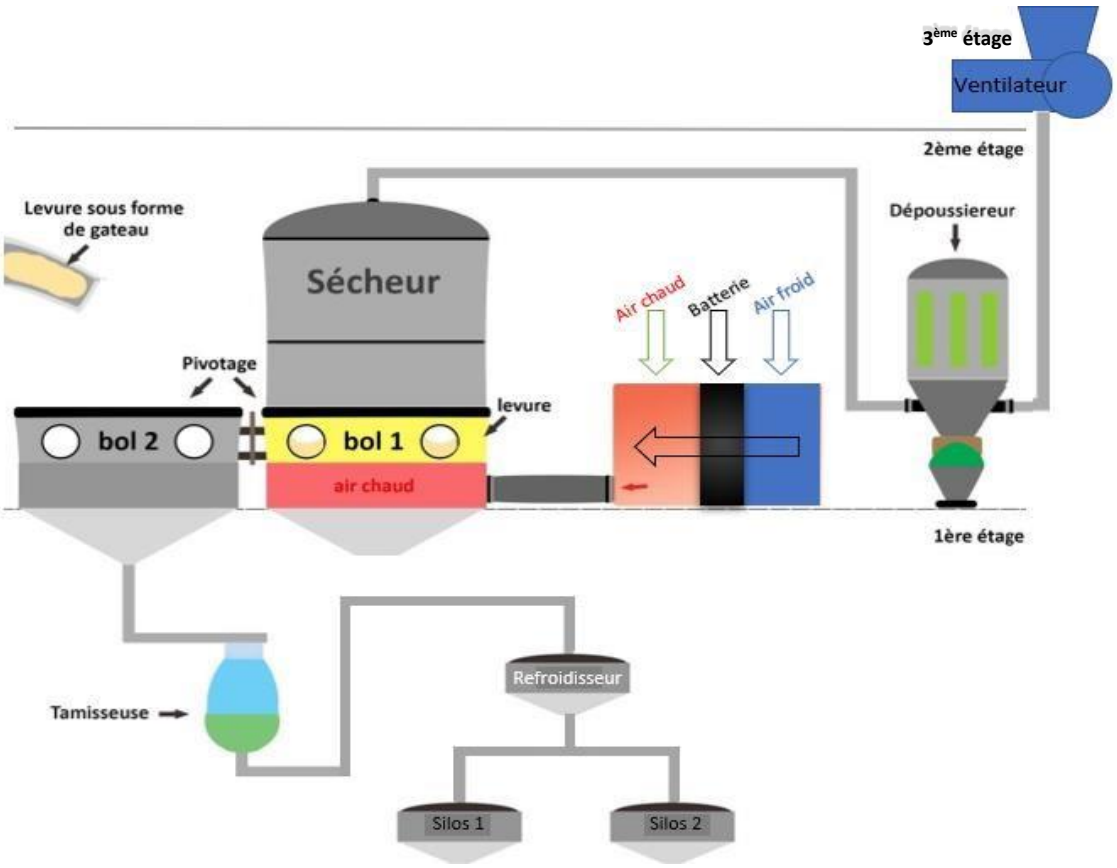


Figure 9 : Processus de séchage de la levure (Glatt)

:

Après séchage qui prendre environ 17 min, il vient le rôle des tamis. Chaque sécheur contient une tamiseuse pour éliminer les grandes particules, pour obtenir un produit finale bien ventilé et bien séché.

Figure 10 : Tamiseuse

II. Système de gestion d'émulsifiant

1. Définition

L'additif **E491** est le **Monostéarate de sorbitane** ou **L'émulsifiant**. C'est une matière absolument incontournable dans la production de levure sèche instantanée. Il est utilisé par tous les industriels de ce secteur dans le monde. Sa fonction est de protéger les

cellules de levure lors du processus de séchage et qui sert à conserver le produit plus longtemps, ainsi donne la coloration blanche dans le produit. Cet additif peut être soit d'origine animale, soit d'origine végétale. C'est donc au fabricant de choisir.

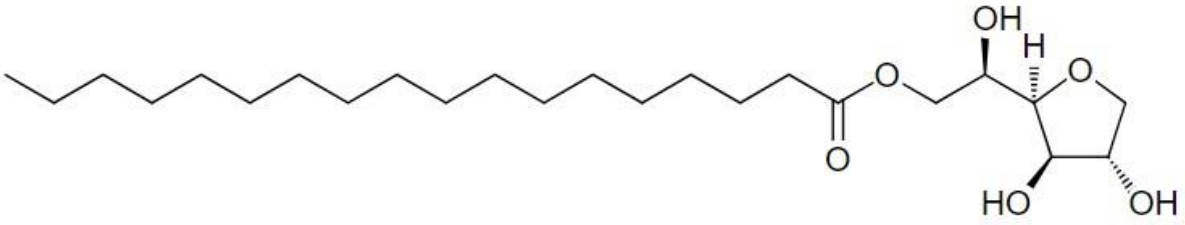


Figure 11 : Représentation topologique de Monostéarate de sorbitane

2. Système de gestion

L'utilisation de l'émulsifiant est dirigée par un système automatisé qui gère l'addition, le contrôle et la régulation du produit. Pour garder sa nature visqueuse, il faut respecter deux

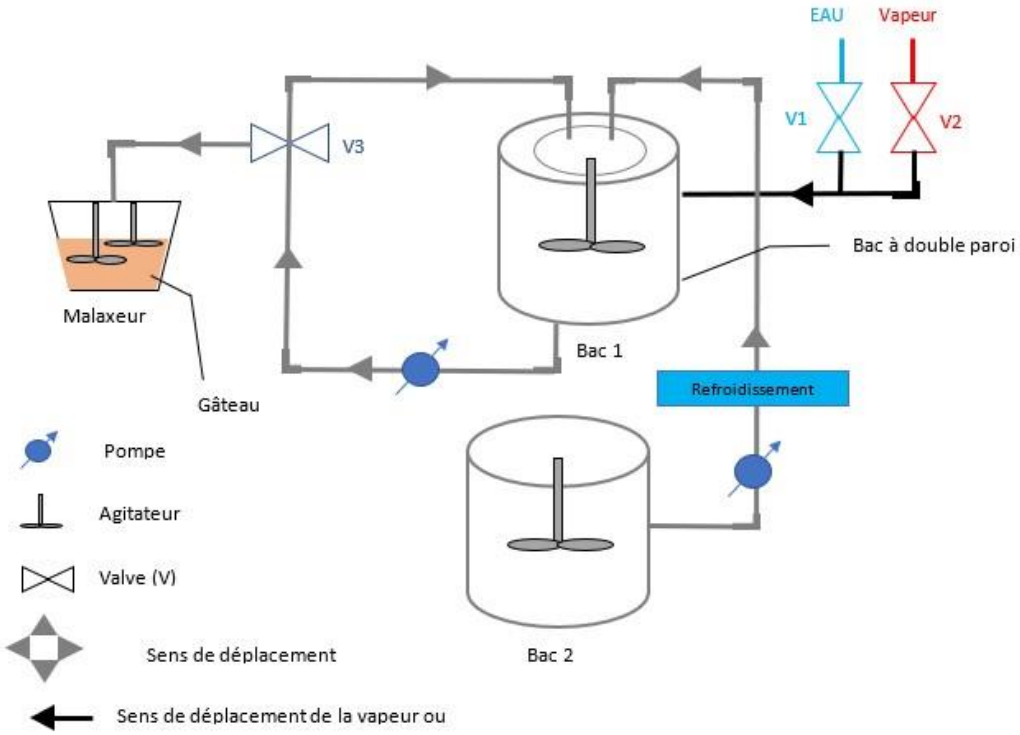


Figure 12 : Schéma simplifié de circuit de l'émulsifiant

contraintes : le garder toujours en mouvement et sa température reste stable dans l'intervalle 4045 C°.

- La préparation de l'émulsifiant utilisable se fait au niveau du bac 2 : nous mélangeons l'émulsifiant. Ensuite, nous chauffons à 80 C°.
- La pompe aspire le contenu du bac 2 pour le verser dans le bac 1 après avoir baisser sa température à 60 °C.

- Le bac 1 contient l'émulsifiant utilisable, la pompe aspire l'émulsifiant utilisable du bac 1 et le pousse vers la vanne. Cette dernière contrôle l'ajout de l'émulsifiant à la levure.

- L'émulsifiant sort du bac 2 vers le bac 1 jusqu'au remplissage de ce dernier, puis il sort par un canal fixé en bas du bac 1. Si nous avons besoin d'ajouter l'émulsifiant à la levure, la vanne s'ouvre et le laisse couler sinon elle reste fermée et le produit revient par un autre canal fixé sur la partie haute du bac 1. Alors, l'émulsifiant est toujours en mouvement.

- La température au sein du bac 1 doit être stable dans cet intervalle 40-45°C. Pour cette raison si la température au sein du bac 1 dépasse les valeurs désirées, la vanne 1 s'ouvre et laisse l'eau passer pour la baisser. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si la température est diminuée, la vanne 2 s'ouvre et laisse la vapeur passer pour chauffer l'émulsifiant.

3. Problématique

Pour rester leader mondial, la société LESAFFRE Maroc est censée maitriser le maximum possible ses coûts, ses délais et la qualité de ses produits finaux.

D'après les problèmes rencontrés souvent lors du contrôle de qualité est celui de la densité du produit final qui doit être comprise entre 63 et 64. Cette dernière est influencée par le débit d'émulsifiant qui est influencé à son tour par deux facteurs :

- La température d'émulsifiant qui doit d'être comprise entre 40-45 C°. Actuellement la gestion de la température est commandée par un système de chauffage et de refroidissement,

lorsque la température dépasse 45 C°, donc s'est avéré que la gestion de la température d'émulsifiant a besoin d'amélioration précisément lors de chauffage. Cette dernière est influencée aussi par la viscosité de l'émulsifiant qui rend le chauffage de la totalité (L'homogénéité de la température) très lent. En déclenchant le chauffage, la température des parties en contact avec le bac augmente alors que l'intérieur est toujours froid.

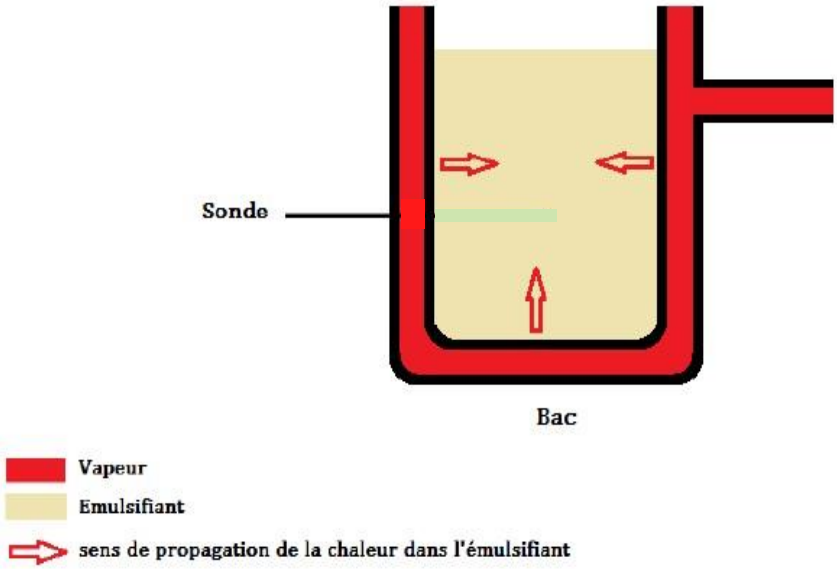


Figure 13 : Schéma de chauffage de l'émulsifiant

- Le débit de la crème est un facteur influenceur sur la densité de produit fini.

4. Mode opératoire :

a. Débit massique d'émulsifiant :

Pour déterminer le débit massique d'émulsifiant, on prend un bécher et on récupère l'émulsifiant qui alimente le malaxeur pendant une minute, puis on pèse le contenu du bécher afin de déterminer le débit massique par la relation : $D = \frac{m}{\Delta t}$

Exemple :

30/05/2022 m = 1205 g $\Delta t = 1\ min$

Donc $D = \frac{1205}{1} = 1205\ g/min$

b. Densité du produit fini :

Pour déterminer la densité du produit fini, on récupère un échantillon de la levure après séchage, puis on le tamise pour éliminer les particules de grand calibre.

Ensuite on verse le contenu du tamis dans un bécher de 100 ml et on le pèse, puis on calcule la masse volumique de la levure sèche par la relation suivante : $\rho = \frac{m}{V}$ afin de déterminer la densité par la relation : $d = \frac{\rho}{\rho eau}$ $\rho = 1\ g/ml$

III. Résultats et interprétations :

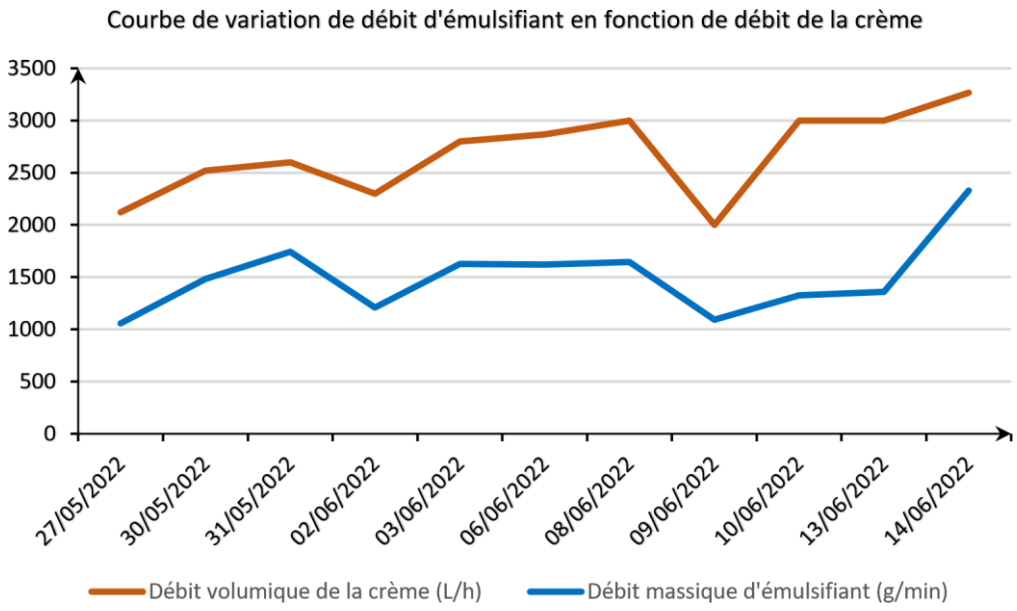
1. Détermination des paramètres de séchage

Après avoir suivi le débit massique d'émulsifiant et de sa température instantanée ainsi que le débit volumique de la crème et la masse de la charge du gâteau nous avons collecté les résultats dans le tableau ci-dessous :

DATE	Débit volumique de la crème (L/h)	Débit massique d'émulsifiant (g/min)	T (C°)	m charge (Kg) Glatte	m charge (Kg) T10	Densité Glatte	Densité T10
				Glatte	T10	Glatte	T10
27/05/2022	2120	1057,2	45,24	360	205	63,72	64,2
30/05/2022	2520	1483,6	40	340	180	61,172	61,476
31/05/2022	2600	1744,25	37,25	340	185	59,94	60,01
02/06/2022	2300	1209,5	42	340	185	63,81	63,4
03/06/2022	2800	1627,33	43	360	175	64	64,6
06/06/2022	2866,67	1620	41	360	173,33	62,97	62,6
08/06/2022	3000	1644,33	45	340	186,67	63,403	62,7
09/06/2022	2000	1091	40,67	340	190	64,33	64,99
10/06/2022	3000	1325,75	44,75	345	187,5	61,44	63,7
13/06/2022	3000	1360,5	40,75	335	180	62,91	63,8
14/06/2022	3266,67	1990	36	340	176,67	62,15	62,04

2. Diagramme DE-DC

Après avoir regroupé les résultats dans le tableau ce qui nous amène à construire le diagramme ci-après qui représente la variation du débit massique d'émulsifiant et le débit volumique de la crème.


Courbe de variation de débit d'émulsifiant en fonction de débit de la crème
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
27/05/2022
30/05/2022
31/05/2022
02/06/2022
03/06/2022
06/06/2022
08/06/2022
09/06/2022
10/06/2022
13/06/2022
14/06/2022
Débit volumique de la crème (L/h)
Débit massique d'émulsifiant (g/min)

- **Interprétation :**

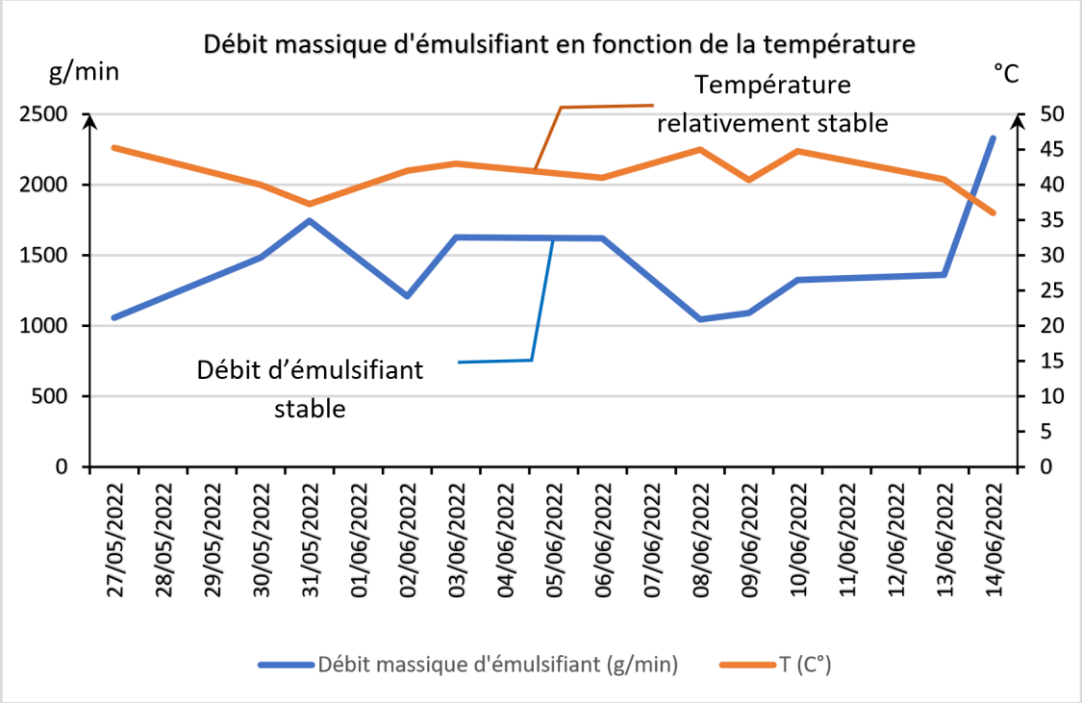
D’après le diagramme nous avons constaté que le débit massique d’émulsifiant est proportionnel au débit volumique de la crème. Lorsque le débit de la crème augmente le débit d’émulsifiant augmente aussi.

- **Conclusion :**

On constate que le débit volumique de la crème est un influenceur sur la courbe de débit massique d’émulsifiant.

3. Diagramme DE- Température :

D’après les données du tableau précédant nous avons construire le diagramme ci-après qui représente la variation du débit massique d’émulsifiant et la température :



- **Interprétation :**

D’après le diagramme nous avons constaté que le débit d’émulsifiant augmente lorsque la température diminue et inversement.

On observe d’après le diagramme que lorsque la température reste relativement stable le débit massique d’émulsifiant reste aussi stable.

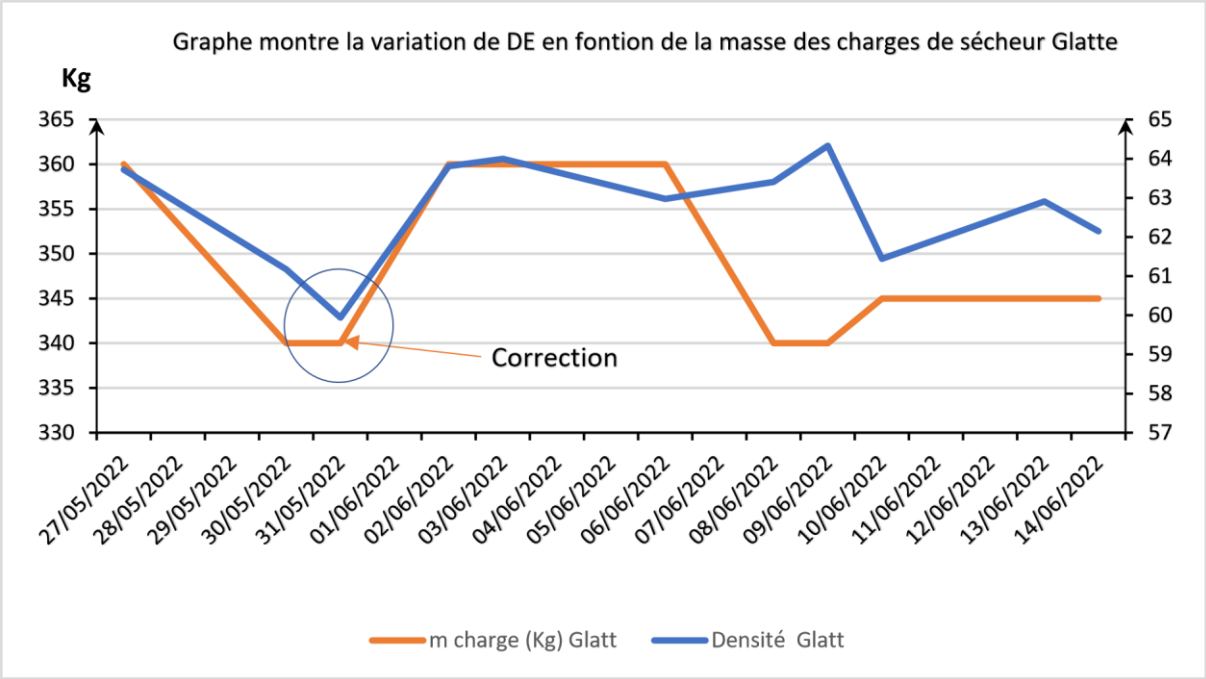
•

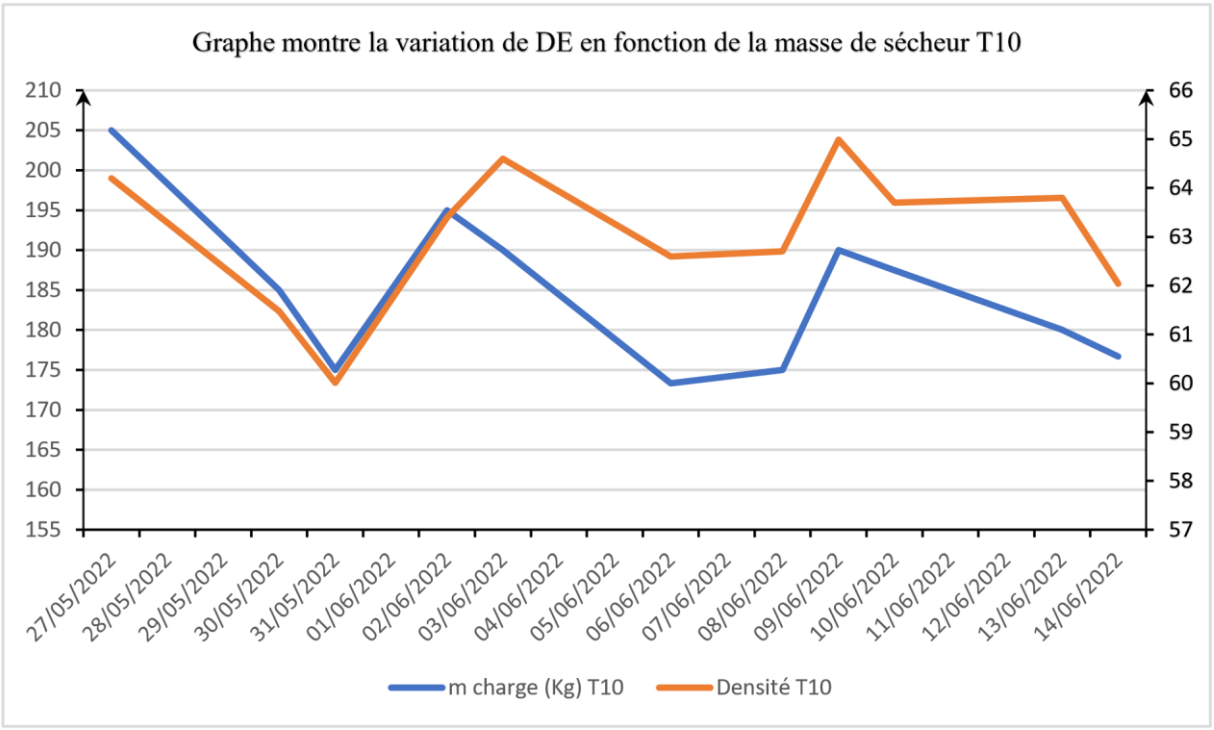
Conclusion :

On constate d'après le diagramme que lorsque la température reste relativement stable le débit massique d'émulsifiant reste aussi stable, la chose qui montre l'effet d'absence d'une régulation automatique entre le débit d'émulsifiant et de sa température, qu'il peut contrôler ces paramètres sans l'intervention manuel de techniciens de l'atelier séchage. Donc afin d'assuré un débit d'émulsifiant stable, il faut que la température soit toujours stable.

4. Diagramme DE-m_{Glatt} et m_{T10}

•





Interprétation :

On remarque d'après le diagramme dans la période de 27/05/2022-30/05/2022 que la courbe de la masse de charge Glatt et la courbe de densité de produit fini est similaire. Mais après la correction de la masse de charge qui montré par la flèche orange dans le diagramme par les techniciens de l'atelier, on observe que lorsqu'on diminue la masse de charge la densité de produit fini est augmenté et inversement, de même pour le sécheur T10.

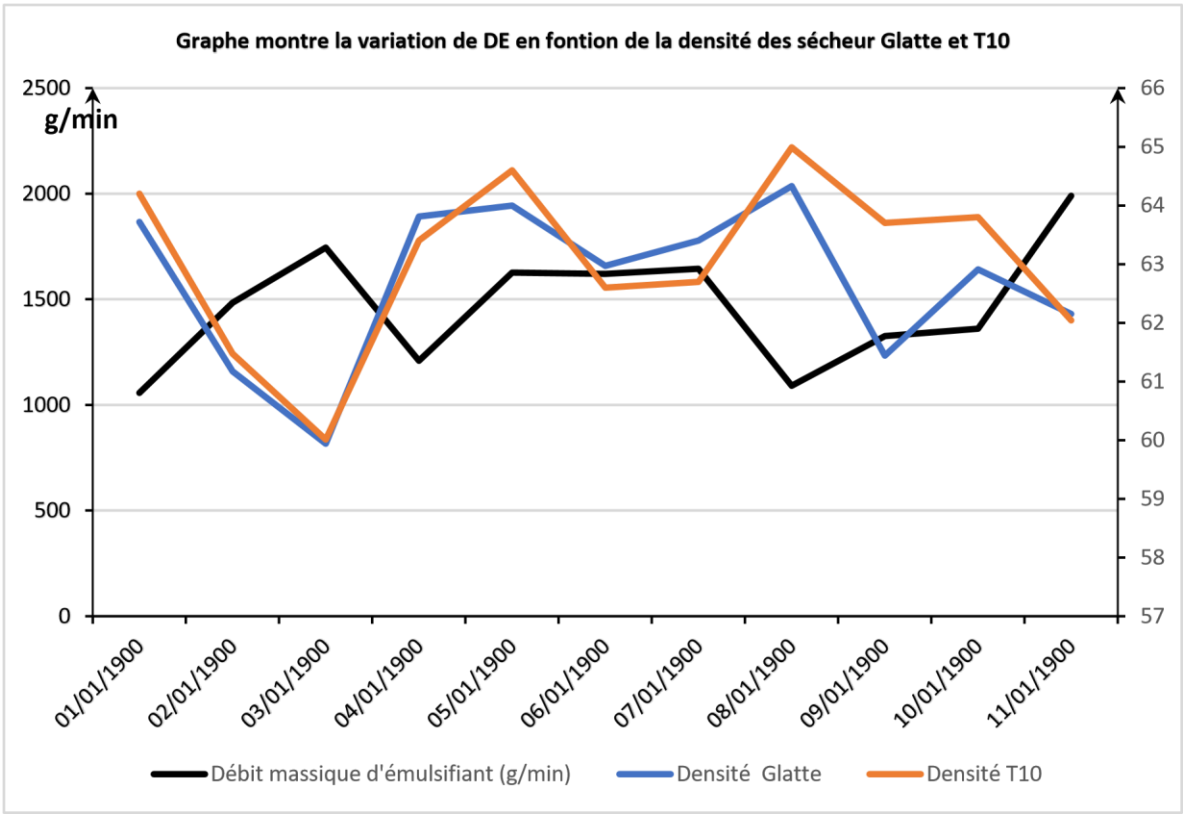
•

• **Conclusion :**

On constate que la densité du produit fini n'est pas influencée uniquement par le débit d'émulsifiant, mais aussi par la masse de la charge demandé, lorsque la densité diminue on doit augmenter la masse de la charge pour maintenir la densité à la valeur d = 63, et lorsqu'on observe une diminution ou une augmentation sur la densité on constate que le débit d'émulsifiant est varié donc on doit modifier la masse de la charge pour diminuer un peu l'effet de l'émulsifiant.

La masse de la charge est un paramètre efficace pour contrôler la densité de produit fini sans varier le débit massique d'émulsifiant, donc il faut changer toujours la masse lorsqu'on observe une grande perturbation sur la densité.

5. Diagramme DE-d_{Glatt} et d_{T10}



- **Interprétation :**

Le diagramme montre que lorsque le débit massique d'émulsifiant augmente on observe que la densité du produit fini est diminuée et inversement.

- **Conclusion :**

On constate que l'effet de l'émulsifiant sur la densité de produit fini est très apparent, il faut toujours contrôler manuellement en raison d'absence une régulation automatique.

6. Proposition des solutions :

- Pour assurer un débit massique d'émulsifiant stable, il faut toujours homogénéiser sa température dans le bac, et pour se faire il faut développer la performance de l'agitateur du bac qui contient l'émulsifiant, il doit être fonctionner avec une vitesse adéquate afin d'obtenir une bonne diffusion de chaleur vert le centre du bac.
- La vitesse d'agitation doit être importante pour homogénéiser la température et la viscosité d'émulsifiant.
- Voir la possibilité de mise en place d'une régulation automatique du bac de consommation d'émulsifiant, pour adapter le débit de ce dernier avec sa température afin d'obtenir un débit stable.
- Voir la possibilité de mise en place un débitmètre monté à la sortie de la sonde capable de déterminer le débit d'émulsifiant.

Figure 14 : Débitmètre

7. Conclusion

Le projet de fin d'études que j'ai effectué au sein de société Lesaffre Maroc a été une occasion pour mettre en pratique mes connaissances acquises lors de mon cursus universitaire à la Faculté des Sciences et Techniques Fès. La problématique à laquelle j'ai essayé de porter une solution était l'impact d'émulsifiant et sa température sur la densité du produit fini.

Après études nous avons constaté que la densité de produit fini est influencée par plusieurs facteurs, et l'émulsifiant reste le premier facteur, et qui est aussi influencée par sa température dans lequel on trouve une perturbation au niveau de la viscosité ce qui affecte sur le débit d'émulsifiant, alors la vitesse d'agitation doit être importante pour homogénéiser la température et la viscosité d'émulsifiant, et aussi voir la possibilité de mise en place une régulation automatique du bac de consommation d'émulsifiant pour contrôler la température.

Donc on trouve que la densité de produit fini est affectée par des facteurs directs et indirects :

-Facteur direct : émulsifiant

-Facteurs indirects : débit volumique de la crème, la température d'émulsifiant, la masse des charges à chaque demande.

Par ailleurs, ce stage a été pour moi une occasion d'intégrer le monde du travail, il m'a permis de montrer mes capacités à travailler en équipe. J'ai aussi appris de nouvelles choses, j'ai essayé de mettre mes connaissances au service de la société et j'espère que j'ai été à la hauteur de leurs attentes.