

Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Département: **G**énie **I**ndustriel



LST de Génie Industriel

Projet de Fin d'Etudes

Amélioration du système de neutralisation des eaux usées

Lieu : LESAFFRE MAROC

Référence : 03 / 13 GI

Préparé par :

◆ KHANNIJI HOUDA
◆ MZOURI RHIZLANE

Soutenu le 12 Juin 2013 devant le jury composé de :

- Pr. M.EL HAMMOUMI (Encadrant FST)
- Pr. A.CHAFI (Examinateur)
- Pr. H.KABBAJ (Examinateur)
- Mr. H.EL YAMLOULI (Encadrant société)

Année Universitaire
2012_2013

Sommaire

I.	Introduction	4
	• Partie 1 : présentation de la société LESAFFRE MAROC.	
II.	Historique :	5
II.1	Présentation du Groupe LESAFFRE.....	5
II.2	Chiffres clés.....	6
II.3	Les activités.....	6
II.4	LESAFFRE dans le monde	7
II.5	Présentation de la société LESAFFRE Maroc- SODERS	8
III.	Organigramme LESAFFRE MAROC.....	8
	• Partie 2 : Processus de fabrication de la levure de boulangerie	
IV.	Généralités sur la levure	9
V.	Fabrication et conditionnement de la levure.....	10
V.1	Processus de fabrication de la levure sèche et de la levure fraîche	10
V.2	Levure de boulanger	15
	• Partie 3 : étude du projet	
VI.	Introduction	15
VII.	Principe de fonctionnement du système de neutralisation des eaux usées	16
VIII.	Les éléments du système.	17
VIII.1	La fosse.....	17
VIII.1.1	Les flotteurs	17
VIII.2	Les deux pompes de la fosse	17
VIII.2.1	fonctionnement.....	17
VIII.3	Le bac de neutralisation	20
VIII.4	L'électrovanne.....	22
VIII.4.1	Fonctionnement	22
VIII.5	Transmetteur.....	22
VIII.5.1	Description	22
VIII.6	L'enregistreur RSG30	24
VIII.6.1	Description et fonctionnement	24
VIII.7	L'armoire électrique	24
VIII.8	Pompes doseuses	26

IX.	Liste des alarmes	27
X.	Les problèmes détectés :.....	28
XI.	Solution proposée :.....	29
XII.	Evaluation des solutions proposées.....	30
XIII.	Conclusion.....	36
XIV.	Bibliographie.....	37

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail

➡ A nos très chers parents ;

Aucun mot ne pourrait assez exprimer l'amour profond que nous vous portons.

➡ A nos très chers frères et sœurs ;

Nous vous dédions ce travail témoignant de notre grand respect et affection.

➡ A notre encadrant et professeur EL HAMMOUMI

➡ A notre encadrant, Hassan EL YAMLOULI

➔ A tout le cadre administratif de la FST et d'entreprise LESAFFRE.

➔ A tous nos chères amies

REMERCIEMENTS

Au terme de notre stage effectué au sein de l'entreprise LESAFFRE MAROC, nous avons l'honneur de présenter nos sincères remerciements au directeur générale de la société **Mr. Damien LESAFFRE** ainsi qu'au directeur adjoint **Mr. Mohammed ELKHAMLICHI**.

Tous nos sincères remerciements vont à notre cher professeur **Mr. Mohammed EL HAMMOUMI** pour son encadrement, son soutien, ses conseils et ses fructueuses orientations, ainsi pour sa disposition et sa générosité.

De même, on remercie **Mr. Hassan ELYAMLOULI** pour son encadrement, son aide précieux, et pour nous avoir accueilli au sein du service maintenance, ainsi pour les informations techniques qu'il nous a fourni durant notre stage.

Nous profitons aussi l'occasion pour remercier toute l'équipe LESAFFRE MAROC et plus particulièrement Messieurs Maazouz, Youssef, Allal, Agdal, Younes, pour nous avoir accordé de leur temps précieux en répondant à toutes nos interrogations s'intéressant notre projet, pour leurs conseils et leur disponibilité.

I. Introduction

Le stage dans une industrie constitue un élément primordial dans la formation de chaque étudiant afin de mieux connaître le milieu de travail, d'améliorer ses connaissances dans le domaine industriel et de renforcer ses acquis théoriques.

Une installation de neutralisation moderne entièrement automatisée a été placée récemment comme dernière étape de traitement des eaux usées au sein de l'entreprise LESAFFRE Maroc. La neutralisation des eaux usées a ainsi été réalisée grâce à la mise en œuvre de composants d'un circuit de régulation, parfaitement adaptés les uns aux autres.

Durant notre période de stage au sein de l'entreprise LESAFFRE Maroc on a eu l'occasion de suivre le fonctionnement d'un système de neutralisation des eaux usées, on a détecté certains problèmes contribuant à ne pas atteindre l'objectif désiré, et on a proposé des solutions améliorant le fonctionnement du système.

Le prétraitement des eaux usées consiste à rendre le pH des eaux usées dans un intervalle donné avant de le rejeter dans les milieux naturels vue ses grave conséquences sur la nature et les animaux marins.

Notre travail comporte trois parties principales :

- Partie 1 : présentation de l'entreprise LESAFFRE Maroc ; cette partie sera porté sur l'historique et quelques chiffres clés de l'entreprise LESAFFRE Maroc
- Partie 2 : processus de fabrication de la levure de boulangerie ; cette partie donne un aperçu sur la levure et explique le processus de fabrication de la levure sèche et de la levure fraîche
- Partie 3 : étude de projet ; dans cette partie on va décrire le fonctionnement du système de neutralisation des eaux usées, en suite on va citer les problèmes détectés ainsi que les solutions proposées, et finalement l'évaluation des solutions

- **Partie 1** : présentation de la société LESAFFRE MAROC.

II. Historique :

II.1 Présentation du Groupe LESAFFRE

La société LESAFFRE MAROC est l'une des principales filiales du groupe agroalimentaire LESAFFRE, leader mondial en matière de production de la levure de panification, groupe familial français indépendant, il est présent sur les cinq continents et compte plus de 7000 collaborateurs.

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 de site de production à Fès, un Baking center à Casablanca, celui-ci constitue une vitrine des produits LESAFFRE où les boulangers peuvent suivre des formations et voir des démonstrations afin de consolider leurs connaissances et améliorer leur savoir faire.

La politique commerciale de la société LESAFFRE se base sur la qualité de la levure. Bénéficiant de l'expertise et du savoir faire du groupe. LESAFFRE MAROC possède un laboratoire d'analyse qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques et bactériologiques. la qualité les levures est ainsi sans cesse évaluée afin d'optimiser leur

performance : force fermentative, pureté, stabilité et résistance par rapport au contexte climatique.

L'entreprise bénéficie d'une reconnaissance à l'échelle mondiale puisqu'elle a reçu deux trophées :

- ◆ Le trophée du prestige arabe en 1984 à Barcelone.
- ◆ Le trophée du prestige international en 1985 à Madrid.

II.2 Chiffres clés

LESAFFRE en quelques chiffres :

- ⊕ Un groupe créé en 1853 est toujours détenu par la famille LESAFFRE.
- ⊕ Environ 1,3 milliard d'euros de chiffre d'affaire en 2010.
- ⊕ 7000 collaborateurs.
- ⊕ Une cinquantaine de sites de production.

- ⊕ Plus de 60 implantations commerciales.
- ⊕ Une présence commerciale dans plus de 170 pays.
- ⊕ 25 centres Baking Center.

II.3 Les activités

LESAFFRE est aujourd'hui présent dans plus de 170 pays, il est considéré à l'échelle internationale comme le leader incontesté dans l'activité Levure & Panification. LESAFFRE est également un intervenant majeur dans les domaines du goût, de la nutrition, de la fermentation et de la distillerie.

➤ Panification :

Expert dans la maîtrise de la fermentation, LESAFFRE conçoit et propose des solutions de panification qui garantissent un produit fini de qualité et des services performants.

LESAFFRE propose une large gamme de levure toujours plus adaptées aux besoins des professionnels ainsi que les ingrédients et des améliorants correspondants aux nouvelles tendances de consommation.

Les applications en boulangerie et en panifications sont multiples et complexes, et répondent à des attentes géo-localisées.

Grâce à son réseau international, le groupe connaît parfaitement les contraintes culturelles du pays de chacune de ses implantations. Il apporte des solutions adaptées et cohérentes aux spécificités de chacun en prenant notamment en compte les spécialités et interdits alimentaires, les matières premières, etc.

➤ Goût et nutrition :



LESAFFRE exploite les vertus de la levure dans l'alimentation humaine et animale.

Fort de ses connaissances en matière de levure de panification, Lesaffre répond à des demandes très spécifiques de l'industrie agroalimentaire et pharmaceutique.

Il propose ainsi :

- ⊕ Des produits obtenus par fermentation et bioconversion utilisés pour leurs propriétés aromatisants et nutritionnelles.
- ⊕ Des prestations industrielles au service des professionnels de l'agroalimentaire et de la pharmacie.

➤ **Fermentation et distillerie :**

Pour LESAFFRE, s'adapter et répondre aux besoins précis de chaque professionnel, c'est également sélectionner la bonne souche de levure qui permettra d'obtenir la qualité et les caractéristiques souhaitées dans la fermentation alcoolique.

L'offre de LESAFFRE s'articule autour de quatre gammes pour répondre aux attentes de ses clients :

Levures de basserie, levures et produits de levure pour l'œnologie, spiritueux et boissons fermentées, levure pour Ethanol Carburant.

II.4 LESAFFRE dans le monde



Figure 1 : les sites de production et de commercialisation du group LESAFFRE dans le monde

Afin d'être au plus près de ses clients, Lesaffre compte plus de 35 sites de production ainsi que de nombreuses sociétés commerciales et de distribution.

Son statut d'expert dans le domaine des levures et extraits de levures ainsi que sa volonté d'adaptation aux exigences des marchés internationaux, ils ont fait une référence mondiale sur ses marchés Levure & Panification et Nutrition & Santé.

II.5 Présentation de la société LESAFFRE Maroc- SODERS

Crée en 1975 sous le nom de SODERS, LESAFFRE Maroc est depuis 1993 majoritairement détenue par le Groupe français Lesaffre. Elle ainsi devenue la première entreprise privatisée du Maroc.

Elle bénéficie de l'expérience et de la maîtrise technique du Leader mondial de la fabrication de levure de panification.

D'un capital de 450 000 000 DH et sur une superficie de 2 hectares, elle emploie 160 personnes, qui bénéficient d'une politique salariale attractive et des possibilités de formation continue d'un grand groupe, qui a su conserver les valeurs humaines d'une entreprise familiale.

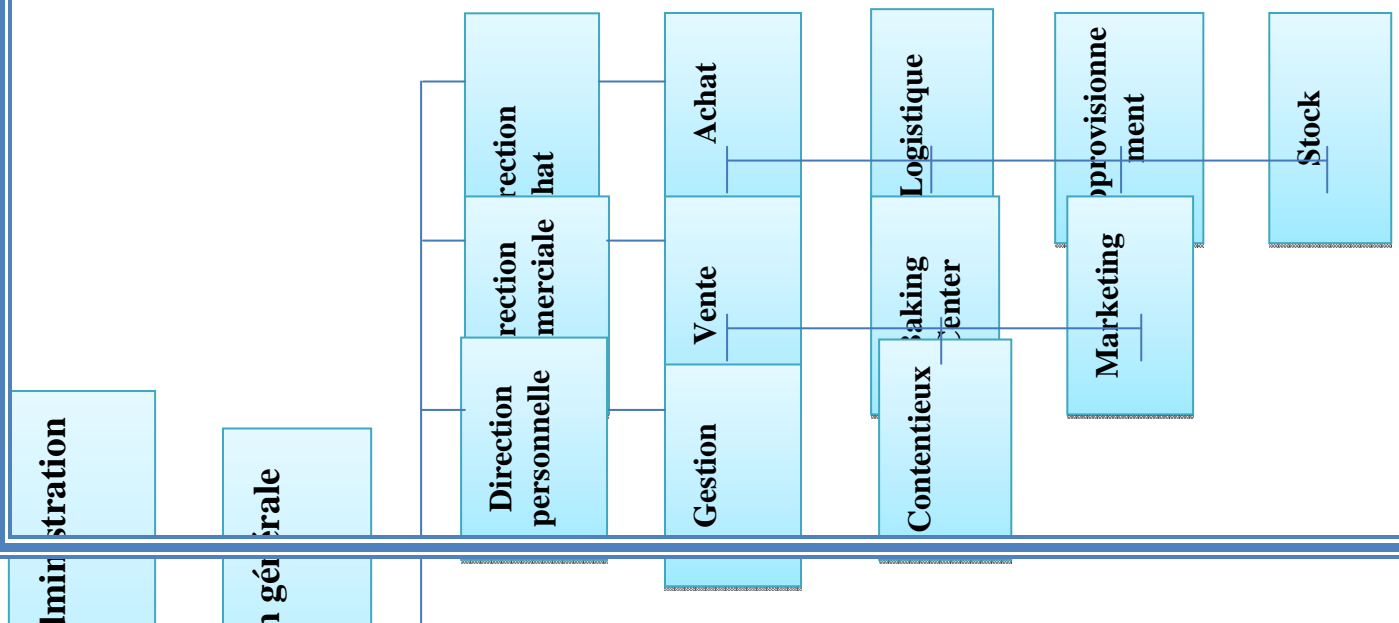
LESAFFRE fabrique et commercialise au Maroc de la levure et des améliorants de panification : les marques « Jaouda » en levure fraîche, « Rafiaa » en levure sèche, « Nevada » la levure sèche réservée à l'export en Tunisie, les améliorants de panification « Ibis » et « Magimix », ainsi que les arômes. Sa large gamme de produits a fait aujourd'hui le leader sur le marché des professionnels.

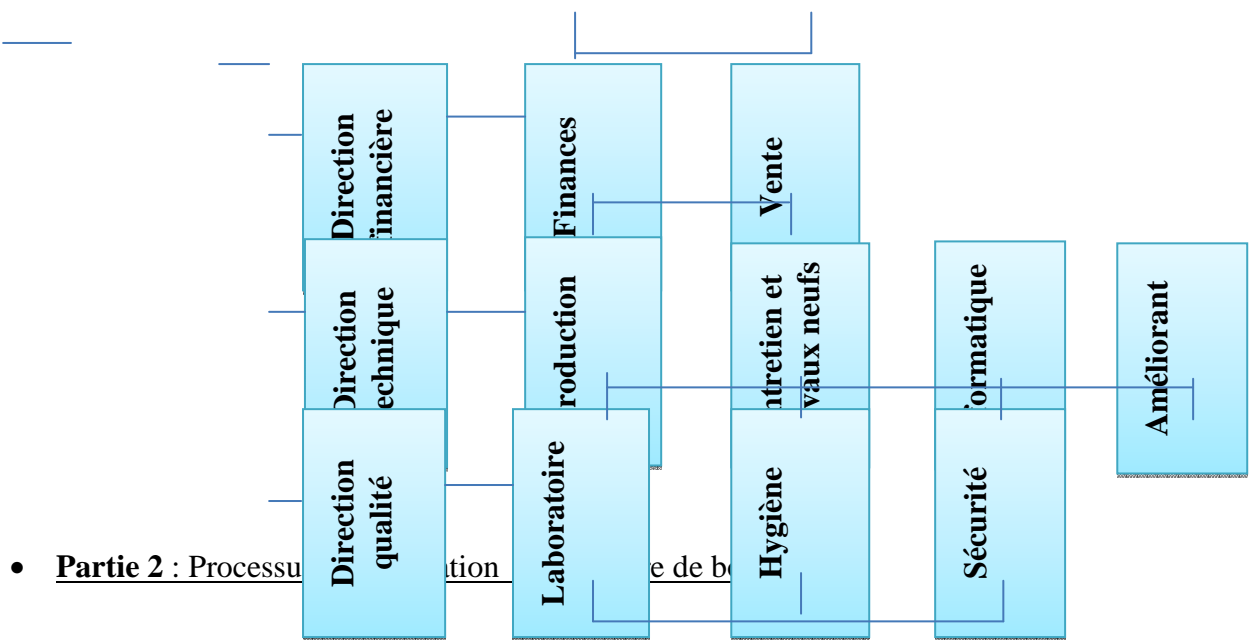
Entre 1993 et 2004, l'entreprise a investi 200 millions de dirhams dans la modernisation de ses outils de production. Consciente de la problématique du développement durable, LESAFFRE Maroc s'aligne sur les normes internationales management environnemental et investit dans la recherche sur la valorisation des coproduits de la levure.

En 2004, LESAFFRE Maroc fait l'achat de SNA : Société nouvelle de l'alimentation, elle est la spécialiste des produits de la pâtisserie au Maroc. Elle commercialise la levure et les améliorants ainsi que toute une gamme de produits de pâtisserie et un petit matériel de haute qualité.

III. Organigramme LESAFFRE MAROC

L'organigramme ci-dessous résume la voie hiérarchique de la société LESAFFRE Maroc de Fès.





- **Partie 2 : Processus**

IV. Généralités sur la levure

✿ **La découverte de la levure**

L'homme depuis toujours a utilisé la levure, et ce bien avant de savoir écrire. Les égyptiens l'utilisaient déjà pour fabriquer leur pain il y a cinq mille ans. En 1857, Louis Pasteur démontre que la cellule de levure peut vivre avec ou sans oxygène, et c'est également grâce à lui, que l'on découvre que la levure contribue à la formation des arômes, et des saveurs du pain.

✿ **La Levure, une description biologique**

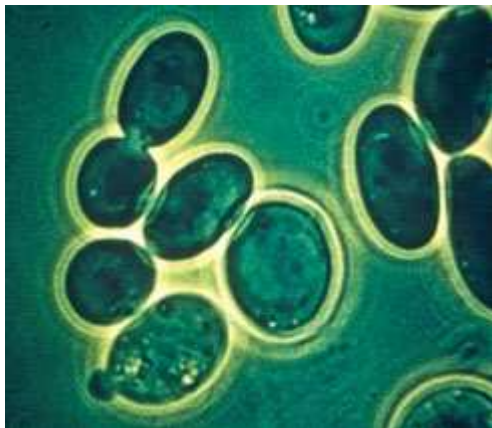


Figure 2 : la cellule de levure

La levure est un champignon unicellulaire minuscule que les scientifiques appellent « micro-organisme ». Cette cellule dont la taille ne dépasse pas les 6 à 8 millièmes de millimètres a la forme d'un œuf et n'est visible qu'au microscope.

✿ **Le développement de la levure**

Sans air :

En anaérobiose (absence d'air), le sucre est en grande partie transformé en alcool au détriment de l'énergie libérée. C'est le cas de la panification. La levure ne trouve plus d'oxygène. Le

sucré fourni par la farine est transformé en alcool (é vaporé à la cuisson) et en gaz carbonique, témoins du processus métabolique de la fermentation.

Chez le boulanger, la levée de la pâte résulte de cette production de gaz carbonique. La encore, de l'énergie est libérée, mais en faible quantité, suffisamment pour vivre mais pas pour se multiplier.

SUCRE → CO₂+ALCOOL+ENERGIE FAIBLE

Avec air :

En aérobiose (en présence d'air), les levures respirent et se multiplient abondamment, sans formation d'alcool. Le sucre dont elles se nourrissent est transformé en gaz carbonique et en eau. Ce phénomène s'accompagne d'une libération importante d'énergie qui leur permet de croître et de se multiplier par bourgeonnement. Lorsque les deux cellules ont la même grosseur, elles se séparent et le bourgeonnement des cellules se poursuit. Ce processus métabolique est celui de la respiration. Il est exploité par les levureries pour multiplier les cellules.

Sucré + Oxygène → CO₂+ Eau+ Energie Importante

V. Fabrication et conditionnement de la levure

V.1 Processus de fabrication de la levure sèche et de la levure fraîche

La production de levures de boulangerie commerciale s'effectue à partir de souches de levures qui vont subir une série de cultures dans des volumes de plus en plus grands.

Les premières étapes de la culture sont réalisées au laboratoire dans des conditions de stérilité stricte.

a. Préparation de la mélasse

La mélasse est la matière première essentielle pour la production de la levure, c'est un sous produit de sucreries. La mélasse est livrée par des camions puis stockée dans grands tanks à la température ambiante.

■ Composition de la mélasse :

La mélasse est une matière première riche en sucres, utilisée dans le processus de fermentation comme source de carbone essentielle. Elle contient 20 à 25 % d'eau.

La composition des mélasses de canne et de betterave est différente sur de nombreux paramètres (type de sucres, teneurs en matières azotées et minérales, en vitamines, pH, etc.)

➤ **Mélasse de betterave** : essentiellement saccharose.

➤ **Mélasse de canne** : saccharose = 2/3 de l'apport en sucre (le reste étant sous fructose).

Les mélasses contiennent certaines vitamines nécessaires au développement des levures et notamment :

◆ La biotine (vitamine B2) sera trouvée en plus grande quantité dans la mélasse de canne.

◆ Le pantothénate de calcium (vitamine B5) qui est plus abondante dans les mélasses de betterave.

La mélasse est également une source de matières minérales dont : Ca, Mg, K, sulfites (le potassium sera source de pression osmotique dans le milieu de fermentation).

Les mélasses contiennent certains **oligo-éléments** nécessaires au développement des levures et notamment :

- ⊖ Le cuivre (présent en quantité plus importante dans la mélasse de canne), qui impacte le métabolisme respiratoire des levures (une carence en cuivre limitera le taux de croissance et génèrera une production d'alcool).
- ⊖ Le zinc (en moyenne plus important dans la mélasse de canne) qui impacte la force fermentaire.

La mélasse de betterave contient des **acides organiques** (acide lactique, malique, acétique, oxalique).

Cette mélasse doit être « préparée » avant d'être intégrée au processus de fermentation, afin de lui donner les caractéristiques qualitatives (taux de sucre), physiques et bactériologiques appropriées et recherchées.

La préparation de la mélasse consiste ainsi en 3 étapes essentielles : la dilution, la clarification et la stérilisation.

i. La dilution

La dilution permet de réduire la viscosité de la mélasse brute, pour faciliter les étapes suivantes et son dosage dans les cuves de fermentation.

La viscosité de la mélasse brute à 20-30 °C peut atteindre les valeurs de 30 000 CP.

La dilution permet par ailleurs d'obtenir une mélasse avec une concentration en sucre constante.

La dilution permet de « laver » MB. En effet, la mélasse contient certains composés (boues, colloïdes, particules) non extractibles de la MB. La dilution permet de les remettre en suspension et de faciliter leur séparation dans le clarificateur.

Or, une dilution excessive de la mélasse a un impact négatif sur le transfert d'oxygène au cours de la fermentation.

ii. La clarification



Figure 3 : les clarificateurs

La clarification est un procédé qui consiste à éliminer de la mélasse les particules en suspension qui risquent de gêner le processus de fabrication de la levure, en particulier la filtration de la crème de levure.

Les particules gênantes sont diverses : boues, colloïdes, sable cristaux et minéraux insolubles. En exploitant l'accélération terrestre ou centrifuge, les composantes de plus grande densité se déposent au fond du bassin ou en périphérie du bol en rotation.

L'ensemble de ces particules, ainsi que l'eau et le sucre séparés de la mélasse forment des boues évacuées par des chasses périodiques par le clarificateur.

iii. La stérilisation



Figure 4 : les bacs de stérilisation

Du fait de l'activité de fermentation, les milieux et les conditions de culture sont généralement favorables à la propagation en parallèle d'autres microorganismes que celui sélectionné.

La mélasse utilisée de part sa composition, son origine et son importance quantitative est chargée de nombreux microorganismes autres que la levure. La non-destruction de tout ou partie des espèces entraîne une perte de contrôle de la fermentation sur le plan technique et/ou qualitatif.

La stérilisation de la mélasse a pour objectif de détruire surtout les formes sporulées les plus résistantes, ce qui induit la destruction de la plupart des micro-organismes.

Les conditions thermiques ne doivent cependant pas altérer les caractéristiques physicochimiques du produit, c.à.d.

- Dégrader au minimum le sucre présent dans la mélasse.
- Ne pas avoir d'impact sur la couleur.

b. Préparation de la levure mère

Chaque mois la société LESAFFRE Maroc reçoit de la France deux souches. La première est destinée à la levure fraîche et l'autre à la levure sèche. Ces souches sontensemencées dans des tubes dans un milieu nutritif spécifique à la croissance des levures pour préparer 60 tubes par mois (30 tubes pour chaque souche). Cette étape exige un travail dans des conditions strictement aseptique pour écarter tout risque de contamination, puis le contenu des tubes est transvasé dans un petit ballon appelé « Van Lear » est versé dans un ballon plus grand appelé « Carlsberg » où elles se multiplient à nouveau.

➡ Pré-fermentation

Après incubation dans la cuve de 800 l, le mout obtenu passe à la cuve de la pré-fermentation où on ajoute de la mélasse et les autres éléments comme l'azote et l'acide sulfurique (H_2SO_4) car les levures vivent dans les milieux acides. Les levures sont aérées grâce à l'oxygène de l'air.

➡ Fermentation

Après la phase de la pré-fermentation arrive la phase de la fermentation qui se fait dans des grandes cuves. Dans cette étape l'alimentation en mélasse et les autres ingrédients est continue. Après certain temps (17 heures), on a une grande population de levure sous forme liquide qu'on appelle le mout. On ajoute aussi une anti-mousse pour éviter les mousses qui se produisent lors de la fermentation.

c. Séparation



Figure 5 : les séparateurs

Le mout est un mélange de levure, d'eau et du reste de la mélasse, ce qui nécessite une séparation. Cette opération est effectuée dans une salle de séparation qui contient des séparateurs. A la fin de l'opération on obtient une crème qui contient de la levure pure.

Après le refroidissement de la crème, celle-ci est stockée à une température de 45 °C, puis elle est passée à la cuve d'acidification pour lutter contre le développement des bactéries.

d. Stockage « crème commerciale »

La crème est refroidie à 4°C et stockée dans de grands bacs.

e. Filtration

Cette étape consiste à éliminer l'eau présente dans la levure pour la préserver d'une éventuelle contamination puisque l'eau facilite l'altération par des microorganismes. Cela se fait par un filtre rotatif qui contient une couche filtrante d'amidon, dans le but de ne laisser pénétrer que de l'eau. Donc la crème est étalée sur la surface de filtre et récupérée sous forme de levure râpée.

f. Séchage (pour la levure sèche)

Le gâteau obtenu est transformé en vermicelle à l'aide d'une grille de porosité connue, ensuite elle est transférée au sécheur par une conduite vibratoire afin d'éliminer le maximum d'eau restant dans la cellule sans l'endommager, tout en augmentant le taux de matière sèche.

g. Emballage

Il existe 2 types d'emballages selon le type de la levure :

☀ LEVURE FRAICHE

La levure sous forme de pâte tombe dans des trémies ou elle est mélangée avec une huile végétale avant de passer dans la boudineuse.

Le boudin de levure pressée est découpé en pain de 500g, qu'on enveloppe individuellement dans un papier paraffiné. Après mise en carton, la levure est conservée en chambre froide afin d'être réfrigérée avant son expédition.

✳ LEVURE SECHE

Pour la levure sèche, le gâteau provenant de la filtration sous vide est mélangé avec une quantité d'émulsifiant qui sert à conserver le produit plus longtemps et donner aussi la couleur blanche caractéristique de la levure.

V.2 Levure de boulanger

La fabrication du pain est un processus complexe qui va bien au-delà de pétrissage de la pâte pour le boulanger. Sans levure pour activer le processus de fermentation panair, le pain ne lèverait pas le goût qu'on lui connaît. Découvrez le rôle de la levure du boulanger :

Au cours de la fermentation panair, la levure produit du gaz carbonique et modifie les propriétés physiques de la pâte par l'action des enzymes. Pendant la fermentation panair courante d'une pâte composée d'eau, de farine de sel et de levure de boulanger, on peut distinguer 2 phases :

Tout d'abord, la levure du boulanger fermente les sucres directement assimilés par elle-même et naturellement présents dans la farine (environ 1.5% de son poids).

La seconde phase correspond à la fermentation d'un sucre de la farine appelé maltose. Le maltose provient de l'action de certaines enzymes, les amylases, sur l'amidon de la farine, endommagé lors de la mouture du blé. Lorsque la pâte contient du sucre ajouté, saccharose ou glucose, celui-ci est directement fermenté avant le maltose. Ceci veut dire que dans un produit comme la brioche, c'est essentiellement le saccharose qui est consommé par la levure du boulanger. L'autre partie non consommée contribue à donner le goût sucré au produit.

L'action des amylases de la farine est complétée par celle d'une autre enzyme de la levure, la maltase, qui découpe à son tour le maltose pour donner le sucre le plus simple, le glucose. Ce dernier est transformé par la levure de boulanger en gaz carbonique (qui donne du volume au pain et l'aspect alvéolé de la mie) et en alcool (é vaporé à la cuisson).

La levure du boulanger produit également des composés aromatiques qui contribuent à l'arôme et au goût du pain.

- Partie 3 : étude du projet

VI. Introduction

Une installation de neutralisation moderne entièrement automatisée a été placée comme dernière étape de traitement des eaux usées. La neutralisation des eaux usées a ainsi été réalisée grâce à la mise en œuvre de composants d'un circuit de régulation, parfaitement adaptés les uns aux autres.

VII. Principe de fonctionnement du système de neutralisation des eaux usées

Les deux pompes aspirent, en continue, les rejets accumulés dans la fosse pour les transférer vers le bac de neutralisation ; et après avoir corrigé la valeur de pH, en injectant une quantité de la soude ou d'acide dans le bac, la vanne de vidange s'ouvre pour évacuer les rejets neutralisés vers un bassin de décantation à deux étages, ce dernier est connecté directement à l'égout principale (RADEEF).

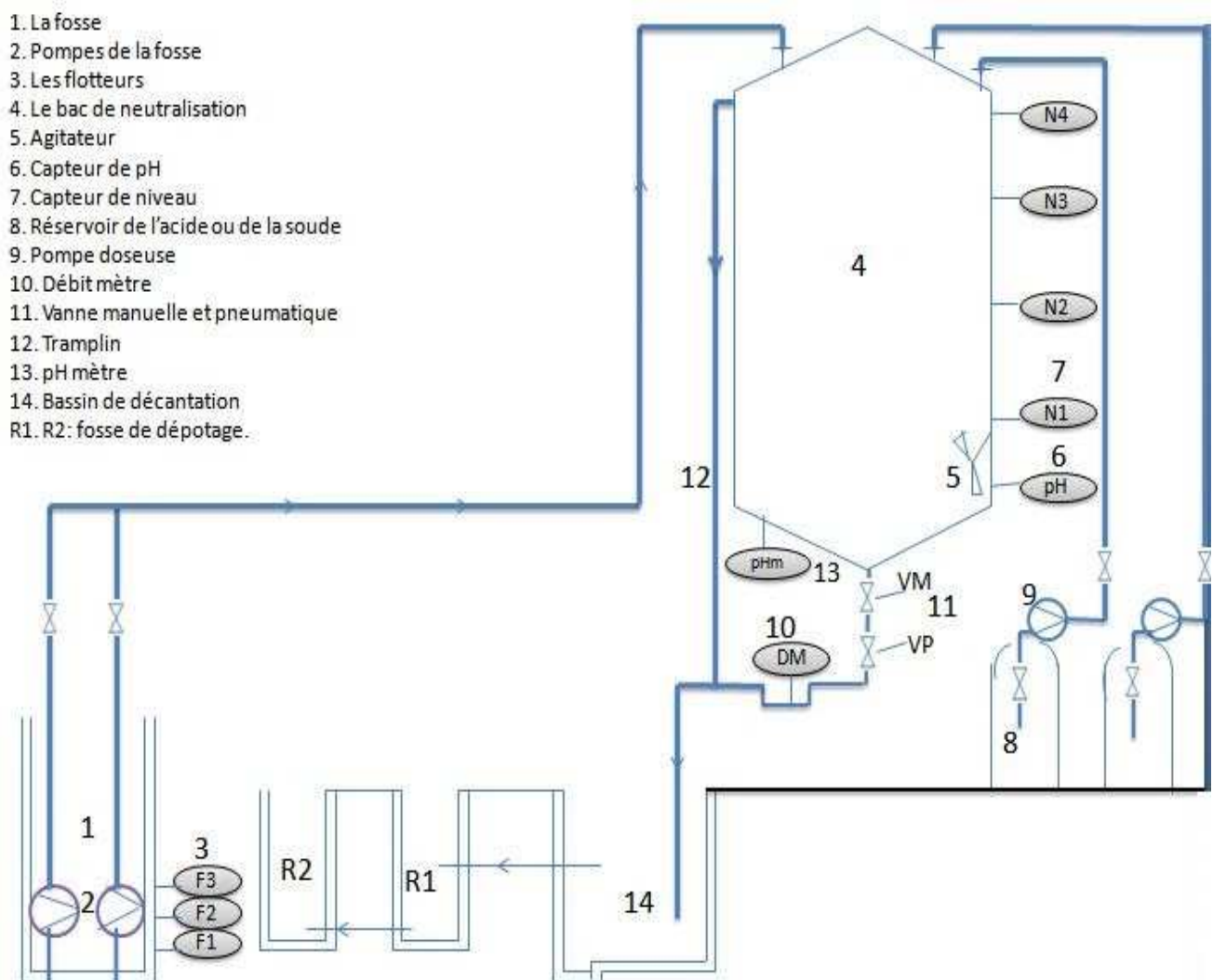


Figure 1 : Schéma simplifié du fonctionnement du système de neutralisation des eaux usées

- Pour le schéma électrique du système, voir l'annexe 1

VIII. Les éléments du système.

- ⊗ La fosse
- ⊗ Les deux pompes de la fosse
- ⊗ Le bac de neutralisation
- ⊗ Les 4 capteurs de niveau et le capteur de pH
- ⊗ Le transmetteur
- ⊗ L'électrovanne
- ⊗ L'enregistreur
- ⊗ Les pompes doseuses : la pompe d'acide et la pompe de la soude
- ⊗ L'armoire électrique.

VIII.1 La fosse

La fosse est le lieu où se rencontre tous les rejets de LESAFFRE. Ces rejets viennent de :

- **La Clarification :** La clarification est un procédé qui consiste à éliminer de la mélasse (matière première) les particules en suspension qui risquent de gêner le processus de fabrication de la levure, en particulier la filtration de la crème de levure.
- **La Séparation :** Le mout est un mélange de levure, d'eau et du reste de la mélasse, ce qui nécessite une séparation. Cette opération est effectuée dans une salle de séparation qui contient des séparateurs. A la fin de l'opération on obtient une crème qui contient de la levure pure.
- **La filtration :** Cette étape consiste à éliminer l'eau présentée dans la levure pour la préserver d'une éventuelle contamination puisque l'eau facilite l'altération par des microorganismes.

On utilise dans ces processus de nettoyage soit l'acide ou bien la soude. Et donc les rejets sont soit basiques ou acides.

VIII.1.1 Les flotteurs

Dans la fosse se trouve trois flotteurs.

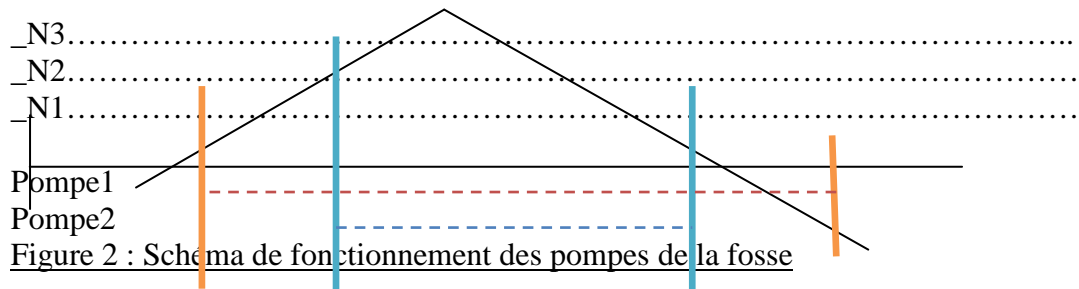
Les flotteurs sont des contacteurs, à chaque fois le liquide atteint et se met en contact avec un flotteur, le contact se ferme. Et si le niveau descend en dessous du flotteur, le contact s'ouvre. Cette fermeture et ouverture du contacteur commande le démarrage et l'arrêt des pompes de la fosse, puisque tout dépend du niveau du liquide dans la fosse.

VIII.2 Les deux pompes de la fosse

VIII.2.1 fontionnement

Niveau de la fosse

|



En mode automatique (Illustré par le schéma) :

- ⊗ Si le liquide atteint le **N2** (niveau haut) dans la fosse, le contacteur du flotteur 1 se ferme et la pompe 1 démarre.
- ⊗ Et la pompe 2 ne démarre que si le **N3** (niveau très haut) est atteint.
- ⊗ En descendant au **N2** (niveau haut), le contacteur du flotteur 2 s'ouvre et la pompe 2 s'arrête.
- ⊗ Et la pompe 1 ne s'arrête que si le **N1** (niveau bas) est atteint.

En mode manuel :

Chaque pompe peut se mettre en route une fois le bouton poussoir vert est actionné, elle ne s'arrêtera qu'après avoir remettre le commutateur en position « 0 ».

VIII.2.1.1 Description

Les deux pompes de fosse sont identiques, on les appelle **pompes à vide cave**.

Ce genre de pompe ne rencontre pas le phénomène de cavitation. Mais le problème de **bouchage** est toujours présent surtout dans la partie aspiration, car là où se cumulent les déchets. Ces pompes sont immergées entièrement dans l'eau.

Ce problème de bouchage est constaté lorsque le liquide atteint le niveau très haut dans la fosse. (c.à.d. pas d'aspiration).

Caractéristiques :

- Le débit des eaux usées : $Q = 34.3 \text{ l/s}$
- La hauteur manométrique : $h = 14.4 \text{ m}$
- La puissance hydraulique : $Ph = 6.5 \text{ KW}$
- Le rendement hydraulique : $\eta_h = 74.9 \%$
- Net Positive Suction Head: $NPSHr = 3.2 \text{ m}$

VIII.2.1.2 Types de démarrage

La première pompe de la fosse fonctionne en démarrage électronique.
La deuxième pompe de la fosse fonctionne en démarrage direct.

Démarrage électronique :

Un démarreur électronique permet un démarrage progressif du moteur.

Parmi ses **Avantages**:

- Démarrage sans coup de bélier
- Montée progressive en vitesse
- Limitation de l'appel du courant lors du démarrage

Pour le schéma électrique du démarrage électronique, voir l'annexe 5

Démarrage direct.

La pompe 2 de la fosse fonctionne avec un démarrage direct.

Ce démarrage présente des inconvénients par rapport au démarrage électronique, cela est remarqué depuis le schéma suivant :

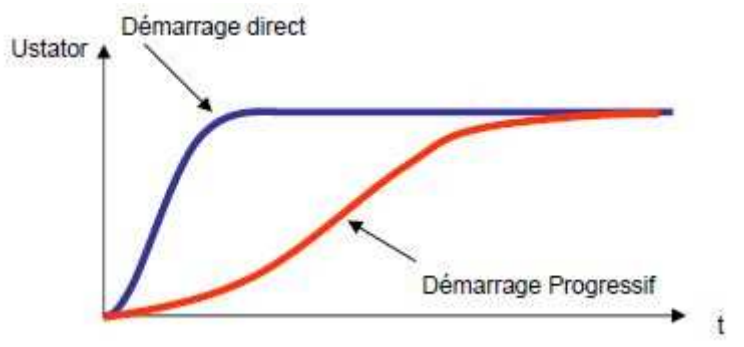


Figure 3 : la rampe du démarrage direct et électronique

Le démarrage direct ne présente pas de rampe, ainsi que le temps de démarrage direct est très court qu'au démarrage progressif. Ce manque d'accélération et décélération produit un phénomène très présent qui est le coup de bélier.

Pour le schéma électrique du démarrage indirect, voir l'annexe 4

VIII.2.1.3 Coup de bélier

Une des premières personnes à avoir étudié en détail le problème des coups de bélier est l'ingénieur italien « Lorenzo Allievi ».

Le coup de bélier est un phénomène très présent dans la deuxième pompe de la fosse. Il est connu particulièrement pour les pompes à vide cave.

Le coup de bélier est un phénomène de surpression qui apparaît au moment de la variation brusque de la vitesse du liquide, par suite du démarrage/arrêt de la pompe.

Cette surpression peut être importante, elle se traduit souvent par un bruit caractéristique, accompagné d'une vibration énorme du circuit de l'installation, et peut entraîner la rupture de la conduite dans les grosses installations, du fait de la quantité d'eau en mouvement.

VIII.3 Le bac de neutralisation

Après avoir aspiré le liquide de la fosse par les deux pompes, elles le refoulent dans **le bac de neutralisation**.

Ce bac de neutralisation contient :

- ◆ Un agitateur
- ◆ Un capteur de pH
- ◆ Quatre capteurs de niveau
- ◆ Un tremplin de sécurité

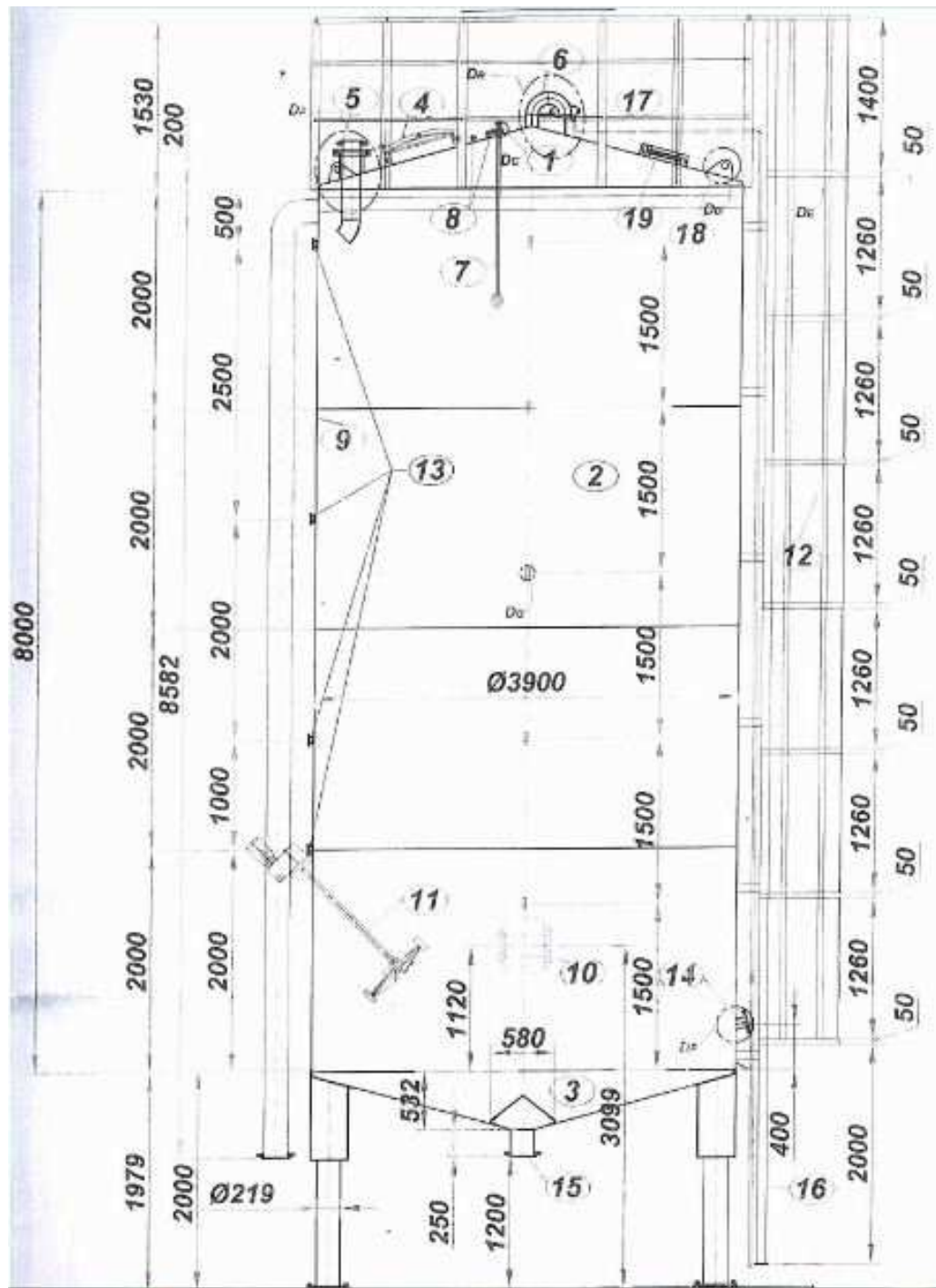


Figure 4 : le bac de neutralisation

- ✦ Une fois le liquide refoulé par les pompes de la fosse atteint **le niveau 1** dans le bac de neutralisation **l'agitateur** démarre. Cet agitateur a pour rôle d'assurer le mélange homogène des réactifs de neutralisation ajoutés avec les eaux usées.
- ⊖ Au **niveau 2** l'électrovanne s'ouvre pour évacuer le liquide et cela si le **6.7 < pH < 7.5** (corrigé).
- ✦ Vu que la correction se fait dès que le liquide se trouve dans le bac. Où cas ou le pH n'est pas corrigé au **niveau 2**, l'électrovanne ne s'ouvre pas et le niveau augmente jusqu'au **niveau 3** en attendant la correction.

- ⊖ **le niveau 4** est appelé niveau de sécurité, ce niveau permet de stocké encore le liquide dans le bac au cas où la correction n'est pas faite.
Une alarme est faite pour ce niveau, qui sonne après 30 secondes.
- ⊕ Supposons que le pH du liquide n'est pas corrigé aussi au **niveau 4**, et le niveau augmente dans le bac de neutralisation, cette fois ci le liquide peut s'inonder, mais le bac de neutralisation contient ce qu'on appelle un tremplin à partir de lui le liquide s'évacue non corrigé même si la vanne est toujours fermée.

Tout cela se fait grâce à des capteurs de niveau et de pH, en plus d'un automate programmable.

VIII.4 L'électrovanne

VIII.4.1 Fonctionnement

L'électrovanne ne s'ouvre que si le niveau 2 est atteint dans le bac de neutralisation et la valeur de pH est corrigé.

VIII.4.1.1 Description



Figure 5 : Electrovanne pneumatique

Une électrovanne est un dispositif commandé électriquement permettant d'autoriser ou d'interrompre par une action mécanique, la circulation d'un fluide dans un circuit.

L'électrovanne qu'on a dans l'installation est une vanne pneumatique fonctionnant par un échappement d'air lors de son ouverture et sa fermeture.

VIII.5 Transmetteur

VIII.5.1 Description

Liquisys M CPM223/253



Figure 6 : le pH-mètre Liquisys M CPM223/253

Le transmetteur affiche la valeur de pH. La température est affichée simultanément, afin que l'utilisateur ait un aperçu rapide des principales données de process. Mais la température peut être cachée si nécessaire.

Le transmetteur à son rôle transmet un signal 4-20mA analogique vers l'enregistreur.

Ce transmetteur a deux entrées :

- Entrée de l'alimentation
- Entrée du capteur de pH

Et trois sorties :

- Une sortie liée à l'enregistreur
- Une sortie qui contient deux contacteurs : un pour la pompe doseuse de la soude et l'autre pour l'acide.

Caractéristiques :

◆ Domaines d'application

- Traitement des eaux usées
- Neutralisation
- Traitement de l'eau
- Surveillance de l'eau

◆ Principaux avantages

- Transmetteur en boîtier de terrain ou monté en façade d'armoire électrique
- Universel
- Simple

- ◆ structure de menus logique
- ◆ grand afficheur
- ◆ étalonnage simple en 2 points

- Pour le schéma d'alimentation du pH mètre, voir l'annexe 2
- Pour la procédure de l'étalonnage du pH mètre, voir l'annexe 6

VIII.6 L'enregistreur RSG30

VIII.6.1 Description et fonctionnement

Afficher, enregistrer et transmettre



Figure 7 : l'enregistreur RSG30

- Pour le schéma d'alimentation de l'enregistreur, voir l'annexe 2

L'enregistreur installé sur l'armoire électrique est destiné à, l'affichage, l'analyse, la représentation, l'exploitation, la transmission à distance et l'archivage des signaux d'entrée analogiques et numérique (l'enregistrement de l'historique du PH).

Il permet aussi l'archivage du :

- Débit.
- PH du liquide dans le bac de neutralisation.
- Les défauts cités ci-dessous sous forme de message pour chaque défaut.

Caractéristiques :

- **Polyvalent** : jusqu'à 6 entrées universelles enregistrent tous les signaux de mesure
- **Clair** : afficheur couleur, représentation numérique, par paragraphe ou courbe
- **Sûr** : Pas de perte de données même en cas de coupure de courant.

Les domaines d'application concernent de nombreuses branches et secteurs industriels :

- Surveillance de qualité et de quantité dans l'industrie de l'eau et des eaux usées
- Affichage et enregistrement de paramètres critiques du déroulement d'une production.
- Surveillance de cuve et de niveau.

VIII.7 L'armoire électrique



Figure 8 :l'armoire électrique de l'installation.

L'armoire électrique du système se compose de :

- ⊗ L'enregistreur
- ⊗ Les disjoncteurs de protection
- ⊗ Le sectionneur
- ⊗ Les disjoncteurs moteurs
- ⊗ Les relais contacteurs moteur
- ⊗ Les relais d'interface
- ⊗ Deux transformateurs monophasés
- ⊗ L'automate programmable
- ⊗ Les borniers
- ⊗ La prise de terre
- ⊗ Les boutons poussoirs
- ⊗ Les voyons
- ⊗ Commutateurs
- ⊗ Bouton d'arrêt d'urgence
- ⊗ L'alarme (parmi les voyons)

Le composant le plus important dans l'armoire électrique est la prise de terre. Puisqu'elle assure la sécurité du système en cas d'une fuite, et donc elle est nécessaire dans toutes les installations électriques.

VIII.8 Pompes doseuses

De nombreux rejets industriels qui nous viennent sont soit acides ou basiques, et qui nécessitent une neutralisation avant les rejeter dans un milieu naturel, cette opération consiste à ramener son pH à une valeur dans l'intervalle de [6.7 ; 7.5] par dosage d'acide ou de la soude.

Il s'agit de deux pompes doseuse à membrane: pompe d'acide et pompe de la soude, les deux pompes sont associées aux deux réservoirs, elles sont identiques et elles ont un démarrage direct.



Figure 9 : les deux pompes doseuses montées sur les réservoirs de la soude et de l'acide.

- Pour le schéma électrique des pompes doseuses, voir l'annexe 3

Pompe d'acide :

La pompe d'acide peut démarrer en mode automatique ou en mode manuel.

- **En mode automatique :** la pompe d'acide démarre quand le PH=8 et l'arrêt quand le PH < 7.5
- **En mode manuel :** la pompe démarre quand le bouton poussoir vert de la pompe d'acide est actionné, il ne s'arrête qu'après avoir remis le commutateur en position 0.

Pompe de la soude :

De même façon la pompe de la soude peut démarrer en mode automatique ou en mode manuel.

- **Mode automatique :** la pompe de la soude démarre quand le PH=6 et l'arrêt quand le PH < 6.5.
- **En mode manuel :** la pompe démarre quand le bouton poussoir vert de la pompe de la soude est actionné, il ne s'arrête qu'après avoir remis le commutateur en position 0.

Les caractéristiques des pompes doseuses :

- Le débit de la pompe doseuse est : $Q=830 \text{ l/h}$
- La hauteur d'aspiration : $h_a = 0.75 \text{ bar} = 1 \text{ mce}$ (mètres colonne d'eau)
- Pression admise coté aspiration $P=3 \text{ bars}$
- L'alimentation du système : $230\text{V}/400\text{V}$
- La consommation du moteur triphasé $P=0.37 \text{ KW}$
- La fréquence : $f=50/60 \text{ Hz}$
-

IX. Liste des alarmes

L'alarme sonore se déclenche s'il y'a une anomalie dans le système de traitement pour informer le conducteur de la présence d'un défaut. Elle est parmi les constituants de l'armoire électrique de l'installation.

Les défauts possibles :

Défauts	Causes possibles
Niveau très haut N3 atteint dans la fosse	Déclenchement pompes, débit pompes faible
Niveau très haut atteint dans le bac de neutralisation	Blocage de la vanne de vidange (vanne fermée)
PH inférieur à 4.5	Déclenchement de la pompe de la soude, bac de soude vide
PH supérieur à 9.5	Déclenchement de la pompe d'acide, bac d'acide vide

Remarque :

Touts les messages des défauts peuvent être acquittés en appuyant sur la touche «E » de l'enregistreur.

Les alarmes sont gérées par l'automate programmable.



Figure 10 : l'automate programmable Zelio logic 2.

Comme son nom l'indique l'automate est un appareil électronique que l'on programme pour effectuer des opérations cycliques, il reçoit des données par ses entrées. Celles-ci sont en suite traitées par un programme défini, le résultat obtenu étant délivré par ses sorties. Elle est conçue pour une utilisation dans les petits systèmes automatisés simples, et destinée à faciliter le câblage électrique de solutions intelligentes.

L'automate programmable est utilisée dans les secteurs industriels et commerciaux, elle permet également le contrôle et la surveillance des applications à distance. Sa flexibilité et ses performances nous permettent de réaliser des gains de temps et d'argent importants.

La plupart des automates programmables utilisent ces trois types de langages :

- **le LADDER** : utilise des symboles électriques assemblés qui forment le programme. Ce type de programmation a l'avantage de pouvoir être utilisé par un personnel électricien ou ayant une connaissance de la schématique électrique.
- **L'ASSEMBLEUR** : ou littéral utilisant un langage de (Si, Et, Ou, Alors, Sinon, Cas de...)
- **LE GRAFCET** : ce type de langage utilise des carreaux.

Elle peut s'effectuer de plusieurs manières différentes :

- Sur l'A.P.I lui-même à l'aide de touches.
- Avec un PC et un logiciel approprié.

X. Les problèmes détectés :

L'installation de neutralisation des eaux usées au sein de l'entreprise LESAFFRE est récente. Durant notre durée de stage on a eu l'occasion de suivre son fonctionnement et de détecter les anomalies qui contribuent à ne pas atteindre l'objectif désiré, tout en améliorant son fonctionnement à partir des nouvelles idées.

D'ailleurs, notre sujet consiste à faire un prétraitement des eaux usées, vue ses graves conséquences sur la nature et sur les animaux marins.

L'objectif est donc rendre le pH des eaux usées dans l'intervalle de [6.7 ; 7.5] et éliminer les points qui sortent de la fourchette désirée.

Parfois la valeur du PH du liquide qui sort du bac de neutralisation est non corrigée à cause de nombreux problèmes qu'on a estimés et auxquels on devra faire face.

On a constaté que :

- ⊗ La vidange se fait lorsque le liquide atteint le niveau 3 dans le bac de neutralisation avec un pH corrigé.
- ⊗ L'intervalle de correction était entre [6 ; 8], c'est un intervalle large et qui n'est pas précis.

Et on a estimé aussi que :

- ⊗ La réaction des pompes doseuses était lente. Ainsi que le débit n'est pas suffisant pour faire la correction.

Autre problème :

- ⊗ Lors du démarrage ou l'arrêt de la pompe 2 de la fosse, une vibration énorme du circuit de l'installation se produit, c'est le phénomène du coup de bélier.

XI. Solution proposée :

Puisque l'installation est automatisé ; toutes les solutions et les idées proposés sont faites à l'aide de l'automate programmable.

- ◆ La correction du pH se fait dès que le liquide se trouve dans le bac de neutralisation. On a proposé de faire la vidange du bac de neutralisation au niveau 2 au lieu du niveau 3. Supposons que le pH n'est pas corrigé au niveau 2, on a tout le temps d'attendre la correction, en évitant d'atteindre rapidement le niveau 4(très haut) et par la suite le liquide peut s'évacuer à travers le tremplin non corrigé.
- ◆ L'ancien intervalle de correction était de [6 ; 8], on a proposé de le réduire à [6.7 ; 7.5] pour être plus précis. S'il y en a des fluctuations de la valeur de pH autour de la fourchette [6.7 ; 7.5] on est implicitement dans l'ancien intervalle qui est de [6 ; 8].
- ◆ On a estimé que les valeurs de pH qui sortent de l'intervalle souhaité sont dues à la quantité insuffisante de la soude ou d'acide ajouté dans le bac de neutralisation, pour cela on a proposé d'accélérer la réaction des pompes doseuses et la rendre plus rapide et par la suite la quantité rajoutée va être augmentée.
- ◆ L'amortissement est un système de stabilisation de la lecture pour le PH-mètre. Elle sert à stabiliser l'affichage si la mesure est instable.

Dans la fonction « amortissement » du pH mètre. Si "1" est entrée, il n'y a pas d'amortissement.

Lors de la période du stage on a changé la valeur de l'amortissement du pH mètre, cette valeur était égale à 1 et on l'a augmenté à 15, afin qu'on puisse avoir des valeurs exactes des valeurs de pH.

◆ De plus, le problème de stabilisation de l'affichage du pH mètre n'a pas de sens si le problème vient du capteur de pH. Et donc après la proposition de faire un étalonnage du pH mètre, on a pu assister avec les responsables de maintenance à cet étalonnage pour être sûr de la valeur capté.

◆ Autre solution :

On a proposé une autre solution qui consiste à ajouté un autre bassin connecté avec le bac de neutralisation, une fois le bac de neutralisation est saturé on corrige d'abord cette quantité de liquide et on vidange.

Si la quantité des eaux usées est augmentée elle va être refoulé par les 2 pompes de fosse et stocké dans le deuxième bassin en attendant la vidange du bac de neutralisation pour que le liquide soit homogène.

XII. Evaluation des solutions proposées.

Dans ce paragraphe on va présenter les courbes de pH avant et après les modifications proposés.

Les modifications proposées déjà cités sont :

- ⊕ Réduire l'intervalle de la correction
- ⊕ Modifier le niveau de vidange du liquide
- ⊕ Accélérer la réaction des pompes doseuses
- ⊕ Changer la valeur de l'amortissement
- ⊕ Faire l'étalonnage du capteur du pH

◆ Les courbes de PH avant les modifications faites

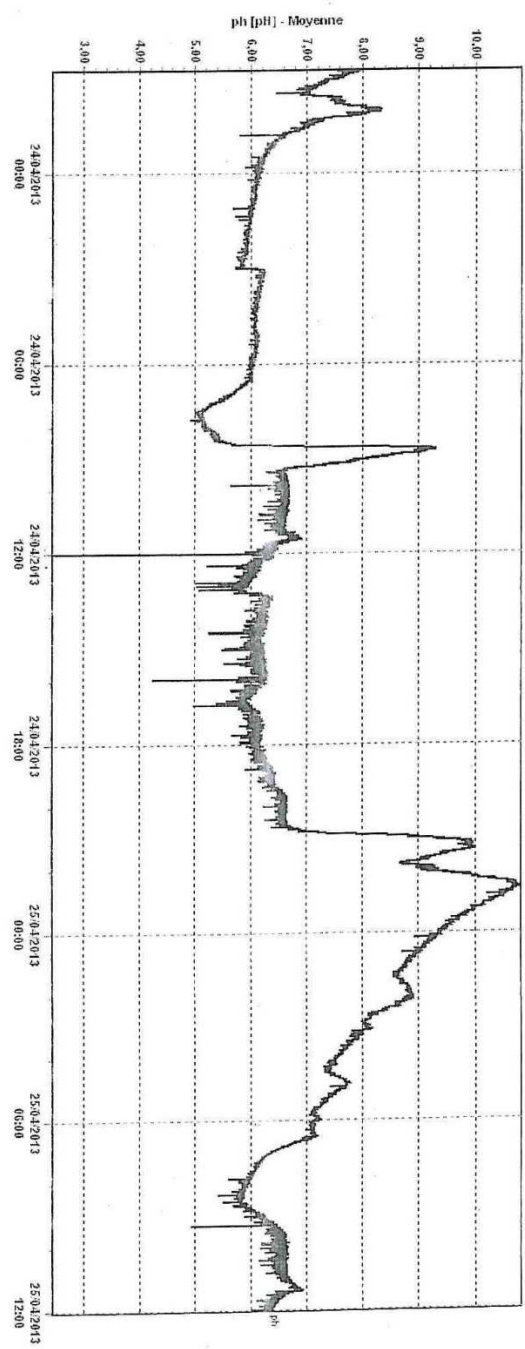


Figure 11 : courbe de pH le 24 et 25/04/13

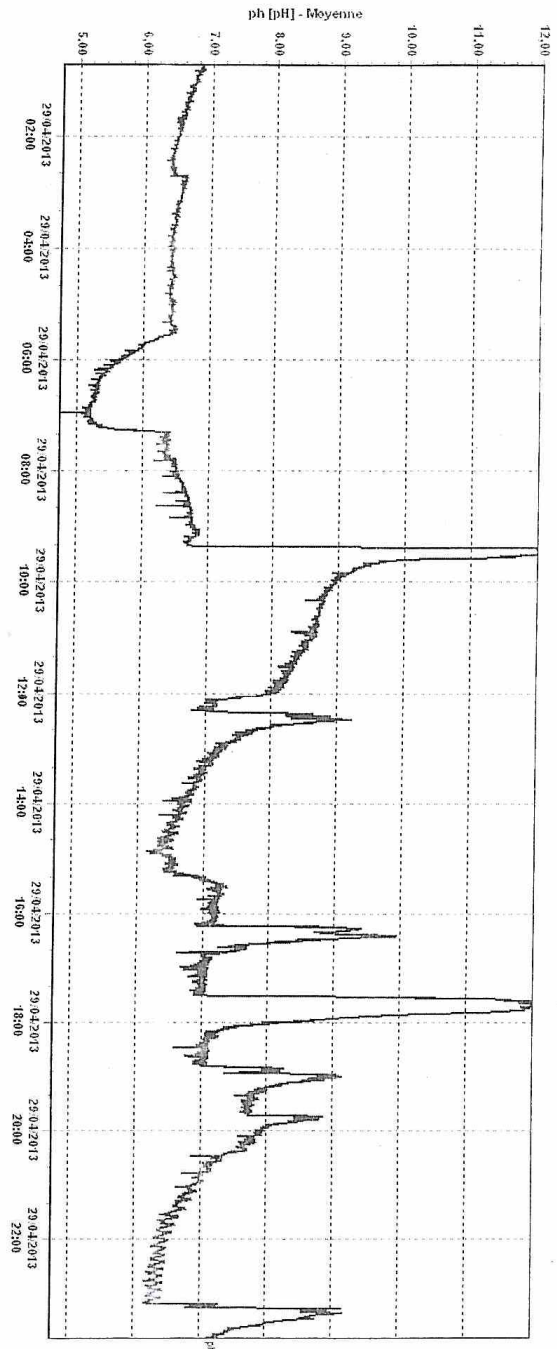


Figure 12 : courbe de pH le 29/04/13

Interprétation :

On constate qu'avant l'étalonnage et les solutions proposées, la valeur du PH n'est pas stable et hors de l'intervalle souhaité.

Les pics se sont des points critiques, ils sont dus aux phases de nettoyage où la valeur du PH peut atteindre la valeur 12.

Le nettoyage s'effectue en principe par la soude pour enlever les déchets et le calcaire existant dans les séparateurs et aussi pour lutter contre le développement des bactéries dans les circuits de production.

◆ Les courbes de PH après l'étalonnage et les modifications faites :

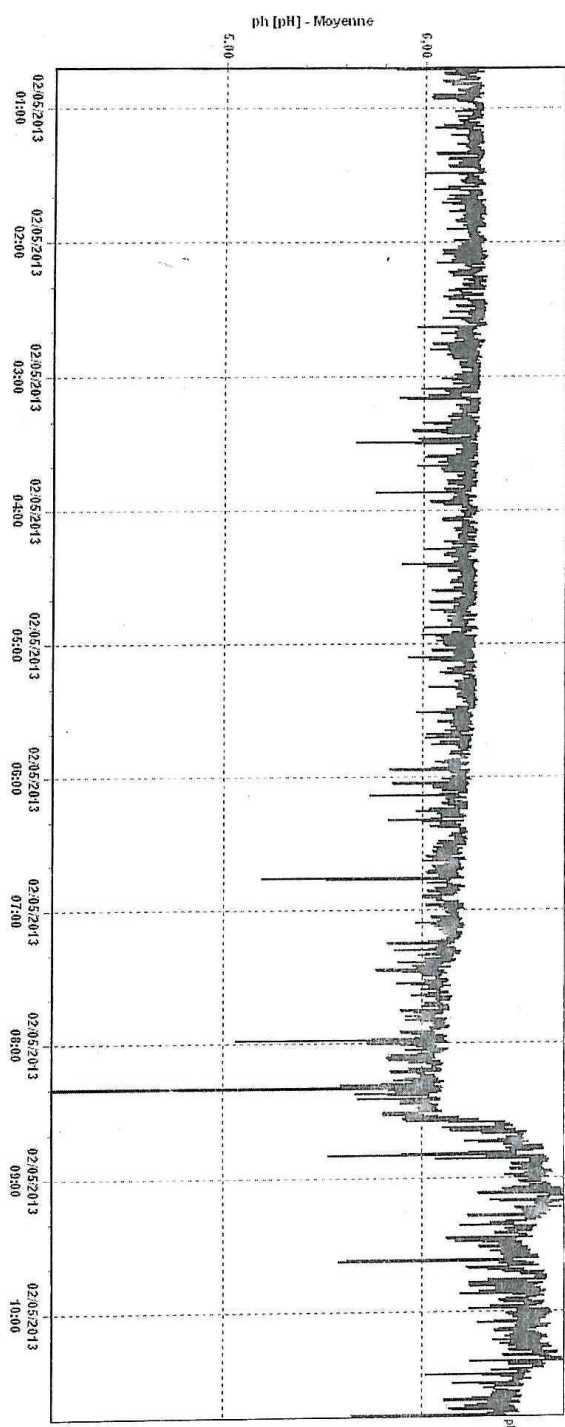


Figure 13 : courbe de pH le 02/05/13

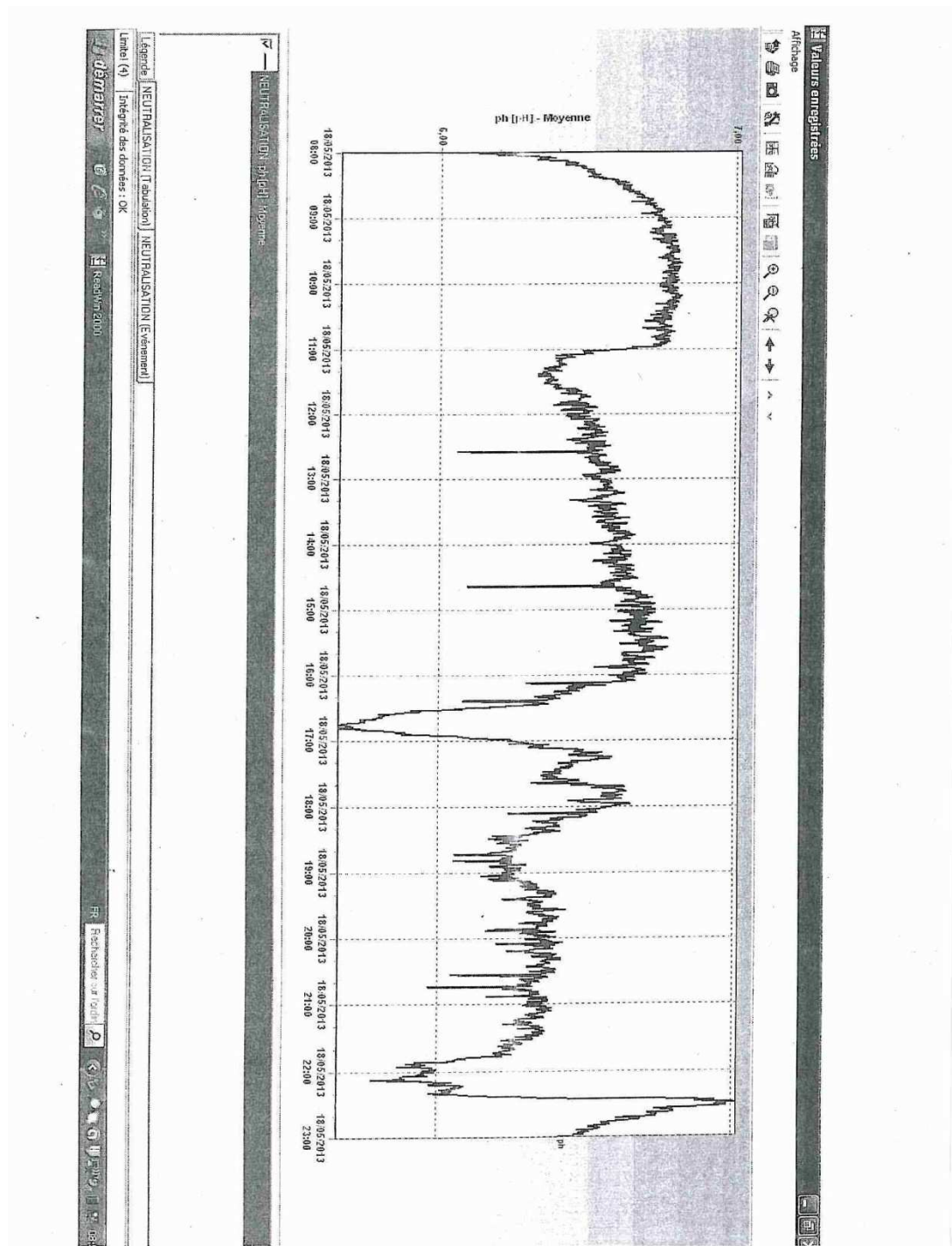


Figure 14 : courbe de pH le 18/05/13

Interprétation :

D'après les nouvelles courbe de pH on remarque bien que la valeur du PH est autour de la fourchette souhaitée [6,7 ; 7,5]. Pas de fluctuations et pas de déstabilisations.

Finalement d'après les résultats obtenus, on a pu trouver des solutions répondant au problème de la neutralisation des eaux usées.

XIII. Conclusion

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, le sujet proposé est « l'amélioration du système de neutralisation des eaux usées ». La description de ce système présente un circuit de régulation type, qui permet les opérations de neutralisation des rejets industriels grâce à des composants techniques parfaitement adaptés les uns aux autres.

Durant la période de notre stage effectué au sein de l'entreprise LESAFFRE Maroc-Fès, on a pu suivre le fonctionnement de l'installation du système de neutralisation des eaux usées. Ce qui nous a permis de détecter les anomalies contribuant à ne pas neutraliser les eaux usées avant leur rejet dans les milieux naturels.

Les problèmes détectés qu'on va analyser sont :

- La vidange du liquide se fait au niveau 3 si le pH est corrigé
- L'intervalle [6 ; 8] de correction est large
- La réaction des pompes doseuses est lente
- Le coup de bélier

En se basant sur les problèmes détectés, on a proposé des solutions efficaces permettant d'améliorer le système du prétraitement des eaux usées.

Les solutions proposées sont :

- Modifier le niveau de vidange du liquide
- Réduire l'intervalle de correction
- Accélérer la réaction des pompes doseuses
- Changer la valeur de l'amortissement du pH mètre
- Ajouter un autre bassin connecté avec le bac de neutralisation
- Faire l'étalonnage du capteur de pH
- Changer le démarreur de la deuxième pompe de la fosse

Au bout du compte les solutions qu'on a proposées ont donné des résultats favorables sur le problème de neutralisation des eaux usées d'après les courbes de pH prélevées avant et après les modifications.

XIV. Bibliographie

www.lesaffremaroc.com

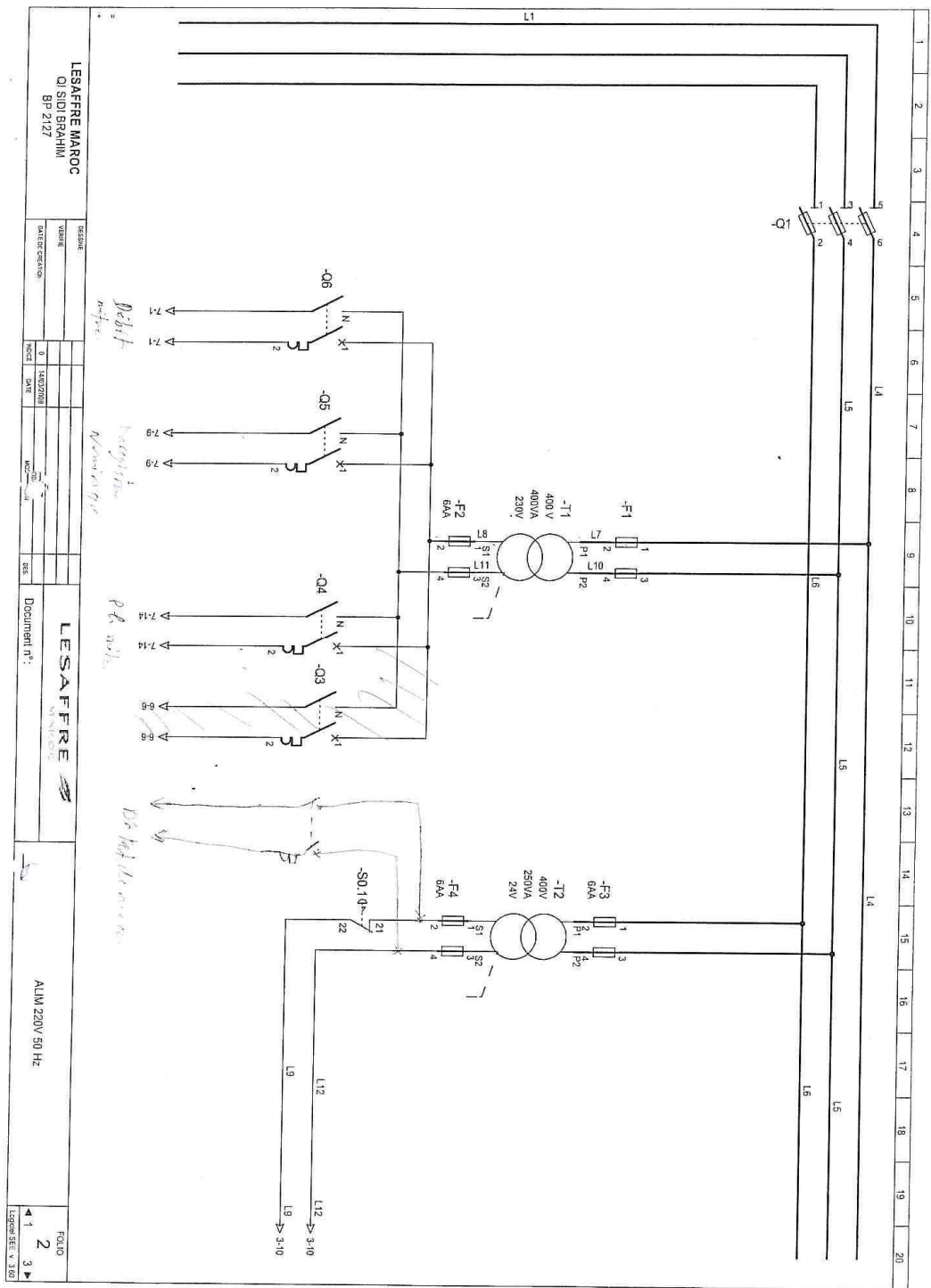
<http://www.toutsurlalevure.fr/>

http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich10_1.htm

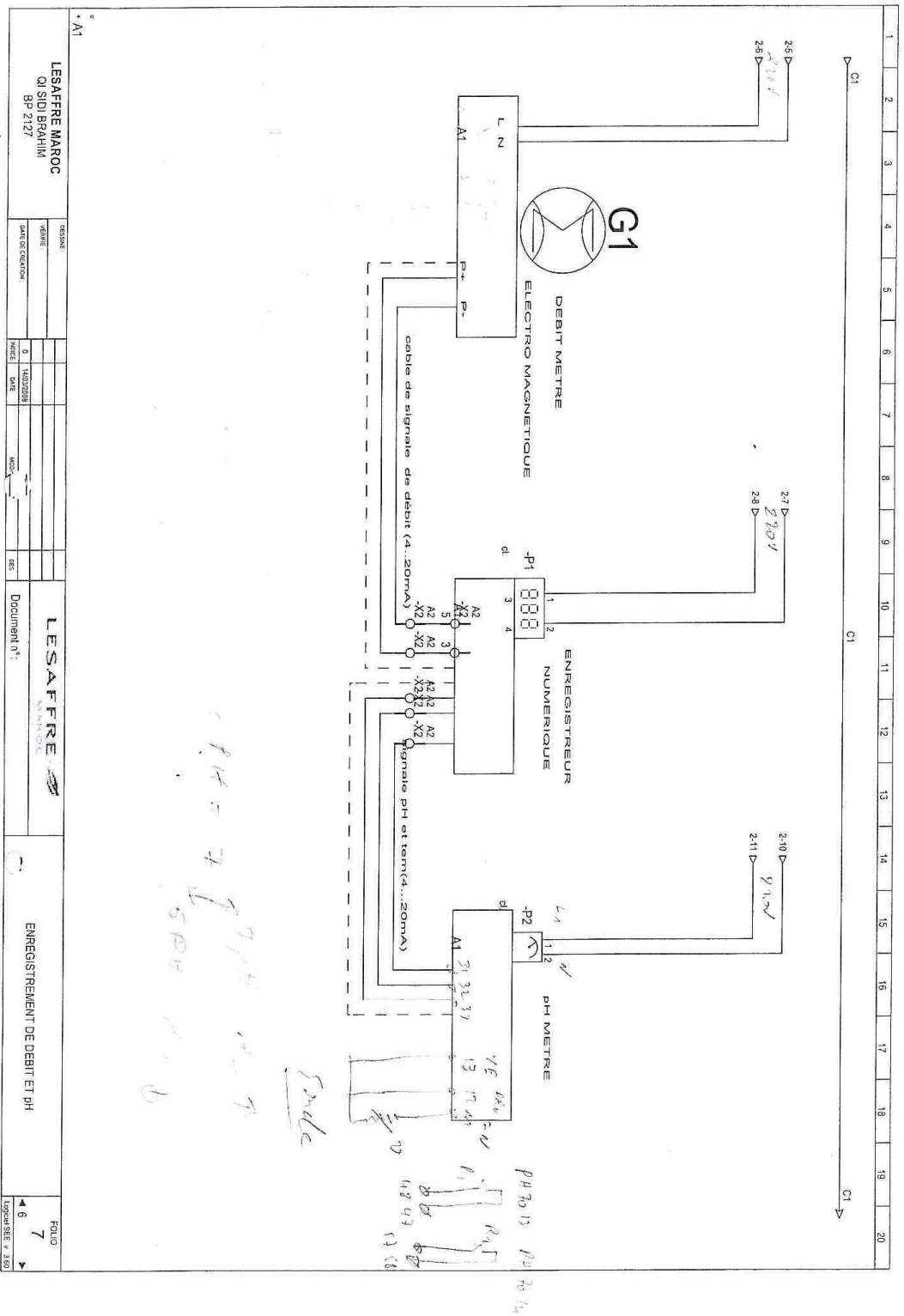
<http://www.lesaffre.com/fr/le-groupe/lesaffre-dans-le-monde.html>

Notice des appareillages référence ENDRESS-HAUSER.

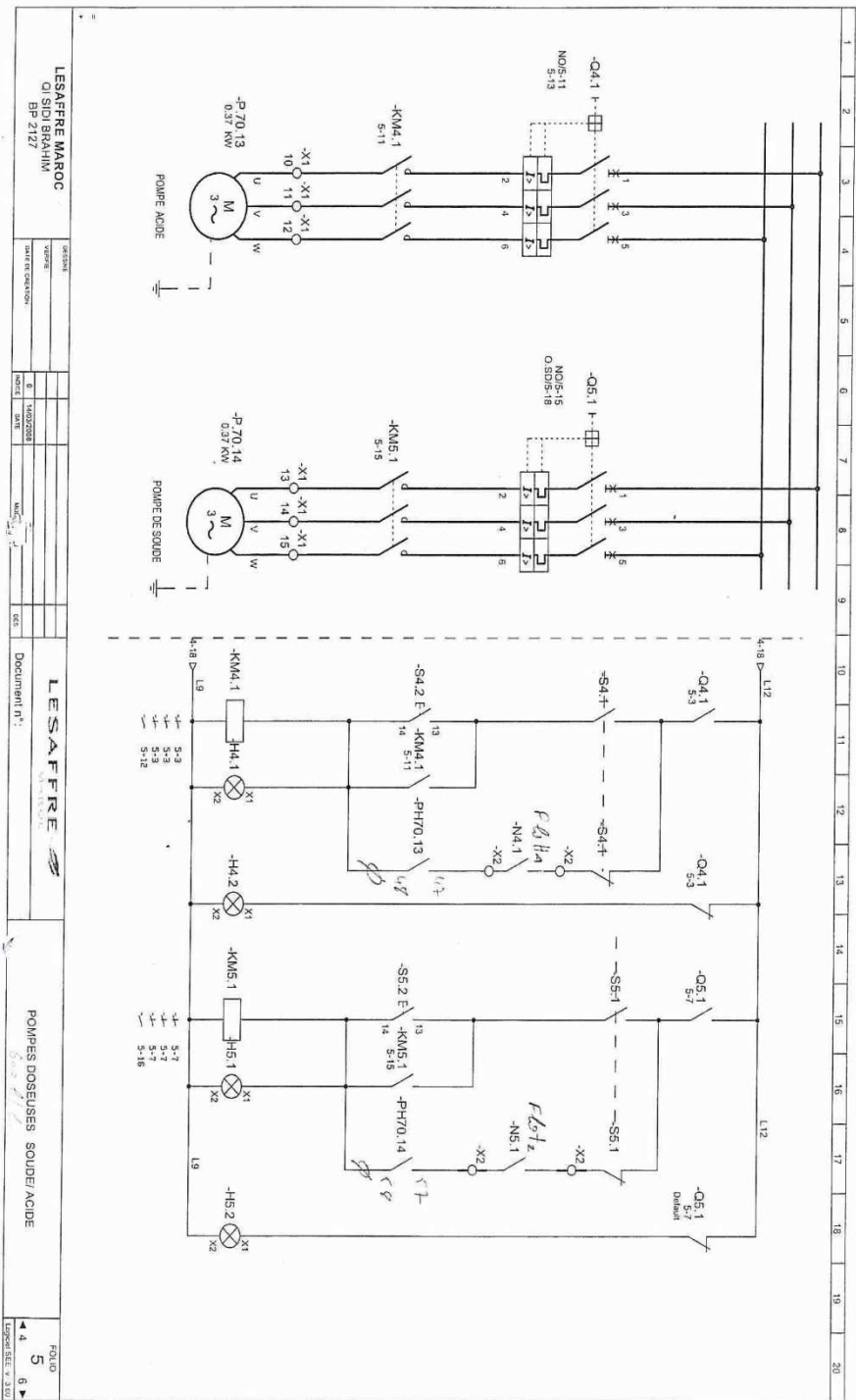
XV. Annexe



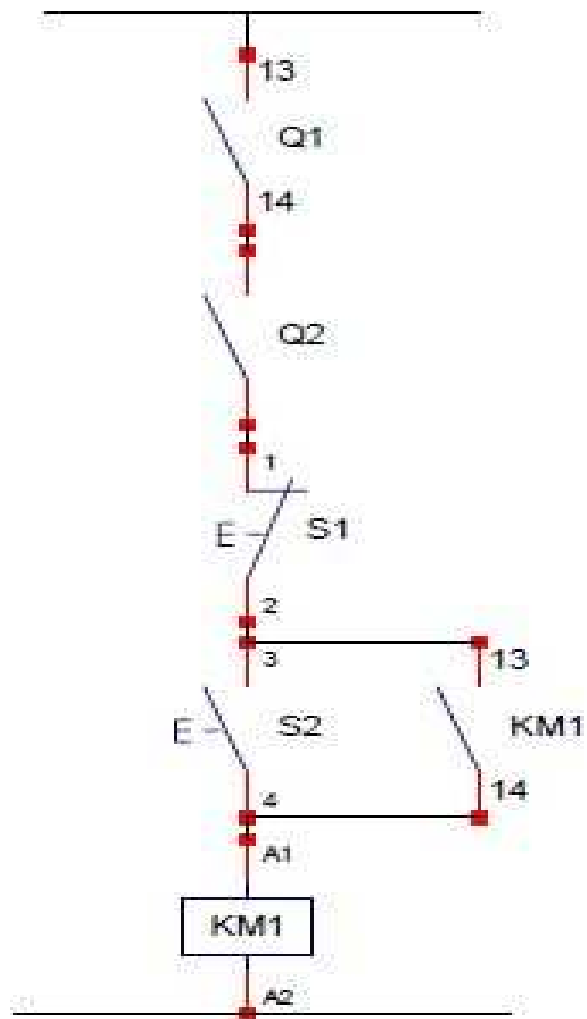
Annexe 1 : Schéma électrique du système



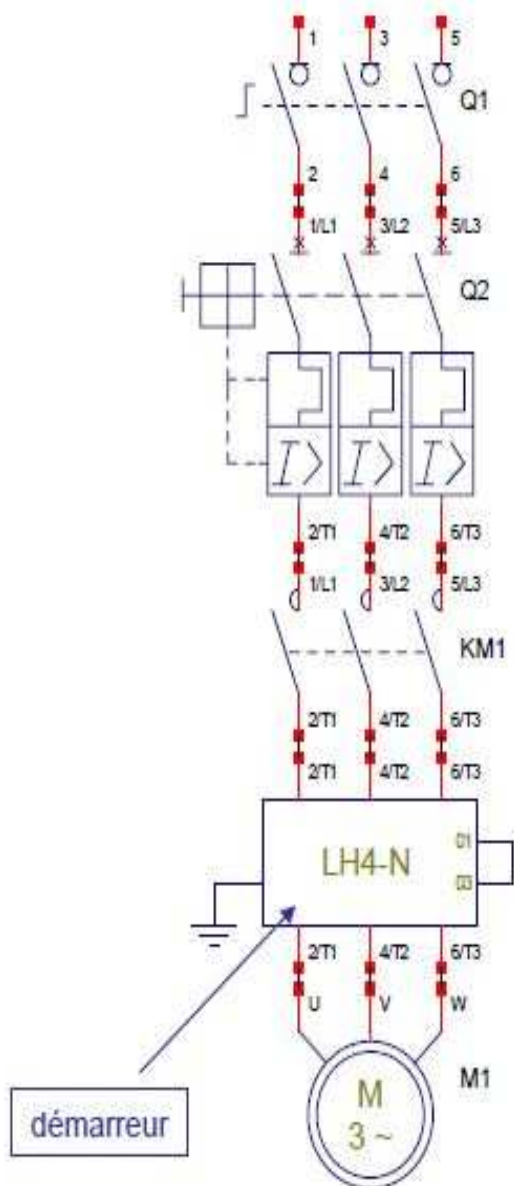
Annexe 2 : Schéma d'alimentation de l'enregistreur, pH mètre, et le débit mètre.



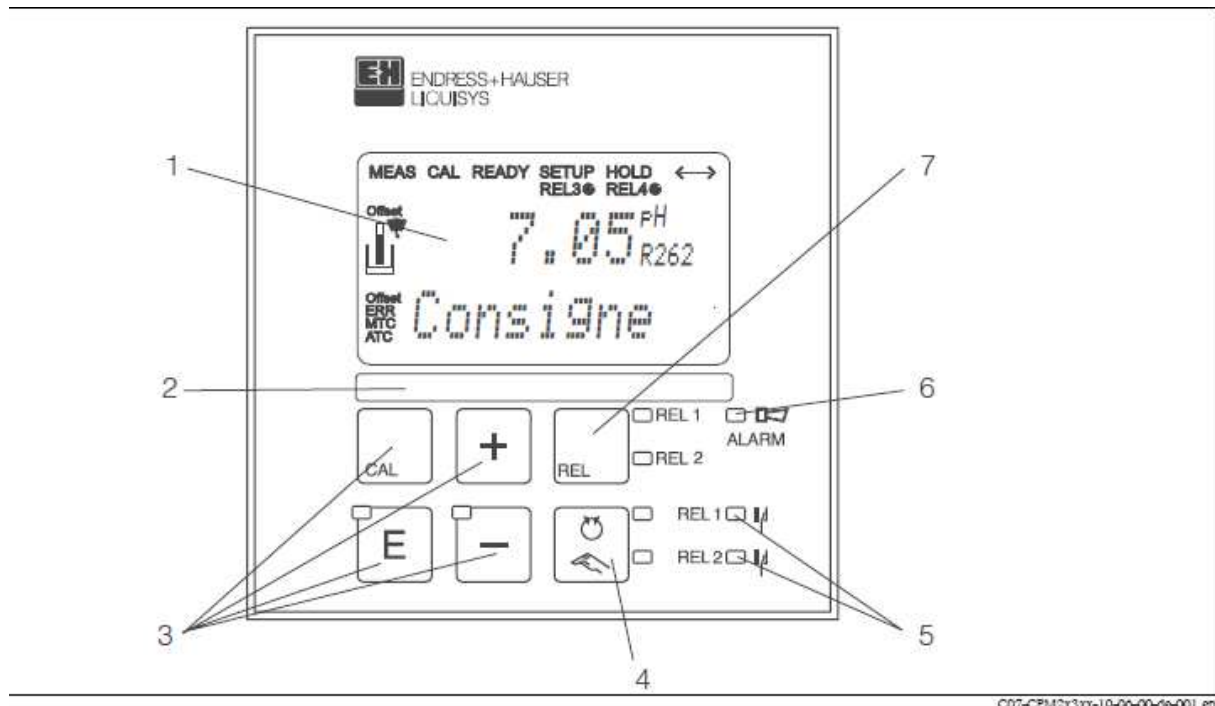
Annexe 3 : Schéma électrique des pompes doseuses



Annexe 4 : Schéma électrique du démarrage direct



Annexe 5 : Schéma électrique du démarrage électronique ou progressif



C07-CFM2x3xx-10-00-00-00-001.edp

Annexe 6 : Interface utilisateur du ph mètre

Eléments de commande

1. Afficheur LCD pour l'affichage de la valeur mesurée et des données de configuration
2. Zone libre d'inscription pour l'utilisateur
3. 4 touches de commande pour l'étalonnage et la configuration de l'appareil
4. Touche de commutation mode automatique/mode manuel
5. DEL pour les contacts de seuil (état de commutation)
6. DEL pour la fonction alarme
7. Affichage du contact actif et touche de commutation des relais en mode manuel

Procédure de l'étalonnage du PH mètre:

Pour accéder au groupe de fonction étalonnage :

- on appuie sur la touche CAL.
- Dans ce groupe de fonction, on effectue l'étalonnage du capteur. L'étalonnage de cet appareil peut se faire en mesurant dans deux solutions tampon d'étalonnage avec un PH connu, PH=7 d'abord, puis PH=4.
- On entre la température d'étalonnage de 25,0 °C.
- On entre la valeur du PH de la première solution tampon PH=7. La valeur affichée peut être éditée, elle est donnée par la solution tampon correspondante.
- Immergez l'électrode dans la solution tampon indiquée. En mode ATC, il faut en plus immerger le capteur de température dans la solution tampon. Démarrez ensuite l'étalonnage avec CAL. La valeur mesurée actuelle est affichée.
 - Commutation manuelle : si la valeur est stable, vous pouvez valider l'étalonnage pour la solution tampon 1 toujours avec la touche CAL.
 - Commutation automatique : s'effectue lorsque la valeur est stable, On fait un contrôle de stabilité : la valeur est prise en compte si stabilité est inférieure ou égale à \pm PH 0.05 pendant plus de 10 s. si après 5 min, la

valeur ne s'est toujours pas stabilisée une erreur s'affiche et l'étalonnage est interrompu.

- Et en suite on entre la valeur de PH de la deuxième solution tampon PH=4. Cette valeur doit être différente de celle de la solution tampon 1. Un contrôle de plausibilité est effectué, le test de plausibilité fait en sorte que l'étalonnage soit tout de même accepté.

Procédez comme pour le tampon 1.

Par suite, l'état de l'étalonnage est affiché, on enregistre le résultat de l'étalonnage et on valide.