



Elaboration et mise en place d'un programme d'assurance
Qualité au laboratoire de microbiologie
LESAFFRE-MAROC



**Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté de Sciences et Techniques-Fès
Département de Biologie
Master Biotechnologie microbienne**



**Projet de fin d'études en vue de l'obtention de
Master ST en « Biotechnologie, microbienne »**

**Elaboration et mise en place d'un
programme Assurance Qualité au
laboratoire de microbiologie LESAFFRE-
MAROC**

Présenté par : HAMZA KHATTAB

Encadré par :

Mr. BENNANI Ali

Pr. BELRHITI ALAOUI Aziz

Pr. CHAKROUNE Saïd

Soutenu le: 24 Juin 2011

Devant le jury composé de :

Mr. BENNANI Ali

Pr. BELRHITI ALAOUI Aziz

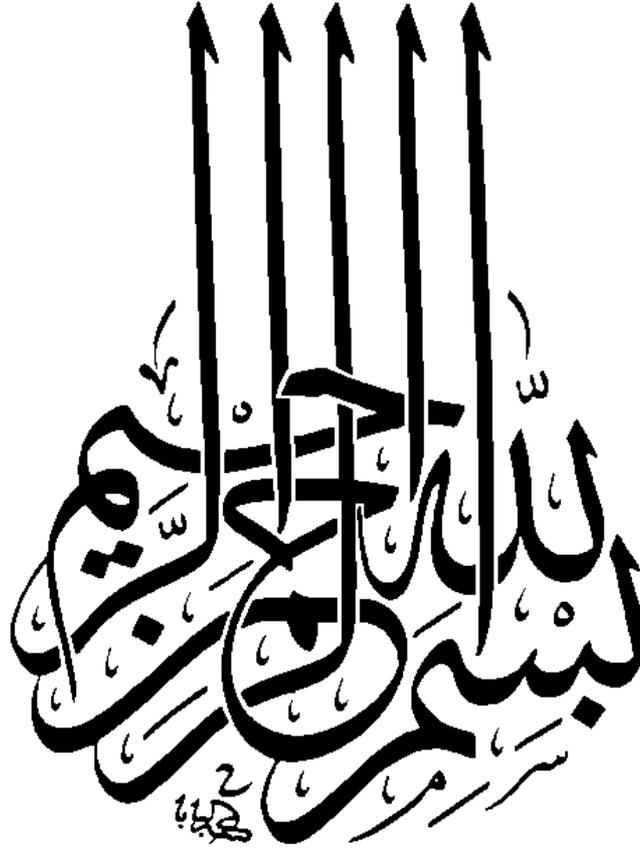
Pr. CHAKROUNE Saïd

Pr. EL FARRICHA Omar

Pr. BOUKIR Abdellatif

Pr. TAHRI JOUTEI Mohammed Ali

Année : 2010/2011



{فَتَعَالَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْآنِ مِنْ قَبْلِ
أَنْ يُقْضَىٰ إِلَيْكَ وَحْيُهُ وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا}

سورة طه - الآية 114



Remerciements

Je me dois d'adresser mes sentiments les plus distingués de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont œuvré de près ou de loin à la réussite de cette période de stage.

Tout d'abord je remercie le bon dieu ALLAH pour toutes ses grâces et pour la vie qu'il m'a donné, ensuite mes parents pour tous les sacrifices et efforts qu'ils ont fournis et qu'ils sont en train de fournir pour veiller à me garantir une formation académique solide et une vie meilleure

Mes remerciements les plus profonds, s'adressent également à Mr Belrhiti Alaoui, Mr Chakroune, et Mr Bennani, mes encadrants, qui n'ont jamais cessé de m'illuminer par des idées brillantes et des remarques intéressantes, et qui ont fourni beaucoup d'efforts pour me suivre et me diriger vers la bonne voie lors de mon stage, je les remercie encore plus pour leurs caractères sympathiques et leur politesse infinie.

Je remercie aussi les professeurs :

Pr. L.AARAB

Pr. M.A. TAHRI JOUTEI

Pr. A.BOUKIR

Pr. EL FARICHA

D'avoir accepté de faire partie de ce jury

Au terme de ce stage, j'adresse mes remerciements à tous le personnel et stagiaires du laboratoire LESAFFRE-Maroc qui ont été les piliers de la réussite de mon projet de fin d'études.

SPECIALE DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à la personne qui me tient le plus au cœur « M.B »
qui saura se reconnaître.



Sommaire

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCEUIL

I-Présentation de l'entreprise d'accueil –LESAFFRE MAROC-	2
I.1-Le Groupe LESAFFRE	2
I.2-Lesaffre dans le monde	3
I.3-Lesaffre Maroc (Ex-SODERS).....	4
I.3-Organigramme de la société.....	6
I.4-Présentation du laboratoire Lesaffre-MAROC.....	7
I.4.1-Organisation du laboratoire.....	9

Chapitre 1 : LA LEVURE ET SA PRODUCTION

II-Présentation de La levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	11
II.1-Introduction.....	11
II.2-Principales caractéristiques.....	12
III-Production de la levure de panification par biotechnologie.....	17
III.1-Historique de la panification et de la levure.....	17
III.2-Rôle de la levure dans la panification.....	18
III.3.1-Conditions industrielles de production.....	19
III.3.1.1-Matières premières.....	19
III.3.1.2-Premières étapes de la fabrication.....	23
III.3.1.3-Cycle industriel.....	24
IV-La filière « améliorants de panification ».....	33
IV.1-Définition.....	33
IV.2-Intérêt de l'utilisation des améliorants.....	33

Chapitre 2 : La Qualité et l'Assurance Qualité

V-Qualité et assurance de la qualité.....	37
V.1-Introduction.....	37
V.2-Assurance de la qualité – Pourquoi ?.....	38
V.3-Principales caractéristiques d'un programme d'assurance de la qualité.....	41
V.3.1-Responsabilités de l'administration.....	41
V.3.2-Responsabilités de l'Unité de l'assurance de la qualité.....	42
V.3.3-Responsabilités de l'analyste.....	43
V.4-Le manuel Assurance Qualité.....	44
V.4.1-Définition	44
V.4.2-Application d'un programme assurance qualité.....	44

Chapitre 3 : PARTIE PRATIQUE

VI-Eléments essentiels du programme AQ.....	47
VII-Elaboration de la documentation.....	48
VII.1-Le plan de contrôle.....	48
VII.2- Les modes opératoires.....	48
VII.3-Les fiches de suivi.....	49
VIII-Exécution du plan de contrôle.....	50
VIII.1-Le milieu ambiant du laboratoire	50
VIII.1.1-Introduction.....	50



VIII.1.2-Suivi de la charge microbienne des surfaces des plans de travail.....	51
VIII.1.3-Suivi de la charge microbienne de l'air ambiant.....	53
VIII.2-Le matériel.....	55
VIII.2.1- Suivi de l'humidité interne des étuves à incubation.....	56
VIII.2.2-Suivi des rendements de lampes à UV.....	58
VIII.2.3-Suivi des performances des balances.....	61
VIII.2.4-Suivi de la qualité de la verrerie.....	62
VIII.3-La matière première.....	64
VIII.3.1-Vérification des rendements des milieux de culture.....	64
VIII.4-La main d'œuvre.....	68
VIII.4.1-Hygiène et sécurité.....	68
VIII.4.2-Contrôles par Sondages "Tests Inter-labo ".....	69
VIII.4.3-Vérification du respect des règles de l'hygiène personnelle (mains).....	69
VIII.5-Méthodes.....	70
VIII.6-Moyens financiers et management.....	70
Chapitre 4 : RESULTATS ET DISCUSSION	
IX-Résultats et discussion.....	72
IX.1-Le milieu ambiant du laboratoire.....	72
IX.1.1-Suivi de la charge microbienne de l'air ambiant.....	72
IX.1.2-Suivi de La charge microbienne des surfaces des plans de travail.....	74
IX.2-Le matériel.....	76
IX.2.1-Suivi de l'humidité interne des étuves a incubation.....	76
IX.2.2-Suivi des rendements de lampes à UV.....	77
IX.2.3-Suivi des performances des balances.....	79
IX.2.4-Suivi de la qualité de la verrerie.....	80
IX.3-La matière première.....	83
IX.3.1-Vérification des rendements des milieux de culture.....	83
IX.4-La main d'œuvre.....	85
IX.4.1-Vérification du respect des règles de l'hygiène personnelle (mains).....	85
Conclusion générale	86
Références bibliographiques	88



Liste des abreviations

ATP : Adénosine Triphosphate

ARN : Acide Ribonucléique

DCO : Demande Chimique en Oxygène

SPI : Sphérules instantanées

SPH : Sphérules Hydratables

ISO : Organisation Internationale de Standardisation

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

AQ : Assurance Qualité

GEMS : Programme d'évaluation et de surveillance continue de la contamination des produits alimentaires

FAO : Organisation des nations unies pour l'agriculture et l'alimentation

PCA : Gélose de numération

UV : Ultra-violet

LN : Lumière Normale

UFC : Unité Formant Colonie



Introduction

Le terme qualité a subi, depuis son apparition en 1119, toute une série de changements de sens qui rendent difficile d'en donner une définition univoque et non contradictoire. Le terme vient du latin *qualitas* qui signifie "manière d'être plus ou moins caractéristique".

En philosophie, il est relatif à l'être, son attribut. Aujourd'hui et avant que le management l'utilise, son sens est relatif à la manière d'être, fait de ce qu'on est pour en quelque sorte opposer l'être et l'avoir. Le qualitatif s'oppose lui au quantitatif, notamment dans les sciences humaines.

En management il est issue du Taylorisme et se rapporte à la meilleure façon de produire et c'est ainsi qu'il a pris son formidable essor pour cette discipline, pour les entreprises et de plus plus dans le domaine des services publics. Les normes de qualité se rapportent ainsi tant aux produits (industriels, intellectuels, services, soins, enseignements, etc., etc.) qu'aux manières de le produire.

L'objectif de ce projet de fin d'étude était de mettre en place un programme assurance qualité qui s'intégrerait facilement à l'échelle du laboratoire et garantirait un haut niveau de fiabilité des résultats fournis par le laboratoire de microbiologie Lesaffre Maroc.



Elaboration et mise en place d'un programme d'assurance
Qualité au laboratoire de microbiologie
LESAFFRE-MAROC



Présentation de l'entreprise d'accueil -LESAFFRE MAROC-



I-Présentation de l'entreprise d'accueil –LESAFFRE MAROC-

1.1-Le groupe LESAFFRE

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 santé humaine et animale.

Innovation technique, maîtrise des savoir-faire, capacité à proposer des solutions sur-mesure ont contribué à construire le succès de Lesaffre. 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, des artisans et du grand public.

Symbole de proximité et de fidélité, l'hirondelle est l'emblème fédérateur du groupe Lesaffre à travers le monde.





1.2-Lesaffre dans le monde

Afin d'être au plus près de ses clients, le groupe 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, en ont fait une référence mondiale sur ses marchés Levure & Panification et Nutrition & Santé.

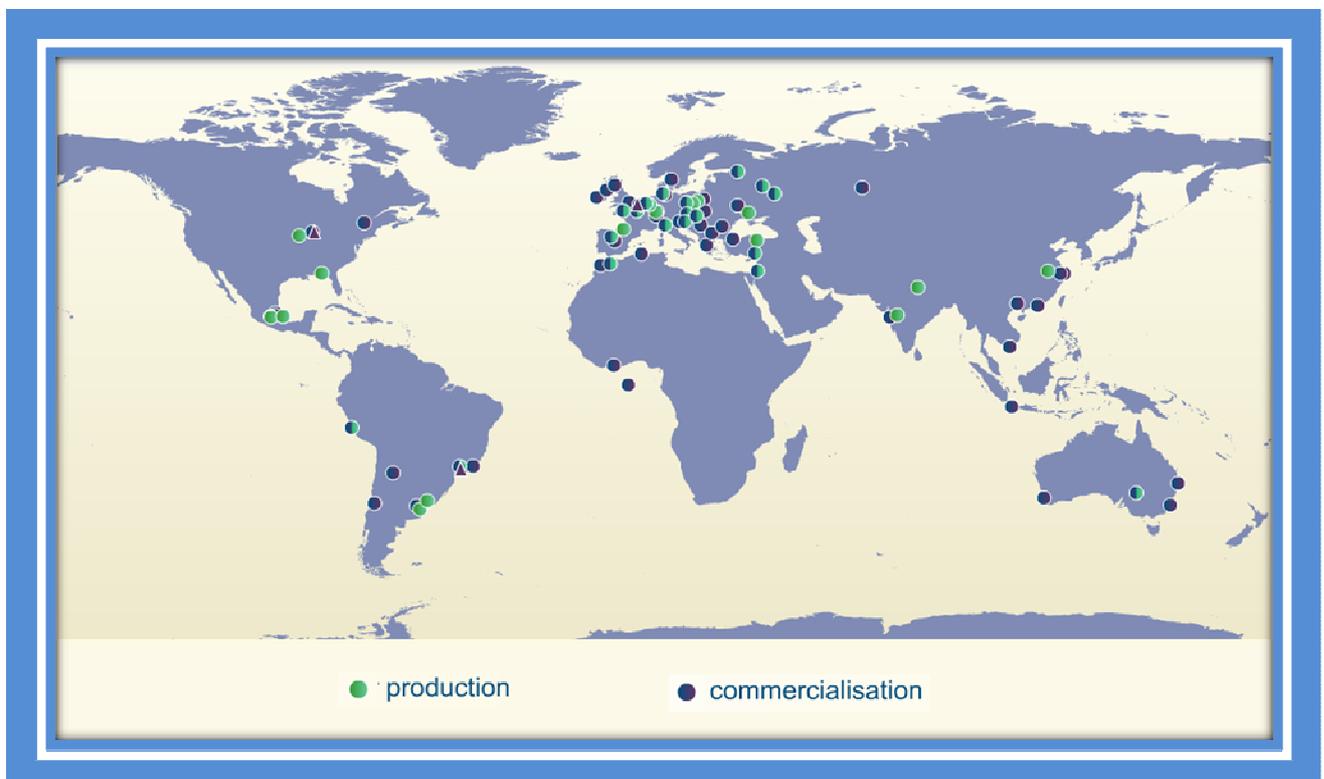


Figure 1 : Sites de production commercialisation et de distribution
LESAFFRE GROUP



1.3-Lesaffre Maroc (Ex-SODERS)

Crée en 1975, la SODERS est depuis 1993 majoritairement détendue par le groupe français LESAFFRE. Elle est ainsi devenue la première entreprise privatisée au Maroc. Elle bénéficie de l'expérience et de la maîtrise technique du leader mondial de la fabrication de levure de panification.

LESAFFRE MAROC c'est le nom qui a remplacé celui de la SODERS depuis le 1er Juin 2007, et ce dans le souci de répandre le label LESAFFRE à travers tout le Maroc.

La LESAFFRE MAROC fabrique et commercialise la levure et les améliorants de panification : les marques JAOUUDA en levure fraîche et sèche, et RAFIËA en levure sèche, les améliorants de panification IBIS BLEU et MAGIMIX ainsi que des arômes. Sa large gamme de produits en fait aujourd'hui le leader sur le marché des professionnels.

Bénéficiant du savoir-faire du groupe, la LESAFFRE MAROC possède un laboratoire d'analyses qui effectue chaque jour de nombreux tests physico-chimiques. La qualité des levures est ainsi sans cesse évaluée afin d'optimiser leurs performances : forces, fermentatives, pureté, stabilité par rapport au contexte climatique.

Par ailleurs, le service qualité de la LESAFFRE MAROC assure un suivi des produits en faisant réaliser quotidiennement des contrôles, depuis la réception des matières premières jusqu'à la livraison aux clients. Il valide à chaque étape de fabrication la conformité des produits à un cahier des charges très strict. »³⁷

Vue cette qualité remarquable de ses produits LESAFFRE MAROC a reçu deux trophées de mérite :

- Trophée du prestige Arabe en 1984 à Barcelone.
- Trophée international de qualité en 1985 à Madrid.



Carte d'identité LESAFFRE-Maroc :



Raison sociale: LESAFFRE MAROC
Directeur général: Mr Damien LESAFFRE
Forme juridique : société anonyme
Effectifs : 200 personnes (dont 20 cadres)
Secteur d'activité : L'agroalimentaire
Gamme de produits: Levures de panification et Améliorants...

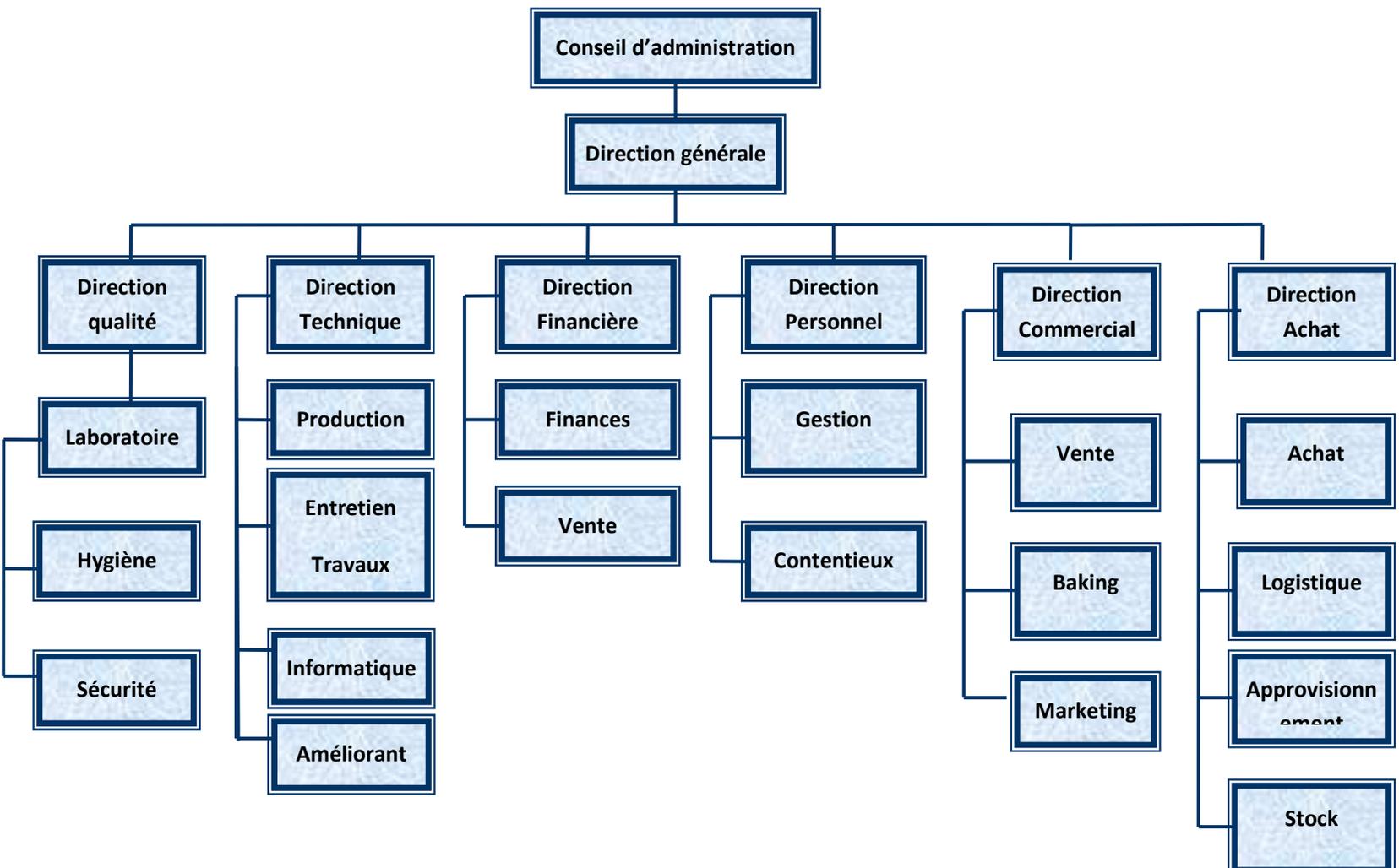


**Elaboration et mise en place d'un programme d'assurance
Qualité au laboratoire de microbiologie
LESAFFRE-MAROC**





1.3-Organigramme de la société ³⁷





1.4-Présentation du laboratoire Lesaffre-MAROC

Le laboratoire de microbiologie Lesaffre-Maroc, fait partie du laboratoire de contrôle qualité qui se situe au sein de l'usine de fabrication de levure, Lesaffre Maroc.

Adresse : Rue Ibn El Banaâ - Quartier Industriel Sidi Brahim-BP 2127,30000, Fès



Figure 3 : Image satellite montrant l'usine LESAFFRE Maroc et la position du laboratoire

Dans la mesure où les étapes de production industrielle ne sont pas conduites de façon totalement stérile, la levure de boulangerie contient toujours une microflore étrangère, principalement composée de bactéries lactiques.

Le plan de contrôle est établi de façon à vérifier l'absence de bactéries pathogènes. Le nettoyage des fermenteurs et de tous les équipements (pompes, vannes, tuyauteries) est un point important pour limiter la contamination, mais il ne faut pas négliger les étapes de récolte et d'emballage : la levure fournit un excellent milieu de culture pour les contaminants bactériens et tout dépôt de levure sur les équipements devient rapidement source d'infection.

Le laboratoire effectue les analyses suivantes :

Projet de fin d'études en vue de l'obtention d'un Master ST en Biotechnologie microbienne

Réalisé par : Hamza KHATTAB

Juin 2011



- ▶ Dénombrement de la FMAT
- ▶ Dénombrement des levures sauvages et moisissures
- ▶ Dénombrement des coliformes totaux et fécaux
- ▶ Dénombrement des présumés *E.coli*
- ▶ Dénombrement des streptocoques fécaux
- ▶ Dénombrement des Rope spores
- ▶ Dénombrement des levures revivifiables
- ▶ Dénombrement des levures totales
- ▶ Dénombrement des spores de sulfito-réducteurs
- ▶ Dénombrement des spores des présumés *Colstridium perfrengens*
- ▶ Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*
- ▶ Recherche de *Staphylococcus aureus*
- ▶ Recherche de *Listeria monocytogenes*
- ▶ Recherche de *Salmonella*
- ▶ Recherche de corps étrangers dans la levure (Filth test)



I.4.1-Organisation du laboratoire

Le laboratoire fait partie d'une structure plus grande comme le montre l'organigramme suivant :

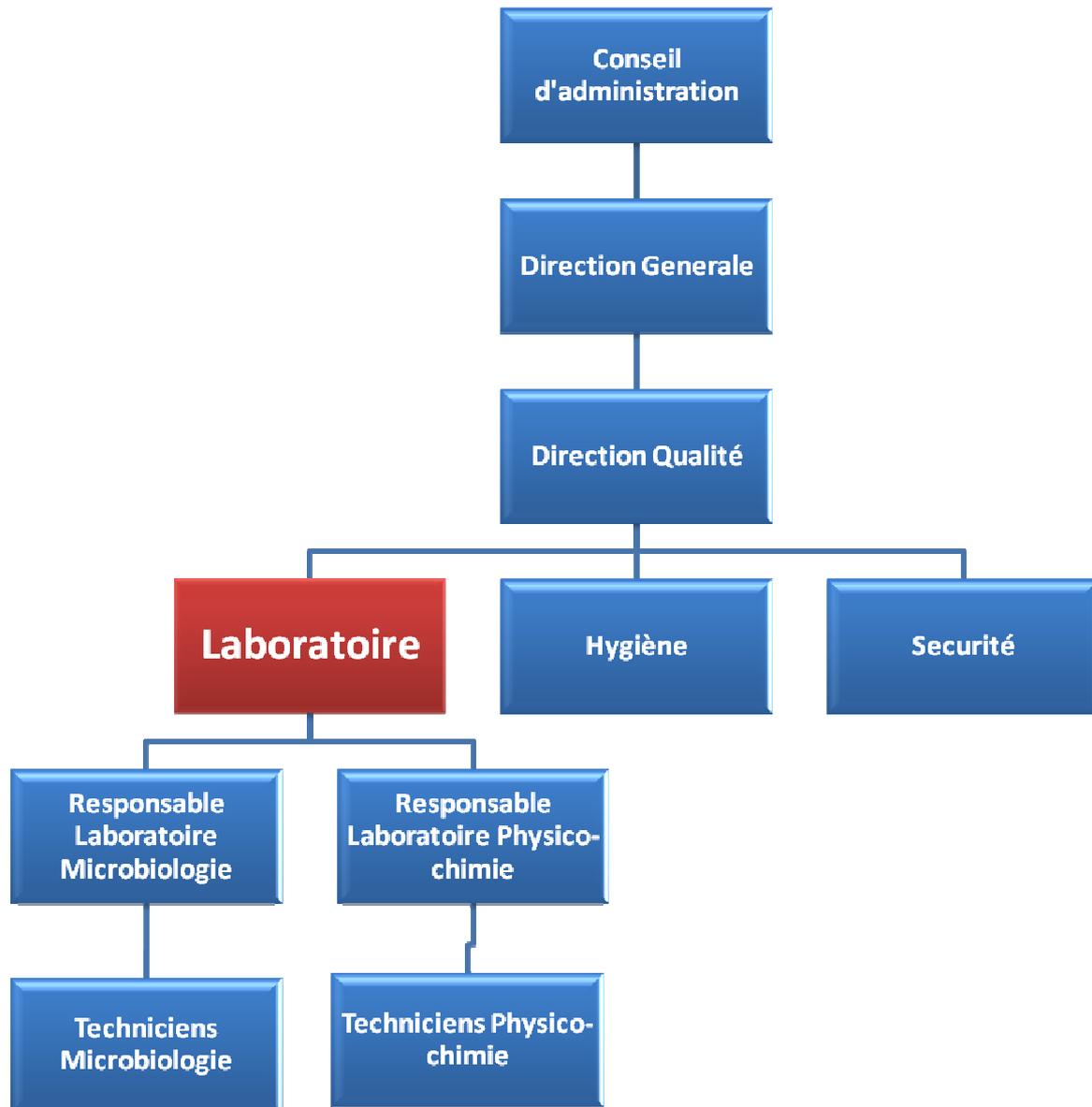


Figure 4 : Organigramme montrant la structure du laboratoire au sein de la société



Chapitre 1: La levure et sa production



II-Présentation de La levure *Saccharomyces cerevisiae*

II.1-Introduction

La levure de boulangerie peut, à juste titre, être considérée comme un des plus anciens produits issus de la fermentation industrielle. Aujourd'hui encore, elle est un des plus importants produits de la biotechnologie, à la fois par la quantité (plus de 2,5 millions de tonnes annuelles) et par la fonction (les qualités du pain levé à la levure sont reconnues à travers le monde, dépassant les frontières nationales et culturelles).⁷

Pour le biochimiste et le généticien, son importance va plus loin que sa place dans l'industrie agroalimentaire et que son rôle dans la panification. En effet, *Saccharomyces cerevisiae*, espèce à laquelle appartient la levure de boulangerie, a été et est encore l'un des organismes modèles parmi les plus utilisés dans les laboratoires de recherche universitaires pour des études biochimiques, physiologiques et génétiques : c'est l'eucaryote le plus simple; sa croissance est rapide avec un doublement toutes les deux heures, sa manipulation en laboratoire est aisée et son utilisation séculaire dans les aliments fermentés est l'assurance de son innocuité.⁸

La majeure partie des connaissances sur la physiologie et la génétique de « *Saccharomyces cerevisiae* » a été acquise dans les laboratoires universitaires sur des souches dites de laboratoire appelées avec humour « *Saccharomyces laboratorii* ». ¹⁰

Ces souches, mieux adaptées aux analyses génétiques que les souches industrielles, présentent des taux de croissance et des niveaux d'activité fermentaire nettement inférieurs à ceux des souches de levure utilisées par les industries de fermentation. En conséquence, ces connaissances ne peuvent être utilisées directement et doivent être transposées aux souches industrielles et aux conditions industrielles d'utilisation de la levure.⁶

Les avancées scientifiques ont permis des progrès importants dans la maîtrise des cultures en fermenteur, la stabilisation du produit par séchage ménageant (c'est-à-dire en lit fluidisé, permettant de conserver 80% du pouvoir



fermentatif), par exemple, et la construction de nouvelles souches mieux adaptées aux habitudes alimentaires rencontrées dans les pays utilisateurs et aux contraintes liées à l'évolution des techniques boulangères. La levure de boulangerie est donc à la fois un produit traditionnel et un produit en évolution permanente.

II.2-Principales caractéristiques

La levure de boulangerie est un champignon unicellulaire, de la classe des Ascomycètes, du genre *Saccharomyces* (le nom réfère à son affinité pour le sucre) et de l'espèce *cerevisiae* (le nom réfère à son rôle dans la fabrication de la bière) ; le nom *Saccharomyces cerevisiae* a été donné à la levure de bière en 1838 par Meyen.¹

Tableau 1 : Classification de la levure *Saccharomyces cerevisiae* ³

Règne	<i>Fungi</i>
Division	<i>Ascomycota</i>
Sous-embr.	<i>Saccharomycotina</i>
Classe	<i>Saccharomycetes</i>
Sous-classe	<i>Saccharomycetidae</i>
Ordre	<i>Saccharomycetales</i>
Famille	<i>Saccharomycetaceae</i>
Genre	<i>Saccharomyces</i>

Nom binominal

Saccharomyces cerevisiae

On peut observer, au microscope optique, des cellules individualisées, de forme ovoïde, de 4 à 10 µm de diamètre. Un gramme de levure pressée contient 8 à 10 milliards de cellules.

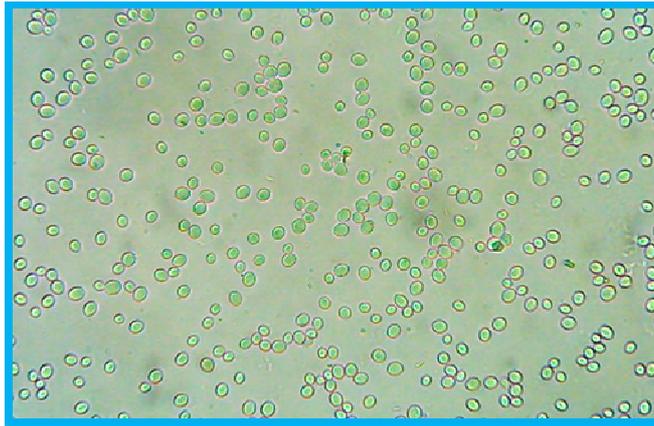


Figure 5 : Observation au microscope optique de la levure *S. cerevisiae* (G X400)

Sur une coupe observée en microscopie électronique, on distinguera, de l'extérieur vers l'intérieur, la paroi cellulaire, la membrane cytoplasmique, le noyau, des vacuoles, des ribosomes et des mitochondries.

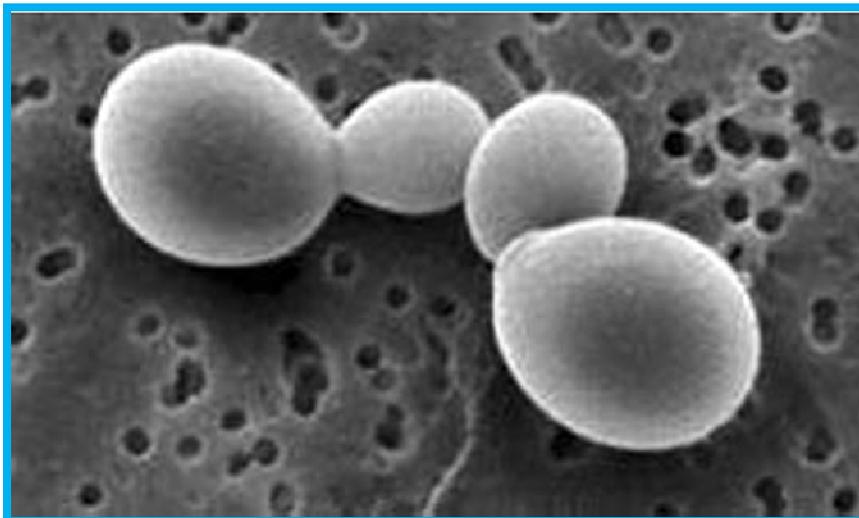


Figure 6 : Observation au microscope électronique de la levure *S. cerevisiae*

La paroi cellulaire, d'une épaisseur de 70 ± 10 nm, représente 15 à 18 % des matières sèches cellulaires ; elle est composée presque exclusivement de polysaccharides : des glucanes, polymères de glucose, reliés par des liaisons β 1-3 et β 1-6 et des mannanes, polymères de mannose, dont le squelette est formé de liaisons β 1-6 et dont les ramifications comprennent des liaisons β 1-2 et β 1-3.

Le rôle de la paroi est principalement de protéger et de maintenir la forme de la cellule de levure, grâce à sa structure semi-rigide : les glucanes forment un



réseau de fibrilles maintenu par liaisons covalentes et liaisons hydrogène ; les mannanes et les complexes mannanes-protéines, de masses moléculaires élevées et insolubles, forment la couche la plus externe, portant les déterminants antigéniques. Cependant, la paroi a une certaine élasticité qui lui permet de réagir, par des variations de volume cellulaire, aux conditions de pression osmotique du milieu. La membrane cytoplasmique, composée principalement de lipides (triglycérides, phospholipides et stérols), de protéines et de lipoprotéines, a une structure en bicouche, caractérisée par un arrangement des molécules phospholipidiques côte à côte et dos à dos, avec les groupements polaires vers l'extérieur. Dans cette structure s'intercalent les protéines. Le rôle de la membrane est capital pour le métabolisme de la levure. ¹²

Ses trois fonctions principales sont :

- de former une barrière extensible qui permet à la cellule de gonfler ou de rétrécir selon la pression externe ;
- de contrôler l'entrée ou la sortie de solutés, soit par diffusion simple, soit par transport actif grâce à de nombreuses enzymes appelées perméases ;
- de servir de base sur laquelle les composants de la paroi sont attachés. Le cytoplasme est une substance colloïdale dans laquelle se déroule toute une série de réactions biochimiques.

Il contient de nombreux organites dont les principaux sont :

- le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi, réseau de membranes, intervenant dans la sécrétion de protéines ;
- le noyau qui contient les chromosomes au nombre de 16 pour la forme haploïde ;
- les vacuoles, lieux de stockage de nombreuses substances de réserve. Elles jouent pour la levure le rôle de lysosomes, c'est-à-dire qu'elles contiennent à l'état inactif des enzymes (protéases, nucléases, estérases...) capables d'hydrolyser certaines macromolécules. Ces enzymes deviennent actives, en particulier au cours de la lyse cellulaire ;



– les mitochondries, structures sphériques ou en bâtonnets, de 0,3 à 1 μm de large et jusqu'à 3 μm de long, entourées d'une double membrane. Elles sont le siège de la respiration. Elles sont équipées d'enzymes capables d'oxyder divers substrats, avec des systèmes de transport d'électrons et d'enzymes qui convertissent l'énergie libre des réactions oxydatives en ATP.

– les ribosomes, sites de synthèse des protéines sont des particules composées de deux sous-unités (40 S et 60 S) et ressemblent aux ribosomes des autres organismes.

La levure de boulangerie est caractérisée par sa richesse en ARN ribosomique (ARN = acide ribonucléotidique).⁴

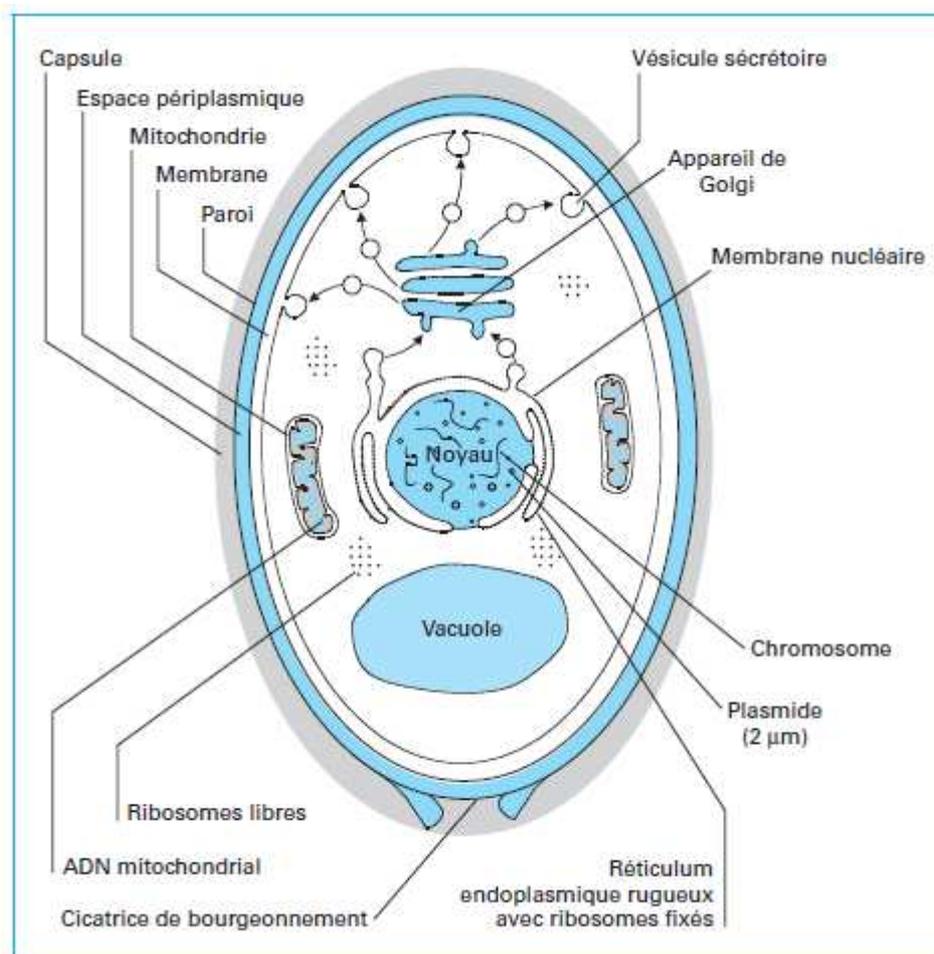


Figure 7 : Schéma représentatif de la cellule de levure *S. cerevisiae* 13



La levure de boulangerie appartient à un groupe mineur de levures : les levures aérobies facultatives et fermentaires, capables d'utiliser le glucose en présence ou en absence d'oxygène et de fermenter le glucose même en présence d'air.

La levure tire son énergie du sucre en anaérobiose, le sucre est fermenté. L'oxydation du glucose est incomplète : $\text{Glucose} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{éthanol} + \text{énergie}$ (56 kcal soit 234 kJ) Cette voie métabolique, appelée glycolyse, fait intervenir pas moins de 12 enzymes, qui constituent de 30 à 65 % des protéines cytosoliques selon les cas.

On estime que 95 % du glucose est transformé en $\text{CO}_2 + \text{alcool}$ et que 5 % aboutit à des produits de fermentations secondaires : glycérol, acides organiques, aldéhydes, esters, alcools supérieurs, etc.

L'ensemble de ces réactions est la base de la fermentation panair : le gaz carbonique provoque la levée de la pâte tandis que les métabolites secondaires contribuent à la création du goût et de l'arôme du pain.

En aérobiose, l'oxydation du glucose est complète : $\text{Glucose} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{eau} + \text{énergie}$ (688 kcal soit 2 880 kJ) Comme en anaérobiose, le glucose suit la voie de la glycolyse jusqu'au pyruvate ; mais, en présence d'oxygène, celui-ci ne sera pas transformé en éthanol mais en acétyl-CoA qui permettra l'entrée dans le cycle de dégradation des acides tricarboxyliques ou cycle de Krebs qui permet la synthèse de composés riches en énergie, précurseurs de lipides et de protéines. En raison de son meilleur rendement énergétique, la voie respiratoire est utilisée préférentiellement par la levure. Cependant, si la concentration en sucre du milieu augmente ($> 100 \text{ mg/L}$), il y a inhibition de la respiration par la fermentation et production d'alcool malgré la disponibilité d'oxygène. C'est l'effet Crabtree, appelé aussi effet glucose ou répression catabolique ou, dans certains documents anciens, « contre-effet Pasteur » : le glucose réprime l'expression de gènes codant pour des enzymes impliquées dans son propre métabolisme ou dans celui d'autres sources de carbone. Dans la levure, ce sont principalement les enzymes du cycle de Krebs qui sont soumises à la répression catabolique. ¹¹



III-Production de la levure de panification par biotechnologie

III.1-Historique de la panification et de la levure

Il y a au moins cinq mille ans que l'homme a inventé le pain, après avoir utilisé, pendant une très longue période, des préparations de céréales, bouillies ou galettes, comme élément de base de sa nourriture.

Les Égyptiens puis, plus tard, les hébreux, ont observé que, avec de la pâte naturellement fermentée, on pouvait faire lever les galettes traditionnelles et leur donner une saveur et une texture nouvelles : le pain était né.

Les boulangers continuèrent pendant longtemps à utiliser presque exclusivement l'ensemencement au levain, pâte dans laquelle on a laissé se développer les microorganismes naturellement présents dans la farine. Ces microorganismes sont des levures de différents genres et espèces et des bactéries acidifiantes.

À la fin du XVII^e siècle, les boulangers français commencèrent à ajouter de la levure de bière au levain, ce qui améliorait le goût et accélérait la levée du pain. C'est vers 1840 qu'un boulanger autrichien introduisit en France l'utilisation de la levure seule. La fabrication du pain viennois, dite sur poolish, restait limitée aux pains de luxe car elle nécessitait une première préparation liquide, faite d'eau, de farine et de levure, qu'on laissait fermenter plusieurs heures avant d'ajouter le reste de la farine, de l'eau et du sel pour obtenir la pâte.

Les premières levures pressées, commercialisées sous forme de blocs, apparurent en Allemagne en 1825. Mais l'industrie de la levure a réellement démarré en Autriche en 1867 avec le procédé Mautner.²

Ce procédé empirique consistait à préparer un moût de grains, de telle sorte que le dégagement gazeux entraînait la levure à la surface où elle était recueillie.

En 1872, le baron Max de Springer, venu de Vienne, créa à Maisons-Alfort, près de Paris, la première fabrique française de levure de grains, selon la méthode viennoise : ce furent les débuts de la société Fould-Springer.



La Société « Lesaffre et Bonduelle », ancêtre du groupe Lesaffre, imita son confrère et commença également en 1872 à vendre, comme levure de boulangerie, la levure extraite des moûts de fermentation de grains, produits dans sa distillerie de Marcq-en-Baroeul, près de Lille.

Les recherches de Louis Pasteur en 1876 avaient révélé que l'insufflation d'air favorisait la croissance de la levure – les levuriers adoptèrent rapidement l'aération continue du moût qui permettait d'obtenir davantage de levure et moins d'alcool.

Les progrès décisifs se firent entre 1915 et 1920 en Allemagne et au Danemark avec le procédé d'alimentation continue qui consiste à synchroniser l'addition des sucres, dont se nourrit la levure, avec la croissance de celle-ci. La fabrication moderne de levure repose toujours sur ces bases.⁵

III.2-Rôle de la levure dans la panification

La fermentation joue donc un rôle prépondérant dans l'élaboration des qualités physiques du pain, par la levée de la pâte qui contribue à la formation du réseau glutineux, et dans le développement de ses qualités organoleptiques grâce aux fermentations secondaires.

La pâte à pain est constituée de farine, d'eau, de sel (1,5 à 2 % de la farine), de levure (0,5 à 6 % selon les formules), auxquels peuvent être ajoutés, selon les recettes, du sucre, des matières grasses et des adjuvants ou additifs autorisés appelés améliorants de panification.

Il convient de distinguer trois types de sucres pouvant être fermentés par la levure :

— les sucres préexistants, qui représentent environ 1 % de la farine : glucose, fructose, saccharose, raffinose et lévulosine qui est un polymère formé d'un résidu glucose relié à plusieurs molécules de fructose. L'invertase de la levure, enzyme externe, est capable d'hydrolyser saccharose, raffinose et lévulosine pour libérer du glucose et du fructose directement assimilables et fermentescibles ;

— le maltose, qui provient de la dégradation enzymatique de l'amidon de la farine par les α et β -amylases présentes dans celle-ci, pénètre grâce à une perméase spécifique dans la cellule où il est hydrolysé par la maltase en deux



molécules de glucose. Maltase et maltoperméase sont induites par le maltose et plus ou moins réprimées par le glucose, selon les souches ;

— les sucres ajoutés, dont la dose et la nature varient selon les recettes et les pays. En France, le saccharose est encore souvent employé mais il peut être remplacé, comme aux USA, par des sirops de glucose et fructose, plus faciles à utiliser en boulangerie industrielle. Dans d'autres pays, des matières premières locales, comme le jus de datte, peuvent être employées.

Lorsque la quantité de sucre ajouté augmente ($> 5\%$ de la farine), on observe une diminution de l'activité fermentative, proportionnelle à l'augmentation de la pression osmotique. Cette dernière étant proportionnelle au nombre de molécules dissoutes dans l'eau libre de la pâte, on notera que l'addition de sirop de glucose + fructose engendre une pression osmotique supérieure à celle d'une quantité équivalente de saccharose. Pour la même raison, les levures riches en invertase seront moins performantes dans les pâtes riches en saccharose que des levures à taux d'invertase plus bas. ¹³

III.3.1-Conditions industrielles de production

III.3.1.1-Matières premières

Les matières premières utilisées doivent répondre aux exigences nutritionnelles imposées par la croissance et la multiplication des cellules de levure.

Si la levure est produite sur un milieu de composition définie, à base de glucose comme substrat carboné et de sels d'ammonium et de phosphate comme sources d'azote et de phosphore, le milieu de culture devra être complété par un apport de sels minéraux, de vitamines et d'oligoéléments. Une composition type de milieu a été donnée dans le brevet de Plomb et est reprise dans le tableau 2. ¹³



Tableau 2 – Besoins nutritifs pour la croissance de la levure, pour un kilogramme de glucose dans le milieu

Matière première	Quantité	Matière première	Quantité
Sels minéraux		Vitamines	
K_2SO_4	24 g	B1	25 mg
$MgSO_4, 7H_2O$	12 g	B2	1,25 mg
$CaCl_2, 2H_2O$	1,6 g	B5	95 mg
		B6	12 mg
Oligoéléments		Biotine	0,5 mg
$Fe(NH_4)_2 (SO_4)_2, 6H_2O$	1 025 mg	Acide <i>p</i> -aminobenzoïque	5,8 mg
$ZnSO_4, 7 H_2O$	192 mg	Acide nicotinique	40 mg
$CuSO_4, 7H_2O$	30 mg	Acide nicotinamide	40 mg
$MnSO_4, H_2O$	17 mg		
H_3BO_3	23 mg	Inositol	1 440 mg
$Na_2MoO_4, 2H_2O$	23 mg	Ribitol	43 mg
KI	11 mg		

Ce milieu est complexe et onéreux, c'est pourquoi les mélasses de sucrerie de betterave ou de canne sont des substrats de choix sur les plans économique et technique et sont, à ce jour, la principale matière première utilisée en levurerie.

Leur composition est variable et dépend des procédés sucriers dont elles sont issues ainsi que de la qualité des récoltes. On trouvera, dans le tableau 3, la composition type de mélasses de betterave et de canne.

Les 77 à 82 % des matières sèches de la mélasse apportent pour l'essentiel du saccharose comme source de carbone, des minéraux, des oligoéléments et des vitamines. La mélasse de betterave contient environ 1 à 1,5 % de raffinose (trisaccharide formé de galactose-glucose-fructose) dont la levure n'assimile que le résidu fructose car elle ne possède pas d'activité α -galactosidase pour hydrolyser le mélibiose (galactose-glucose).¹³



Tableau 3 – Composition type des mélasses (en % des matières sèches totales)		
Matière première	Mélasse de betterave	Mélasse de canne
Sucres totaux	66,5	73,1
Saccharose	63,5	45,5
Raffinose.....	1,5	0
Sucre inverti	0	22,1
Autres	1,5	5,5
Composés organiques totaux	23,0	15,2
AG et PY (1)	4,0	2,4
Aminoacides	3,0	0
Bétaïne.....	5,5	0
Autres formes d'azote	0	3,1
Acides organiques	5,5	7,0
Pectines, etc.	5	2,7
Composés minéraux totaux	10,5	11,7
K ₂ O.....	6,0	5,3
Na ₂ O	1,0	0,1
CaO	0,2	0,2
MgO	0,2	1,0
Al ₂ O ₃ ; Fe ₂ O ₃	0,1	0
SiO ₂	0,1	0
Cl	1,7	1,1
SO ₂ + SO ₃	0,5	2,3
P ₂ O ₅	0,1	0,8
N ₂ O ₅	0,4	0
Autres	0,2	0,9

(1) Acide glutamique + acide pyrrolidine carboxylique.

La levure a besoin de biotine (vitamine H) pour sa croissance. Les mélasses de canne en sont riches (0,5 à 0,8 ppm). Dans le cas de fermentations sur mélasses de betterave ou d'autres substrats carbonés comme des hydrolysats d'amidon, cette vitamine doit être ajoutée à raison de 60 à 100 µg pour 100 g de matières sèches de levure produite. Les autres vitamines sont habituellement présentes en quantités suffisantes dans les mélasses. Les vitamines B1 et B6 sont quelquefois ajoutées pour améliorer l'activité fermentative de la levure.



L'apport azoté des mélasses est largement insuffisant pour couvrir les besoins de la levure. La bétaine présente dans la mélasse de betterave n'est pas assimilée. Le taux d'azote de la levure de boulangerie varie de 6 à 9 % sur matières sèches soit 37 à 56 % de protéines. La composition azotée dépend de la qualité souhaitée : une levure riche en azote est plus active mais moins stable. L'apport d'azote dans le milieu se fait habituellement sous forme d'hydroxyde ou de sels d'ammonium (sulfate ou phosphate), ou d'urée. Cette dernière, qui exige pour sa bonne assimilation des niveaux élevés de biotine, est utilisée principalement avec la mélasse de canne.

La mélasse manque de phosphore. En règle générale, la composition en phosphore de la levure, exprimée en P_2O_5 , représente un tiers de celle de l'azote, soit entre 2 et 3 % sur matières sèches. Le phosphore est ajouté sous forme d'acide phosphorique ou de ses sels.

Les mélasses contiennent suffisamment de potassium, de calcium et de soufre, mais du magnésium (et parfois du zinc) doivent être ajoutés.

Elles peuvent, dans certains cas, présenter une toxicité pour la croissance des levures. Les éléments toxiques sont mal définis ; ils proviennent des techniques agricoles ou sucrières (ammonium quaternaire, sulfites, fongicides) ou de minéraux en excès (Na^+) ou encore d'acides gras à chaînes courtes. Dans le processus de levurerie, la mélasse est filtrée, diluée, clarifiée et stérilisée. Il est relativement facile de clarifier la mélasse de betterave, tandis que la mélasse de canne contient des substances colloïdales qui rendent la clarification plus difficile.

D'autres substrats carbonés peuvent être utilisés pour la production de levure de boulangerie. Autrefois, avant 1920, la principale source de carbone était le maltose dérivé des moûts de grains convertis en maltose. Les sirops de glucose, obtenus par hydrolyse enzymatique des amidons de maïs ou de blé, sont une bonne matière première potentielle, pouvant être utilisée seule, comme source de carbone, ou en complément d'autres matières premières carbonées et présentant l'avantage de diminuer sensiblement la DCO des effluents. ¹³



III.3.1.2-Premières étapes de la fabrication

La conduite de la multiplication des cellules de levure répond à un triple objectif :

- celui de fournir au client un produit adapté à ses besoins, notamment en termes de pouvoir fermentatif, de stabilité et de présentation ;
- celui de maîtriser les risques de contamination microbologique
- celui de produire la levure au meilleur prix.

À partir du tube gélosé contenant la souche, une série de cultures dans des volumes de plus en plus grands conduira au produit commercial.

Les premières étapes, réalisées au laboratoire dans des conditions strictes de stérilité, sont appelées culture pure. Elles sont réalisées dans un milieu nutritif riche composé de saccharose et d'extrait de levure en batch agité. Il y a donc coproduction d'alcool.

Les différentes étapes de la production sont présentées dans la figure suivante :

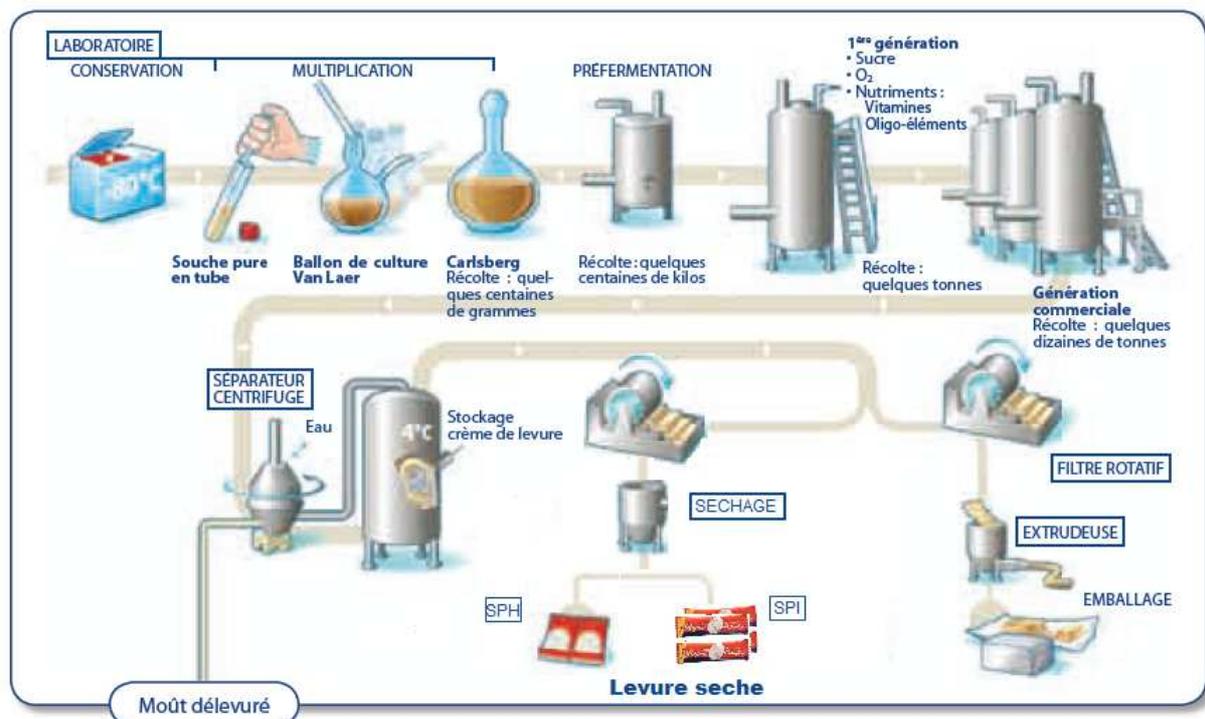


Figure 8 : schéma représentant les différentes étapes de fabrication de la levure boulangère 9



III.3.1.3-Cycle industriel

a-Conditions générales

Les fermentations commerciales sont menées en mode semi-continu (fedbatch), Cette méthode consiste à pourvoir aux besoins en sucres de la levure en les apportant graduellement, de telle sorte qu'ils ne s'accumulent pas dans le milieu. La mélasse est coulée en quantités progressives, en fonction de la masse cellulaire présente à un instant donné, et de la capacité du milieu à dissoudre l'oxygène. Il n'y a pas de soutirage simultané et la fermentation se termine quand le fermenteur est plein. La durée totale d'une fermentation est comprise entre 10 et 18 h. ¹³

❖ **Le rendement théorique de conversion du sucre en levure** en anaérobie est $Y_s = 0,075$ (g/g) tandis que, en conditions d'aérobie sur substrat mélasse, il est généralement de l'ordre de 0,5 : on comprend aisément que le producteur de levure recherche les conditions permettant d'optimiser le rendement. Il faut pour cela respecter deux conditions :

— le taux de croissance : $\mu = \frac{1}{x} \frac{dx}{dt}$ ne doit pas dépasser 0,2 ; avec x =biomasse, t =temps ;

— la concentration du substrat présente à un moment donné ne doit pas dépasser 1 mM en glucose pour éviter l'effet Crabtree. ¹³

❖ **Le quotient respiratoire** $RQ = Q_{CO_2}/Q_{O_2}$ est défini comme le rapport entre le CO_2 produit exprimé en moles de CO_2 par gramme de matières sèches de levure et par heure, et l'oxygène consommé exprimé en moles d' O_2 par gramme de matières sèches de levure et par heure. En aérobie, le quotient respiratoire est égal à 1.

Pour des taux de croissance supérieurs au taux critique μ qui est environ de 0,2 et dépend des conditions de préculture et de la souche utilisée, le quotient respiratoire augmente à des niveaux correspondant à la fermentation.

Très rapidement, il y a production d'éthanol et le rendement chute de manière drastique. Cet effet est démontré en fermentation continue, à l'état

d'équilibre, en faisant varier le taux de dilution, c'est-à-dire le taux de renouvellement du milieu dans le fermenteur qui est égal au taux de croissance. ¹³

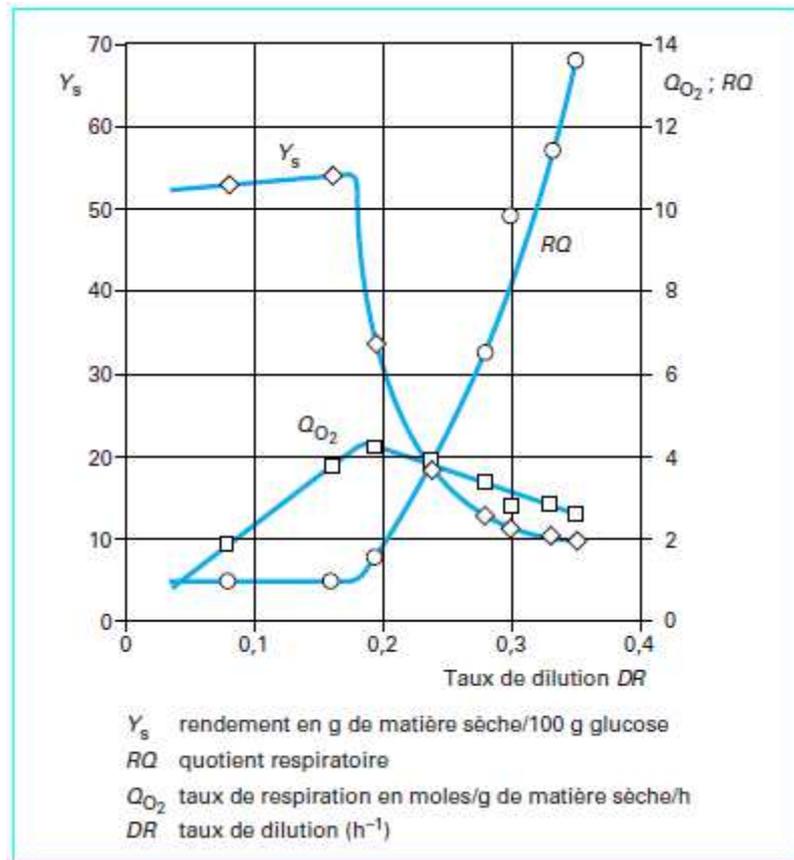


Figure 9 : Effet du taux de dilution sur le métabolisme de la levure en culture continue¹³

- ❖ **La quantité d'oxygène** nécessaire à la croissance est de l'ordre de 1g d'oxygène par gramme de matières sèches de levure. L'oxygène est fourni en « soufflant » de l'air à travers le liquide contenu dans le fermenteur. Le volume d'air soufflé par minute est de 1 fois à 1,5 fois le volume de liquide dans le fermenteur. On peut utiliser de l'air enrichi en oxygène. L'efficacité des systèmes d'aération est très variable. D'une façon générale, il est intéressant d'obtenir des bulles plus petites qui remontent plus lentement dans le fermenteur et qui présentent une plus grande surface totale de bulles, ce qui améliore la surface d'échange et le transfert d'oxygène. De nombreux systèmes ont été décrits et sont utilisés : réacteurs à boucle de type air-lift, réacteurs à colonne à bulles, réacteurs-tanks agités. ¹³



- ❖ L'aération intense des fermenteurs provoque une formation de mousse importante, nécessitant l'emploi d'**agents antimousses** : huiles végétales de qualité alimentaire ou antimousses synthétiques autorisés. L'addition d'antimousse se fait automatiquement grâce à une sonde située au-dessus du niveau de liquide dans le fermenteur. Les agents antimousses affectent le transfert d'oxygène d'une façon complexe : ils tendent à diminuer les coefficients de transfert d'oxygène, mais augmentent la surface de l'interface entre les bulles d'air et le liquide. ¹³
- ❖ La levure de boulangerie tolère **une large gamme de pH**, de 3 à 6 avec un optimum de croissance à pH 4,5 à 5. La plupart des fermentations commerciales commencent à des pH bas pour limiter la contamination bactérienne et se terminent à pH entre 5 et 6. ¹³
- ❖ La production de levure dégage une grande quantité de chaleur qui est fonction du taux de multiplication et de la concentration cellulaire, La valeur mesurée est de l'ordre de 4,4 kcal/g (18,4 kJ/g) de matières sèches produites, supérieure à la valeur théorique de 3,9 kcal/g (16,3 kJ/g) qui est déduite de l'équation simplifiée de Harrison :

Saccharose + Ammonium + Oxygène

200 g 10,4 g 102,5 g

→ Levure + H₂O + CO₂ + 387 Kcal (Soit 1 620 kJ)

100g 72,2g 145,6 g

Le refroidissement des cuves se fait par circulation d'eau froide dans un réseau de tuyauteries situé le long des parois du fermenteur ou par échangeur thermique à plaques. La capacité de refroidissement des cuves est le deuxième facteur limitant, après l'apport d'oxygène, pour la productivité des grands fermenteurs. ¹³

- + Au dernier stade de fermentation, la concentration finale en cellules atteint régulièrement 5 à 6 % (exprimé en matières sèches). Expérimentalement, au



stade pilote, avec un transfert d'oxygène adapté, des concentrations de 10 % peuvent être atteintes. ¹³

b-Génération successive

Le premier stade de fedbatch (G1) permet de récolter entre 35 et 40 fois l'ensemencement initial.

Les conditions ne sont plus celles d'une stérilité parfaite mais sont en conformité avec les normes de l'agroalimentaire.

La récolte obtenue, séparée ou non du moût, servira à ensemer la 2^e génération industrielle (G2). Les taux de multiplication sont plus bas car le coefficient de transfert de l'oxygène et la capacité de refroidir le fermenteur limitent la concentration de la biomasse pouvant être produite. On récolte 5,5 à 6 fois la quantité de levure ensemencée dont une partie servira à ensemer la génération suivante.

La conduite de dernière génération, ou génération commerciale, est primordiale pour ce qui concerne la qualité de la levure :

- l'ajustement de la composition biochimique (azote, P_2O_5 , sucres de réserve) dont dépendront le pouvoir fermentatif et la stabilité ;
- l'aptitude à fermenter dans des conditions d'applications spécifiques (pâtes acides, sucrées, surgelées...) ;
- l'aptitude à subir des traitements physiques comme le séchage.

✚ En génération commerciale, la multiplication totale est également de l'ordre de 6. Elle se termine habituellement par une phase de mûrissement dont le but est d'assurer la stabilité de la levure en lui permettant de synthétiser des sucres de réserve (tréhalose, glycogène) en fin de fermentation. ¹³

c-Récolte et conditionnement de la levure fraîche

La séparation des cellules de levure du moût de fermentation s'effectue en continu sur des centrifugeuses à plateaux, qui permettent de laver la levure et d'obtenir une suspension ou crème de levure à 18 à 20 % de matières sèches, ce qui correspond à environ 50 % de cellules en volume.



La crème est refroidie à 4°C sur échangeur à plaques et stockée à cette température dans des cylindres de garde.

- ❖ La présentation la plus répandue reste la levure pressée, sous forme de blocs compacts appelés pains de levure. Elle est obtenue par concentration de la crème sur un filtre rotatif sous vide, appelé déshydrateur. L'addition de 0,5 % de sel à la crème avant la filtration permet d'extraire plus d'eau des cellules par la différence de pression osmotique.

Deux rampes de lavage éliminent le sel du gâteau de levure aspiré sur la précouche de fécule du déshydrateur. On obtient ainsi des matières sèches de 30 à 33 %.

Après raclage, le gâteau est malaxé, boudiné et extrudé au travers de filières téflonnées de sections carrées, puis divisé en pains.

- ✚ La levure fraîche, sous ses différentes présentations, doit être transportée et stockée à des températures de 3 à 7°C. Elle conserve ainsi une bonne activité fermentative et une bonne qualité bactériologique pendant au moins 3 à 4 semaines. ¹³

d-Techniques de séchage

Les différentes techniques de séchage partent du gâteau de levure prélevé à la sortie du déshydrateur.

- ❖ La levure sèche à réhydrater peut être produite sous forme de granules plus ou moins poreux ou de sphérules, petites billes de 0,2 à 1 mm de diamètre.





Figure 10 : Différents types de levure sèche produite par Lesaffre-Maroc observées à la loupe

La levure à 30-35 % de matières sèches est extrudée en particules de 1 à 4 mm de section et 1 à 3 cm de long.

Pour la production de granules, ces fibres sont transportées en continu sur un tapis à mailles métalliques, dans un tunnel comportant 4 à 6 chambres traversées par des flux d'air verticaux portés à des températures différentes.

La durée du processus de séchage est de 3 à 5 h, à des températures ne dépassant pas 45°C.

Les « granules » sont obtenus par broyage et tamisage.

- ❖ **Les sphérules** sont obtenues par séchage, dans des tambours rotatifs, de particules extrudées comme ci-dessus. Les particules sont projetées, en permanence, dans un courant d'air chaud jusqu'à 60°C, qui traverse le tambour.

Leur frottement continu contre la paroi entraîne la formation de petites billes qui se lissent et s'entourent d'une « coque » de cellules mortes qui fera office de barrière protectrice contre l'oxygène et l'humidité.

Le séchage, jusqu'à l'obtention de 92,5 %±1 % de matières sèches, peut être mené entièrement en tambour ou bien on pourra préférer une finition sur tour. La durée totale du processus est de l'ordre de 15 à 18 h.

- ❖ **La levure sèche instantanée** est obtenue par traitement sur lit fluidisé, en continu ou par batches successifs. Lors du malaxage, un émulsifiant est ajouté à la levure pour favoriser la réhydratation ; il s'agit en général de monoesters de sorbitan.

Le gâteau de levure est ensuite extrudé en « vermicelles » de 0,6 mm de diamètre et de 20 à 40 cm de longueur. Le passage de l'air chaud s'effectue au travers de soles perforées, de bas en haut, ce qui a pour effet de mettre en suspension les vermicelles qui se fragmentent.

La température de l'air est élevée pendant la phase d'évaporation de l'eau libre, mais le produit ne devra pas dépasser 40°C pendant la seconde phase du séchage.

La durée totale du séchage est de l'ordre d'une heure pour atteindre 95% de matières sèches. Les particules obtenues sont fines et poreuses, ce qui les rend très hygroscopiques et perméables à l'oxygène.



L'emballage est donc effectué sous vide d'air après balayage d'azote ou sous gaz neutre dans des sachets formés d'un complexe de polyéthylène et d'aluminium imperméable à l'eau et à l'air. ¹³

e-Contrôle sur les produits finis

Le contrôle qualité régulier porte sur les cinq points suivants.

e.1-Aspect et caractères organoleptiques

La levure de teinte claire, blanc crème ou ivoire, doit présenter une odeur *sui generis* (due au glutathion et à la vitamine B1) sans odeur étrangère.

Pour la levure pressée en pains, la consistance et la friabilité sont contrôlées.

Pour les levures sèches, on surveillera la taille et la forme des particules. ¹³

e.2-Composition biochimique

Le contrôle porte sur le taux de matières sèches, d'azote et de phosphore.

e.3-Activité fermentative

L'aptitude à fermenter la pâte à pain est vérifiée sur chaque lot. Différentes méthodes sont utilisées permettant de mesurer la vitesse du dégagement de gaz carbonique sur des pâtons à base de farine de blé auxquels sont ajoutés les principaux ingrédients rencontrés dans les formules de panification : chlorure de sodium, sucres, sels d'acides faibles.

La plus répandue et celle utilisée par Lesaffre Maroc est le fermentomètre de Burrows et Harrison, qui permet douze mesures simultanées sur des pâtons à base de 20 g de farine.

Le Risographe matériel proche du fermentomètre qui permet l'enregistrement des volumes gazeux en fonction du temps sur douze réacteurs contenant 100 g de pâte.

Le fermentographe SJA, le rhéofermentomètre de Chopin permettent de travailler sur des pâtons de 250 à 400 g, sont plus proches de la panification mais plus lourds à mettre en oeuvre en routine. ¹³



e.4-Bonne aptitude à la conservation

Cela concerne le maintien de l'aspect et surtout du pouvoir fermentatif après un test de vieillissement accéléré à 21 ou 26°C pour les levures pressées, à 35 ou 43°C pour les levures sèches. ¹³

e.5-Qualité bactériologique

Dans la mesure où les étapes de production industrielle ne sont pas conduites de façon totalement stérile, la levure de boulangerie contient toujours une microflore étrangère, principalement composée de bactéries lactiques.

Le plan de contrôle est établi de façon à vérifier l'absence de bactéries pathogènes. Le nettoyage des fermenteurs et de tous les équipements (pompes, vannes, tuyauteries) est un point important pour limiter la contamination, mais il ne faut pas négliger les étapes de récolte et d'emballage : la levure fournit un excellent milieu de culture pour les contaminants bactériens et tout dépôt de levure sur les équipements devient rapidement source d'infection.

- ❖ D'autres analyses sont réalisées à fréquences déterminées soit pour vérifier des paramètres relatifs à la sécurité alimentaire, tels que métaux lourds, résidus de pesticides, nitrates, nitrites, nitrosamines, soit pour déterminer des composés cellulaires particuliers, tels que lipides, tréhalose, vitamines. ¹³

f- La valeur nutritionnelle

En prenant les coefficients en kcal/g de : 4 pour les protéines ; 4 pour les glucides (assimilables) ; 9 pour les lipides ; on obtient par calcul une valeur énergétique de 250 à 320 kcal/100 g de produit sec (soit 1046 à 1 340 kJ). La levure est riche en quelques aminoacides essentiels : lysine (6 à 8 %/protéines), leucine (6 à 8 %), isoleucine (4 à 6 %), phénylalanine (4 à 6 %) et en vitamines du groupe B. (Tab.4) ¹³



Tableau 4 – Composition type des levures de boulangerie

Composé (1)		Quantité	Composé (1)		Quantité
Azote		(g/100 g MS)	Vitamines		(mg/100 g)
Total	6 à 9	Thiamine (B1)		2 à 15	
Phosphore en P 205		(g/100 g MS)	Riboflavine (B2)		2 à 8
Total	1,8 à 3	Pyridoxine (B6)		0,5 à 6	
Sucres.....		(g/100 g MS)	Niacine (PP ou B3)		10 à 60
Total	35 à 45	Acide folique (B9)		1 à 6	
Dont : glucanes.....		8 à 12	Acide pantothénique (B5)		5 à 15
mannanes.....	8 à 12	Minéraux		(g/100 g MS)	
tréhalose.....	10 à 18	Fe		0,005 à 0,100	
glycoogène.....	1 à 5	Ca.....		0,02 à 0,15	
Lipides.....		(g/100 g MS)	Mg.....		0,05 à 0,25
Total	4 à 7	K.....		0,8 à 2,5	
Dont : phospholipides		1,5 à 3	Métaux lourds		(ppm/MS)
stérois	0,4 à 0,8	Pb.....		< 0,2	
Oligoéléments		(ppm/MS)	Cd.....		< 0,1
Cu	< 10	As.....		< 0,5	
Zn	< 150	Hg.....		< 0,05	
		Se.....		< 0,5	

(1) MS : matière sèche.



IV-La filière « améliorants de panification »

IV.1-Définition

Un améliorant de panification est une combinaison d'ingrédients : auxiliaires technologiques, additifs et matières premières diverses, d'origine céréalière ou non, et mélangés sur la base d'une formulation adaptée.⁴⁰

Cette formulation est composée de tout ou partie des 5 types de composants⁴⁰ suivants :

- agents d'oxydation
- agents de réduction
- enzymes
- émulsifiants

IV.2-Intérêt de l'utilisation des améliorants

L'améliorant de panification apporte au boulanger la tolérance et la sécurité. Il facilite et sécurise le travail de boulanger en agissant sur le comportement de la pâte aux plans :

- **Rhéologique** : en augmentant sa tenue, sa force ou son extensibilité pour mieux supporter les passages en machine.
- **Fermentaire** : en optimisant l'action de la levure par la régularisation de la fermentation et l'augmentation de la capacité de rétention gazeuse.
- **Prise de volume** : en favorisant le développement des produits à la cuisson.

La performance d'un améliorant dépend du choix et du dosage de chacun des ingrédients pour un effet de synergie optimum d'activité. Tout cela évidemment en rapport avec la qualité de farine, le type d'équipement utilisé, le procédé de panification et bien sûr la nature du pain.

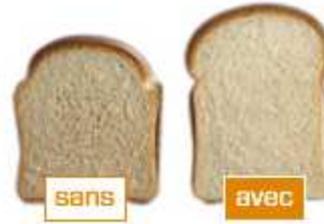
▶ croûte bien lisse,
suppression des cloques,



▶ moelleux, fraîcheur,



▶ couleur de mie,



▶ alvéolage régulier...



▶ développement au
four,



Figure 11 : Effet de l'utilisation d'améliorant sur différents types de pain₄₀

À son origine, l'améliorant avait une application plutôt universelle, c'est-à-dire à fonctionnalité large en panification.

L'évolution du marché et les exigences des nouvelles technologies boulangères font que, depuis quelques années, les principes de formulation des améliorants de panification sont de plus en plus pointus.

Ces principes s'adaptent à des variables toujours plus importantes telles que la diversité des qualités de farines, des procédés de panification et des types d'équipements en boulangerie. Ainsi, un améliorant spécialement adapté aux conditions de panifications du boulanger permet d'obtenir, selon les besoins₄₀ :

- un lissage plus rapide de la pâte,
- une meilleure machinabilité,
- une tolérance accrue à l'apprêt,
- une augmentation des rendements.



Enfin, l'améliorant de panification apporte au consommateur le pain qu'il apprécie que ce soit en terme de volume, de texture et couleur de mie, d'aspect et couleur de croûte, de conservation et bien sûr de goût. La gamme d'améliorants Lesaffre présente en effet des intérêts **physiologiques** (facilitent la production), de **conservation**, en prolongeant la fraîcheur des produits finis et **organoleptiques**, en développant les arômes des produits.

Les améliorants de panification sont conçus et testés en tenant compte de la qualité des farines, des procédés de fabrication, des équipements utilisés et la nature des produits à fabriquer. Les améliorants sont adaptés aux contraintes propres à chaque pays.⁴⁰



Chapitre 2 :

La qualité et l'Assurance Qualité



V-Qualité et Assurance Qualité

V.1-Introduction

La "qualité" analytique et l'"assurance de la qualité" semblent des concepts simples et évidents, mais ils sont souvent mal compris. L'assurance de la qualité est souvent confondue avec une autre expression, la "maîtrise de la qualité" et utilisée comme si les deux expressions étaient interchangeables, alors qu'en réalité, elles sont tout à fait distinctes, même si elles sont liées l'une à l'autre.¹⁵

Voici une définition courante de l'**assurance de la qualité** :

- Ensemble des activités préétablies et systématiques nécessaires pour donner la confiance appropriée en ce qu'un produit satisfera aux exigences données relatives à la qualité.(ISO)

La **maîtrise de la qualité** n'est que l'une des procédures organisées qui font partie de cette approche systématique; une des définitions est: "techniques et activités à caractère opérationnel utilisées pour satisfaire aux exigences pour la qualité".

L'assurance de la qualité vise à assurer que l'objectif de la maîtrise de la qualité est atteint. Par exemple, si l'on utilise une balance d'analyse, ayant une précision de $\pm 0,1$ mg pour peser un échantillon en vue d'un dosage, cela relève de la "maîtrise de la qualité", tandis que l'étalonnage courant de cette même balance analytique à l'aide de poids étalons à une échelle prédéterminée relève de l'"assurance de la qualité".

Cela pose à son tour la question du sens du terme "qualité". On se fourvoie parfois en pensant qu'il signifie "excellence scientifique", alors que son utilisation dans le contexte des analyses est beaucoup plus simple. Lorsqu'on se demande si la qualité des données est satisfaisante, la question fondamentale est de savoir si la qualité des données est ou non apte à l'emploi auquel elles sont destinées. L'excellence en soi n'entre pas



en ligne de compte; il est inutile et très probablement superflu de s'efforcer de fournir quelque chose de supérieur aux attentes du "client"

V.2-Assurance de la qualité – Pourquoi ?

Si le laboratoire est équipé pour ses activités, si le personnel est qualifié et bien motivé, s'il utilise des méthodes bien documentées et connaît bien les instruments nécessaires, on peut supposer que les résultats sont corrects. S'il n'y a pas de raison de penser qu'ils sont erronés, pourquoi prendre la peine de dépenser les fonds nécessaires pour mettre en place, appliquer et suivre un programme d'assurance de la qualité? Malheureusement, il y a deux raisons incontournables qui s'opposent à cette approche. Une est d'ordre scientifique/technique, l'autre concerne la mise en application/le commerce/la protection du consommateur.¹⁷

✚ D'abord, on a constaté de plus en plus souvent ces dix dernières années que les analyses d'aliments ne sont pas aussi fiables qu'on le pensait. Cela a été confirmé par des données provenant de plusieurs sources, par exemple les diverses études d'assurance de la qualité réalisées par l'OMS pour les laboratoires qui fournissent des données pour le système mondial de surveillance continue de l'environnement pour les aliments (communément appelé GEMS/Aliments). L'ensemble le plus complet des données provient probablement des conclusions du programme d'évaluation des performances en matière d'analyse des aliments au Royaume-Uni. Plus de 200 laboratoires participent à ce programme, qui évalue les résultats de laboratoires effectuant un ou plusieurs types d'un éventail représentatif de huit domaines de l'analyse des aliments. En 1992, environ 20 pour cent des résultats présentés se trouvaient à l'extérieur des fourchettes que l'on pouvait raisonnablement attendre. Bon nombre des résultats suspects pouvaient provenir de petits laboratoires moins expérimentés qui effectuaient un nombre relativement faible d'analyses et, globalement, la proportion de résultats inexacts peut être bien inférieure à 20 pour cent, mais cette découverte est certainement suffisante pour contredire l'hypothèse selon laquelle, en l'absence de tout facteur inhabituel, on peut supposer que les résultats sont exacts.²¹



+ Ensuite, l'étouffement rapide de la législation nationale sur le contrôle des aliments et la protection des consommateurs et les accords relatifs au commerce international qui sont fondés sur la reconnaissance mutuelle des résultats des analyses de laboratoire, exigent la démonstration de la confiance dans les données d'analyse. Cette reconnaissance mutuelle doit être fondée sur des faits concrets.

Un programme correctement conçu et bien appliqué d'assurance de la qualité (AQ) est en mesure de fournir des preuves tangibles détaillées quant à la confiance que l'on peut accorder aux données d'un type particulier provenant d'un laboratoire donné- il peut même jeter les bases nécessaires pour vérifier tel ou tel résultat d'analyse. Un laboratoire d'application a besoin d'un programme d'AQ car il peut être confronté à une remise en question de la validité de ses données par un autre laboratoire ayant son propre programme d'AQ. En outre, de plus en plus, les grandes sociétés agro-alimentaires n'auront affaire qu'à des fournisseurs ayant recours à des laboratoires dotés de programmes d'assurance de la qualité qui permettent une évaluation externe de la confiance que l'on peut accorder à leurs résultats.

Un programme efficace d'AQ qui fonctionne bien présente plusieurs avantages opérationnels. Tout d'abord, il fournit une série de relevés qui garantissent l'intégrité des échantillons, permettent de vérifier le fonctionnement correct des appareils de laboratoire et attestent que les résultats des analyses ont été obtenus conformément à des protocoles agréés. Cette documentation est particulièrement importante dans le cas des laboratoires officiels dont les analyses doivent être inattaquables devant un tribunal.

Un deuxième avantage est représenté par les gains de temps et les économies. Même si le produit d'assurance de la qualité peut sembler au début limiter la productivité des laboratoires, il peut à long terme entraîner des économies puisque les analyses seront d'emblée correctes.

En troisième lieu, un programme d'assurance de la qualité concourt à cerner les besoins de formation des analystes. Ces besoins ne sont pas limités aux nouveaux employés; ils concernent aussi les analystes en poste dont le rendement laisse à désirer ou qui requièrent un cours de recyclage.



Un quatrième avantage découlerait de la confiance accrue des analystes en la fiabilité de leurs résultats, ce qui contribuerait à l'amélioration du moral et du comportement du personnel.

Le programme présente d'autres avantages encore, notamment:

- II garantit que les erreurs sont identifiées et réduites au minimum ou éliminées. Toutes les erreurs ne peuvent être certes supprimées, mais il est possible de garantir que très peu d'erreurs graves ne seront pas repérées avant la diffusion de résultats.¹⁶
- Il garantit la crédibilité juridique. De manière générale, les tribunaux sont très prudents quant à la recevabilité des preuves. Les critères appliqués pour admettre qu'une preuve est scientifiquement valable sont très rigides, mais cela ne signifie pas nécessairement que l'élément de preuve répondra aux dispositions du tribunal ou qu'il lui sera compréhensible. Par exemple, même si la preuve juridique est acquise "en toute certitude", il se pourrait que le tribunal éprouve quelques difficultés à l'assimiler à une donnée statistique probabiliste.¹⁶
- Dans le cas d'une enquête ou d'un litige, il donne à l'administration la preuve que les résultats d'analyse sont justes. Cette certitude découle des preuves progressivement accumulées quant à l'efficacité des travaux du laboratoire.
- Dans le cas d'une enquête, d'un litige ou d'une faute, il garantit la présence d'archives pour résoudre le problème. Les dossiers devraient être conservés assez longtemps, de préférence pendant cinq ou six ans.
- Il permet de relever les insuffisances, fautes et doléances de manière à prendre les mesures systématiques qui s'imposent pour améliorer la situation.
- Il garantit une utilisation optimale des ressources. Il s'agit souvent là d'un processus lent, mais à mesure que s'accumulent les données sur le fonctionnement du laboratoire, il est plus facile d'évaluer le degré d'efficacité et l'utilisation de ces ressources. Par exemple, il est plus facile de vérifier si les réactifs et solutions étalons nécessaires sont disponibles et non périmés.
- Il fournit des informations suffisamment fiables pour être insérées dans des bases de données aux fins des politiques locale, nationale et internationale en matière de contrôle des aliments, de santé publique, de nutrition, etc. Ces bases



de données sont extrêmement utiles pour la surveillance continue des denrées alimentaires. Elles permettent de déceler l'évolution des produits dans le temps et de comparer très facilement les résultats des analyses. Si les bases de données ne contiennent pas de renseignements fiables, on pourrait aisément en tirer des conclusions erronées.¹⁶

V.3-Principales caractéristiques d'un programme d'assurance de la qualité

Un programme d'AQ doit permettre de donner confiance dans les résultats du laboratoire. La principale caractéristique sera un engagement manifeste et réel de l'administration à l'égard de ce programme, concrétisé par le personnel à tous les niveaux. En dernier ressort, cela aura deux résultats: premièrement, il y aura une documentation des politiques et procédures spécifiant ce qui doit être fait, comment et par qui, accompagnée de mécanismes qui permettent de détecter rapidement toute omission dans ces domaines. La plus grande partie de cette documentation figurera dans le manuel qualité du laboratoire et dans ses documents connexes. Deuxièmement, cela supposera la nomination d'un responsable de la gestion de la qualité et la formation d'une unité de l'assurance qualité qui coordonnera l'élaboration, la mise en œuvre et la mise à jour du manuel qualité et sera chargée de mener des examens et des audits en vue d'en suivre l'efficacité; son mandat doit indiquer clairement ses responsabilités par rapport à celles des analystes et de l'administration.¹⁸

V.3.1-Responsabilités de l'administration

Il incombe à l'administration de déterminer le champ d'application et le degré de priorité du programme d'assurance de la qualité applicables à un laboratoire donné, sur la base d'un calcul du rapport coût-efficacité qui tienne compte de paramètres difficilement quantifiables (par exemple confiance du client, crédibilité et réputation du laboratoire). Bien souvent, hélas, la composante assurance de la qualité des travaux d'un laboratoire n'est pas suffisamment prise en considération ou n'est pas bien pesée. Par exemple, elle peut être détaillée au point d'englober pratiquement chaque attribution analytique. Bien qu'apparemment séduisant et avantageux, ce type de programme risque de se révéler écrasant et frustrant pour le personnel du laboratoire. Ce qui semble au début une entreprise admirable peut donc finir par engendrer découragement et



faillite du programme. A l'opposé, un programme trop flou sera dénué d'utilité. Une fois qu'elle a choisi un programme, l'administration doit veiller à sa mise en route, à son exécution et au respect de ses principes. Si le personnel a l'impression que l'administration se désintéresse du programme, on peut s'attendre à une certaine indifférence de sa part.²²

Lorsqu'un programme d'AQ est devenu partie intégrante des opérations journalières, l'administration se doit de dégager des ressources pour son exécution et pour la mise en place d'une unité chargée de suivre son application. L'administration doit donner une image positive du programme d'AQ. Celui-ci ne doit pas être perçu comme quelque chose de menaçant, comme une source d'affrontement ou comme un surcroît de travail. Il doit au contraire être compris comme un moyen d'améliorer le travail et d'attester et récompenser un travail exceptionnel.¹⁸

V.3.2-Responsabilités de l'Unité de l'assurance de la qualité

La première étape de la création d'une unité de l'assurance de la qualité consiste généralement à obtenir soit l'approbation budgétaire pour la nomination d'un cadre chargé de l'assurance de la qualité (ou "responsable de l'AQ" et des collaborateurs dont il peut avoir besoin, soit à obtenir l'autorisation de réaffecter à l'Unité des ressources humaines ou autres. Le responsable de l'AQ devrait de préférence posséder des qualifications académiques en matière d'assurance de la qualité, mais cela n'est pas toujours possible. Le plus souvent, on nommera à ce poste un analyste qui devra entreprendre des études personnelles, suivre des cours, etc. Cette personne devra être un analyste expérimenté dont les compétences techniques lui vaudront le respect de ses collègues. Surtout, le responsable de l'AQ devra s'efforcer de comprendre les principes de l'AQ et de les appliquer correctement, de manière réaliste et conformément aux objectifs du laboratoire. Le programme d'AQ doit être un avantage pour le laboratoire, et non un poids.¹⁸

L'Unité chargée de l'assurance de la qualité a pour fonction d'élaborer le plan ou le manuel d'assurance de la qualité (Manuel qualité) et de veiller à ce que le personnel du laboratoire applique le programme. Elle assure la liaison entre l'administration, qui a fourni les fonds pour permettre la réussite du programme,



et le personnel du laboratoire, qui est directement responsable de la réalisation pratique du programme. L'Unité fait appel aux employés, en particulier l'analyste principal et le chef d'équipe ou chef de section, pour obtenir les données techniques nécessaires durant la rédaction du plan d'assurance de la qualité.²³

Outre la programmation et la réalisation d'inspections, le personnel chargé de l'assurance de la qualité doit formuler des recommandations à l'intention de l'administration concernant les résultats de ces études; il doit aussi recommander une politique d'assurance de la qualité à l'administration et aider à sa formulation, identifier les besoins de formation du personnel et fournir des directives pour le respect de tous les éléments du programme d'AQ.¹⁸

V.3.3-Responsabilités de l'analyste

L'analyste joue un rôle clé dans la mise en œuvre du Programme d'assurance de la qualité. L'analyste dûment formé est responsable au premier chef de la qualité des données et des activités connexes du laboratoire, et il est le premier à pouvoir détecter un mauvais fonctionnement et des fluctuations anormales du système d'analyse.

L'administration, tout comme l'Unité d'AQ, attend des analystes collaboration et données techniques pour l'élaboration du programme d'assurance de la qualité. Certains analystes peuvent être invités à rédiger une partie du programme qui sera ensuite revue et approuvée par l'Unité AQ et l'administration. La participation à la formulation du programme peut être un élément de motivation pour le personnel, qui aura ainsi le sentiment d'avoir contribué de manière créative au programme d'assurance de la qualité.¹⁸

V.4-Le manuel Assurance Qualité

V.4.1-Définition :

Tout laboratoire qui applique un programme d'AQ devrait disposer d'un manuel relatif à ces opérations. L'Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis définit ainsi le manuel d'AQ: document écrit qui expose les politiques, l'organisation, les finalités, les opérations fonctionnelles et les activités concrètes



d'assurance de la qualité conçues pour atteindre les objectifs qualitatifs du laboratoire. Un manuel type pourrait contenir les éléments suivants:

- a. Page de titres, avec la signature de tous les agents certificateurs et la date d'émission.
- b. Table des matières.
- c. Organigramme, avec indications exactes de l'endroit où le laboratoire s'insère dans la structure.
- d. Objectifs du programme d'assurance de la qualité.
- e. Éléments essentiels du programme d'assurance de la qualité : fiches et Imprimés de documentation.
- g. Rendement et fréquence des audits.
- h. Mesures correctives et de suivi.^{20,24,25}

V.4.2-Application d'un programme assurance qualité

L'application effective d'un programme d'assurance de la qualité est un effort de coopération auquel participent l'administration, les membres de l'unité d'AQ, les responsables de section et les analystes. L'administration décide du montant des ressources à affecter au programme d'assurance de la qualité. Cette décision délimite la nature et l'ampleur de l'Unité AQ.

Pendant l'élaboration du plan d'assurance de la qualité, l'Unité bénéficie du concours technique des analystes. Une fois formulé par l'Unité et approuvé par l'administration, le plan d'assurance de la qualité devient opérationnel. L'adoption du plan peut se faire simultanément pour l'ensemble d'un laboratoire ou par étape, en commençant par exemple par certaines fonctions essentielles (notamment la réception des échantillons) et en continuant section par section.

L'un des avantages de cette dernière formule est que le personnel peut recevoir préalablement une formation par groupes relativement petits spécialement adaptée au travail et qui garantit aussi que les ressources de l'Unité d'AQ sont disponibles rapidement et peuvent donc être utilisées pour résoudre tout problème opérationnel qui se pose. Ces deux considérations peuvent être



importantes pour garantir et maintenir l'engagement du personnel à l'égard du programme. De même, lorsqu'on prévoit une adoption progressive du programme, il faut prendre soin d'éviter les situations dans lesquelles les procédures mises en place initialement doivent être modifiées à des stades ultérieurs.

Ensuite, les analystes sont responsables de l'application journalière du programme. L'Unité d'AQ suit périodiquement le degré d'application du plan et transmet ses rapports et recommandations à l'administration, qui prend ensuite les décisions concernant les mesures à prendre pour assurer l'application du programme.²⁶



Chapitre 3: Partie Pratique

VI-Eléments essentiels du programme AQ

Se basant d'une part sur un document du FAO³⁸ : «Manuels sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires : Assurance qualité dans le laboratoire d'analyse microbiologique des aliments »¹⁴, et d'autre part, sur le principe des causes à effets, nous avons pu élaborer un programme AQ, capable de cerner un maximum de facteurs qui pourraient être sources d'erreurs (Non Qualité) qui à leurs tours pourraient influencer négativement la fiabilité ou l'exactitude des analyses effectuées par le laboratoire, à savoir les 7M qui sont :

- ❖ Le **M**ilieu
- ❖ Le **M**atériel
- ❖ La **M**atière première
- ❖ La **M**ain d'œuvre
- ❖ La **M**éthode
- ❖ Les **M**oyens financiers
- ❖ Le **M**anagement



Figure 12 : Schéma représentant les facteurs sources d'erreurs



A partir des recommandations du FAO, nous avons décidé de surveiller un nombre de paramètres en relation avec les principales sources d'erreurs possibles.

VII-Elaboration de la documentation

Tout programme AQ se doit de tenir une documentation, ou figurent en détails toutes les opérations de surveillance effectuées, dans le cas présent cela a été fait en mettant en place trois types de documents :

1. Le plan de contrôle
2. Les modes opératoires
3. Les fiches de suivi

VII.1-Le plan de contrôle

Ce document est essentiel parce qu'il constitue un support de l'organisation et la planification du travail de surveillance à effectuer.

Ce document contient les informations suivantes :

1. Elément surveillé (Echantillon)
2. Lieu de prélèvement
3. Paramètre (T°, pH, charge microbienne, ...)
4. Fréquence
5. Responsable
6. Méthode
7. Cible/Limite
8. Documents associés

VII.2- Les modes opératoires

Ces documents –comme leur nom le décrit- contiennent en détail les éléments suivants :

1. Le principe de la méthode utilisée pour chaque suivi
2. La périodicité
3. Le matériel et les outils indispensables à l'analyse



4. Les étapes à suivre pour effectuer l'analyse avec succès
5. La manière de formulation des résultats

VII.3-Les fiches de suivi

Ces documents regroupent des informations sur l'analyse, ainsi que le résultat ils contiennent en gros les informations suivantes :

1. Date de prise de l'échantillon
2. Date de lecture du résultat
3. Valeur du paramètre surveillé
4. Conformité/Non-conformité
5. Remarques et recommandations



VIII-Exécution du plan de contrôle

VIII.1-Le milieu ambiant du laboratoire :

VIII.1.1-Introduction

Le laboratoire de microbiologie Lesaffre Maroc, est conçu de façon à limiter le risque émanant des flux de personnel, de matière première ainsi que de l'aération.

- Le laboratoire est équipé d'un sas d'entrée sortie de façon à diminuer l'influence des courants d'air.
- d'un système d'aération/filtration chargé aussi de maintenir la température du laboratoire à 22°C.
- le laboratoire est divisé en 5 parties séparées par des portes :
- La salle de préparation des milieux de cultures/réactifs
 - o La salle de recherche des pathogènes (*Listeria, Salmonella*)
 - o La zone où s'effectuent les autres analyses de routine
 - o La zone de stockage de la verrerie propre et sèche
 - o La laverie où se font la désinfection et le nettoyage de la verrerie

Le plan de contrôle comporte 2 paramètres à surveiller concernant le milieu ambiant du laboratoire, à savoir :

1. La charge microbienne des surfaces des plans de travail₃₂
2. La charge microbienne de l'air ambiant₃₂



VIII.1.2-Suivi de la charge microbienne des surfaces des plans de travail

Périodicité :

Le contrôle de la qualité microbiologique des surfaces du laboratoire doit préférablement être fait au moins une fois par semaine, pour assurer que le milieu ambiant ne constitue pas une source de contamination importante. ^{14,27}

Matériel et produits :

- Pour chaque surface à analyser : 2 (+1 témoin) Boites de contact (Rodac 16 cm²)
- Gélose de numération (PCA : Plate Count Agar) 20 ml / Boite
- Eprouvette graduée stérile convenable pour la mesure d'un volume de 20 ml
- Etuve à incubation (Température de 35°C à 37°C)

Méthode¹⁴ :

- La méthode utilisée est celle de « contact direct avec gélose ou la méthode des boites de contact »

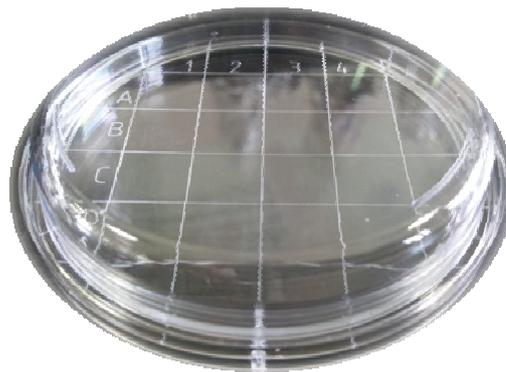


Figure 13 : Image d'une boite de contact vide

- 24h avant chaque analyse repartir 20ml de gélose PCA stérilisée régénérée, dans les boites de pétri stériles, de sorte que le ménisque dépasse le bord de la boite.

VIII.1.3-Suivi de la charge microbienne de l'air ambiant

Périodicité :

Le contrôle de la qualité microbiologique de l'air du laboratoire devrait préférablement être fait au moins une fois par semaine, pour assurer que le milieu ambiant ne constitue pas une source de contamination importante. ¹⁴

Matériel et produits :

- Pour chaque analyse : 6 Boîtes de pétri stériles (100 mm × 20 mm)
- Gélose de numération (PCA : Plate Count Agar) 20 ml / Boîte
- Eprouvette graduée stérile convenable pour la mesure d'un volume de 20 ml
- Etuve à incubation (Température de 35°C à 37°C)
- Chronomètre

Méthode¹⁴

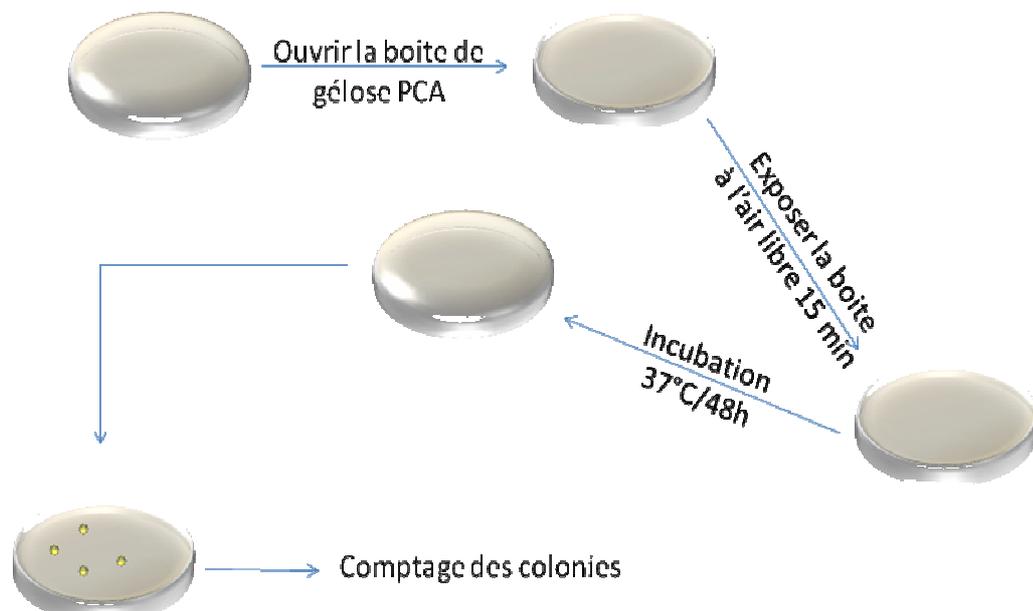


Figure 14 : Schéma représentant les étapes de la méthode des retombées sur plaque



- La méthode utilisée : « méthode des retombées sur plaque »
- 24h avant chaque analyse repartir 20 ml de gélose PCA stérilisée régénérée, dans les 6 boites stériles.
- Incuber les 6 boites pendant une nuit à une température de 35°C à 37°C pour vérifier leur stérilité.
- Le lendemain récupérer les boites et vérifier l'absence de colonies.
- Déposer les boites fermées dans les sites suivants
 - o Boite 1 : Plan de travail 1 (routine microbiologie)
 - o Boite 2 : Plan de travail 2 (dilution échantillon)
 - o Boite 3 : Salle pathogènes
 - o Boite 4 : Salle de préparation
 - o Boite 5 : Laverie
 - o Boite 6 : Témoin (position aléatoire)
- Déclencher le chronomètre et ouvrir aussitôt la première boite (de façon à mettre la gélose en contact direct avec l'air ambiant)

- Ouvrir la deuxième boite après une minute de la première
- En respectant la même intervalle (1 min) Ouvrir les autres boites sauf la boite 6 (Témoin)
- Après 15 minutes d'exposition, recouvrir la première boite
- Après 1min recouvrir la 2^{ème} boite, et en respectant la minute d'intervalle faire ainsi pour les autres boites.
- Incuber les boites dans une étuve a incubation à température de 35°C à 37° pendant 48 ± 2 heures



VIII.2-Le matériel

Pour produire des données microbiologiques fiables, il est essentiel d'avoir du matériel qui fonctionne bien, pour cela la surveillance des performances du matériel (machines, et verreries) constitue une tâche très importante, pour cela le laboratoire de microbiologie Lesaffre Maroc, exécute un programme de métrologie concernant les bains-marie, les étuves, et les réfrigérateurs. ¹⁴

Le programme AQ Propose de surveiller-en plus de ça- d'autres paramètres susceptibles de nuire aux résultats des analyses qui sont :

- ❖ Suivi de l'humidité interne des étuves à incubation
- ❖ Suivi des rendements de lampes à UV
- ❖ Suivi des performances de la hotte à flux laminaire
- ❖ Suivi des performances des balances
- ❖ Suivi de la qualité de la verrerie
 - Exactitude des volumes mesurés
 - La recherche de substances Bactericides/Bactériostatiques



VIII.2.1- Suivi de l'humidité interne des étuves à incubation

Périodicité :

Le taux d'humidité à l'intérieur des étuves est déterminé indirectement tous les trois mois par calcul du pourcentage de la perte pondérale de plaques de gélose incubées dans des conditions spécifiées. ¹⁴

Matériel et produits :

- Pour chaque analyse : 2 Boîtes de pétri par étuve (100 mm × 15 mm)
- Gélose blanche 20 ml / Boîte
- Eprouvette graduée convenable pour la mesure d'un volume de 20 ml
- Balance de précision étalonnée

Méthode¹⁴ :

- La méthode utilisée : « Méthode du pourcentage de la perte pondérale »

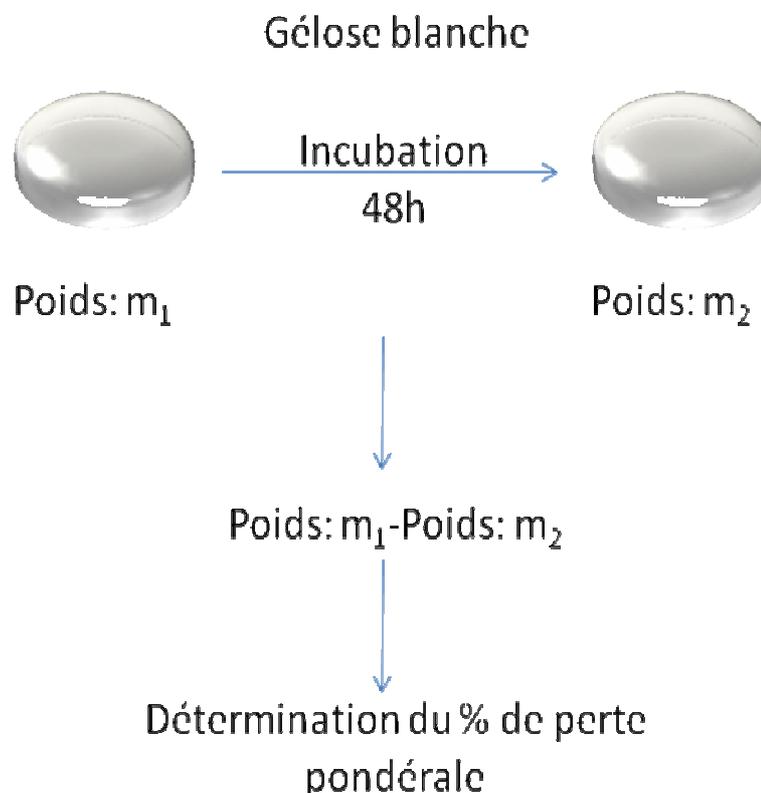




Figure 15 : Schéma représentant les étapes de la méthode du pourcentage de la perte pondérale

- Préparer pour chaque étuve deux boites de gélose blanche (20 ml de gélose blanche par boite)
- Laisser la gélose se solidifier
- Peser le poids de chaque boite
- Aussitôt pesées ,disposer respectivement sur deux étagères différentes, les deux boites de gélose blanche.
- Incuber en étuve pendant 48 ± 2 heures



VIII.2.2-Suivi des rendements de lampes à UV

Périodicité :

Le contrôle du pouvoir bactéricide des lampes à UV (rendement des lampes à UV) devrait préférablement être fait au moins une fois par moi, pour assurer que les lampes jouent parfaitement leur rôle qui est la destruction des germes dans les hottes à flux laminaires et dans les chambres blanches.¹⁴

Matériel et produits :

- Pour chaque analyse : 4 Boites de pétri stériles (100 mm × 20 mm)
- Gélose de numération (PCA : Plate Count Agar) 20ml / Boite
- Eprouvette graduée stérile convenable pour la mesure d'un volume de 20ml
- Etuve à incubation (Température de 35°C à 37°C)
- Culture bactérienne isolée du milieu ambiant du laboratoire
- Chronomètre

Méthode¹⁴ :

- La méthode est : « méthode du rendement des lampes à UV »

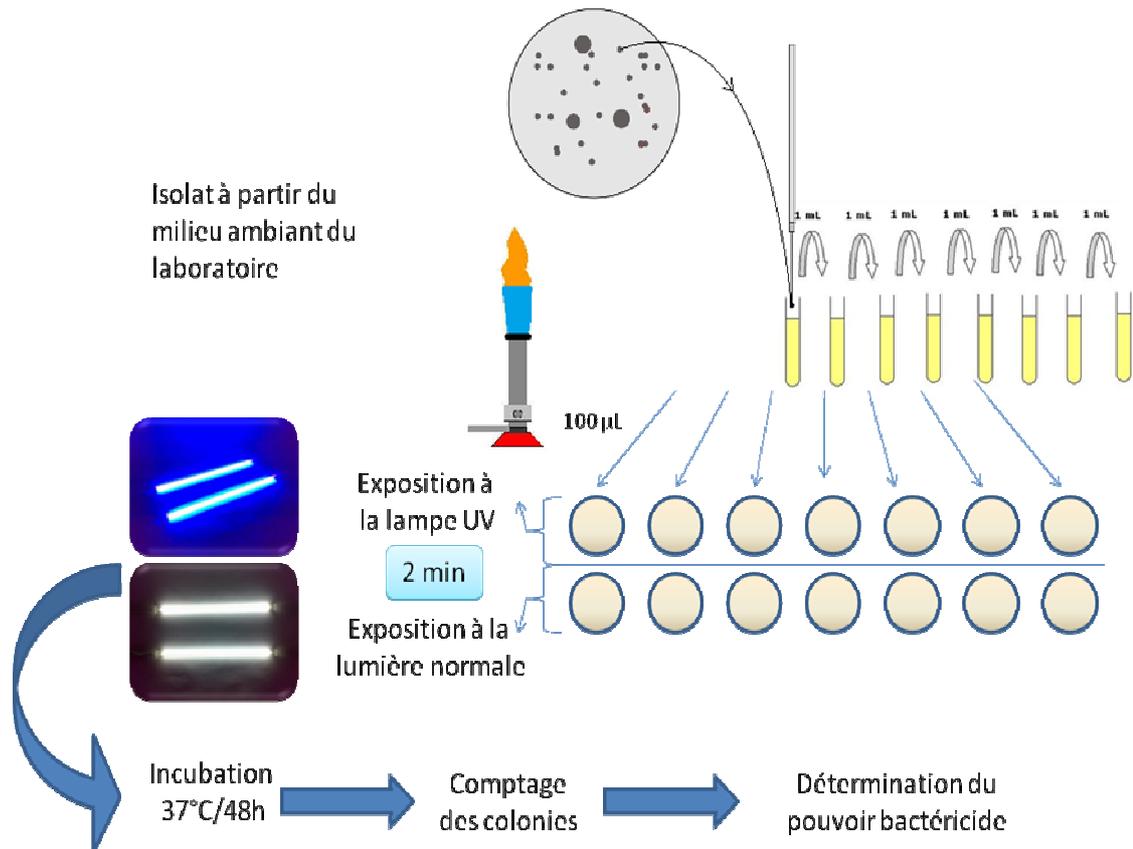


Figure 16 : Schéma représentant les étapes de la méthode du rendement des lampes à UV

- 24h avant chaque analyse répartir 20 ml de gélose PCA stérilisée régénérée, dans les boîtes stériles.
- Incuber les boîtes pendant une nuit à une température de 35°C à 37°C pour vérifier leur stérilité.
- Le lendemain récupérer les boîtes et vérifier l'absence de colonies.
- Préparer une série de dilutions au dixième d'une culture bactérienne isolée du milieu ambiant du laboratoire, de manière que 0.5 ml de l'inoculum donne 50 à 250 colonies par boîte de pétri.
- Pour chaque dilution, déposer avec une pipette un volume de 0.5 ml sur la surface de quatre boîtes de pétri
- Avec un étaloire en verre stérile, étaler l'inoculum uniformément sur toute la surface de la gélose
- Pour chaque dilution ôter le couvercle des quatre boîtes de pétri. Exposer deux boîtes (Boîte1 et Boîte2) à la lampe UV pendant 2 minutes. En outre



exposer deux boites (Boite3 et Boite4) à la lumière ordinaire pendant 2 minutes.

- Recouvrir les boites et incuber dans une étuve à incubation à température de 35°C à 37°C pendant 24 à 48 heures.



VIII.2.3-Suivi des performances des balances

Périodicité :

Le contrôle de performance des balances se fait chaque semaine par la pesée de poids étalons₁₄

Matériel et produits :

- Poids étalons
- Balance

Méthode₁₄ :

- La méthode : Méthode : pesée de poids étalons
- Peser les poids étalons avec les balances
 - o B1 (préparation)
 - o B2 (Routine) NB : pour cette balance de précision fermer toutes les fenêtres avant de noter le résultat
 - o B3 (densité)
- Attendre la stabilisation de la balance
- Eviter de faire cette manipulation en présence de courant d'air ou de vibrations



VIII.2.4-Suivi de la qualité de la verrerie

a-Exactitude des volumes mesurés

Périodicité :

La détermination de l'exactitude des volumes mesurés par les pipettes et les éprouvettes graduées, doit être faite tous les 3 mois. ¹⁴

Matériel et produits :

- Un lot aléatoire de pipettes, et éprouvettes graduées
- Eau distillée
- Balance de précision étalonnée

Méthode^{14,19} :

- La méthode : « détermination de la masse d'un volume »
- Sélectionner un lot aléatoire composé de :
 - o 2 pipettes de 1 ml
 - o 2 pipettes de 2 ml
 - o 2 pipettes de 10 ml
 - o 2 pipettes de 20 ml
 - o 1 éprouvette de 100 ml
 - o 1 éprouvette de 250 m
- Remplir chaque pipette/éprouvette, du volume auquel elle correspond en eau distillée
- Mesurer le poids de ce volume sur une balance



b-La recherche de substances/Bactériostatiques dans les boites de Petri

Périodicité :

Les boites de petri étant le support des cultures bactériennes au laboratoire, ne doivent pas contenir des substances qui inhibent cette croissance, ces substances peuvent être des détergents issus des opérations de lavage des boites, donc l'objectif de ce contrôle est la vérification annuelle que les boites de petri ne contiennent pas ce genre de substances.

Matériel et produits :

- 18 boites de petri.
- Gélose de numération (PCA, 20 ml/boite).
- Culture bactérienne pure.

Méthode₁₄ :

- Laver six boites de Petri selon la procédure habituelle –il s'agira du groupe A.
- Laver de la même manière six autres boites de Pétri et les rincer 12 fois avec de l'eau distillée –il s'agira du groupe B.
- Laver de la même manière six autres boites de Petri et les sécher sans les rincer-il s'agira du groupe C.
- Stériliser les boites des groupes A, B et C selon la procédure normale.
- Dans chaque boite, verser 1 ml d'une culture bactérienne déjà préparée (d'entérobactéries de préférence) de façon à avoir de 50 à 150 colonies par boite.
- Dans chaque boite, ajouter 20 ml de gélose et mélanger soigneusement avec l'inoculum.
- Après solidification, incuber les boites à 35°C pendant 48±2 heures, puis dénombrer les colonies.



VIII.3-La matière première

VIII.3.1-Vérification des rendements des milieux de culture

Périodicité :

Chaque fois qu'un nouveau lot de milieu déshydraté parvient au laboratoire, il faut mesurer sa performance par rapport aux spécifications concernant les normes physiques et la productivité/sélectivité.

Pour ce qui est des normes physiques, les milieux déshydratés devraient être secs et non agglutinés. La plupart de ces milieux devraient être totalement solubles dans l'eau distillée, à cet égard, le bouillon au tetrathionate et la gélose en sulfite de bismuth constituent des exceptions notoires. ¹⁴

Matériel et produits

La productivité

- Pour chaque analyse : 16 Boites de pétri stériles (100 mm × 20 mm)
- Gélose de numération (PCA : Plate Count Agar) 20ml / Boite (Pour 8 boites)
- Gélose sélective à tester 20 ml / Boite (Pour 8 boites)
- Eprouvette graduée stérile convenable pour la mesure d'un volume de 20 ml
- Etuve à incubation (Température de 35°C à 37°C)
- Culture bactérienne pure isolée de cultures sur un lot précédent (censée se développer sur le milieu sélectif ainsi que sur le milieu non sélectif).

La sélectivité

- Pour chaque analyse : 16 Boites de pétri stériles (100 mm × 20 mm)
- Gélose de numération (PCA : Plate Count Agar) 20 ml / Boite (Pour 8 boites)
- Gélose sélective à tester 20ml / Boite (Pour 8 boites)



- Eprouvette graduée stérile convenable pour la mesure d'un volume de 20ml
- Etuve à incubation (Température de 35°C à 37°C)
- Culture bactérienne pure non susceptible de se développer sur le milieu sélectif

Méthode ¹⁴

La productivité

- Préparer une série de dilutions au dixième d'une culture bactérienne (censée se développer sur le milieu sélectif ainsi que sur le milieu non sélectif), de manière que 0.5 ml de l'inoculum donne 50 à 250 colonies par boîte de petri.
- Pour chaque dilution, déposer avec une pipette un volume de 0.5 ml sur la surface de deux boîtes de petri
- Sur l'une des boîtes verser 20ml de la gélose PCA régénérée, sur l'autre verser 20ml de la gélose à tester
- Incuber les deux lots de boîtes selon les conditions de chaque milieu de culture sélectif.
- Compter les boîtes dont le nombre de colonies se situe entre 30 et 300.
- Calculer le pourcentage de différence entre le développement sur le milieu non sélectif et le développement sur le milieu sélectif

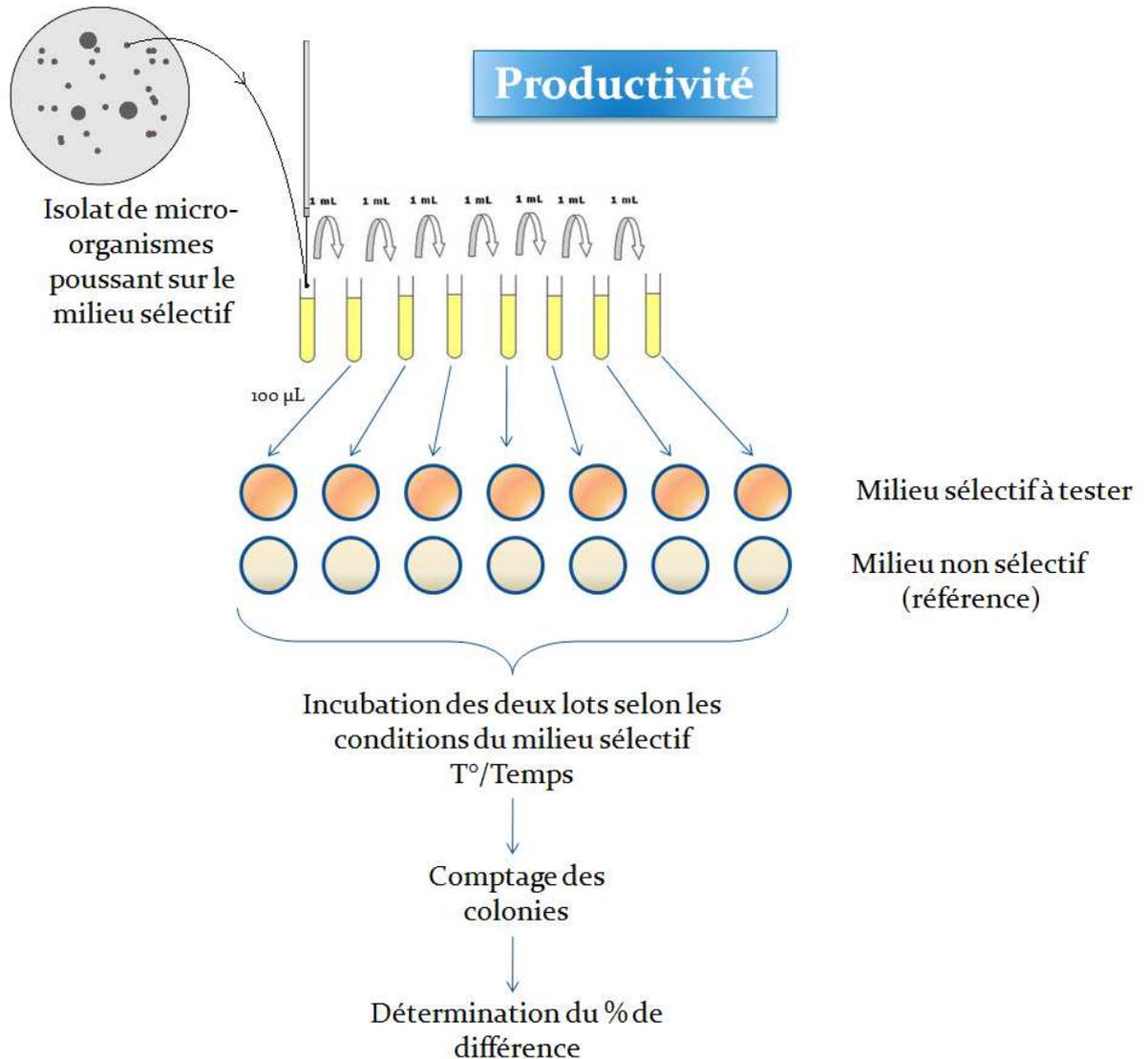


Figure 17 : Schéma représentant les étapes pour la détermination de la productivité

La sélectivité

- Préparer une série de dilutions au dixième d'une culture bactérienne (censée se développer sur le milieu non sélectif mais pas sur le milieu sélectif), de manière que 0.5 ml de l'inoculum donne 50 à 250 colonies par boîte de petri.
- Pour chaque dilution, déposer avec une pipette un volume de 0.5 ml sur la surface de deux boîtes de petri

- Sur l'une des boites verser 20ml de la gélose PCA régénérée, sur l'autre verser 20ml de la gélose à tester
- Incuber les deux lots de boites selon les conditions de chaque milieu de culture sélectif
- Compter Les boites dont le nombre de colonies se situe entre 30 et 300.
- Calculer le pourcentage de différence entre le développement sur le milieu non sélectif et le développement sur le milieu sélectif.

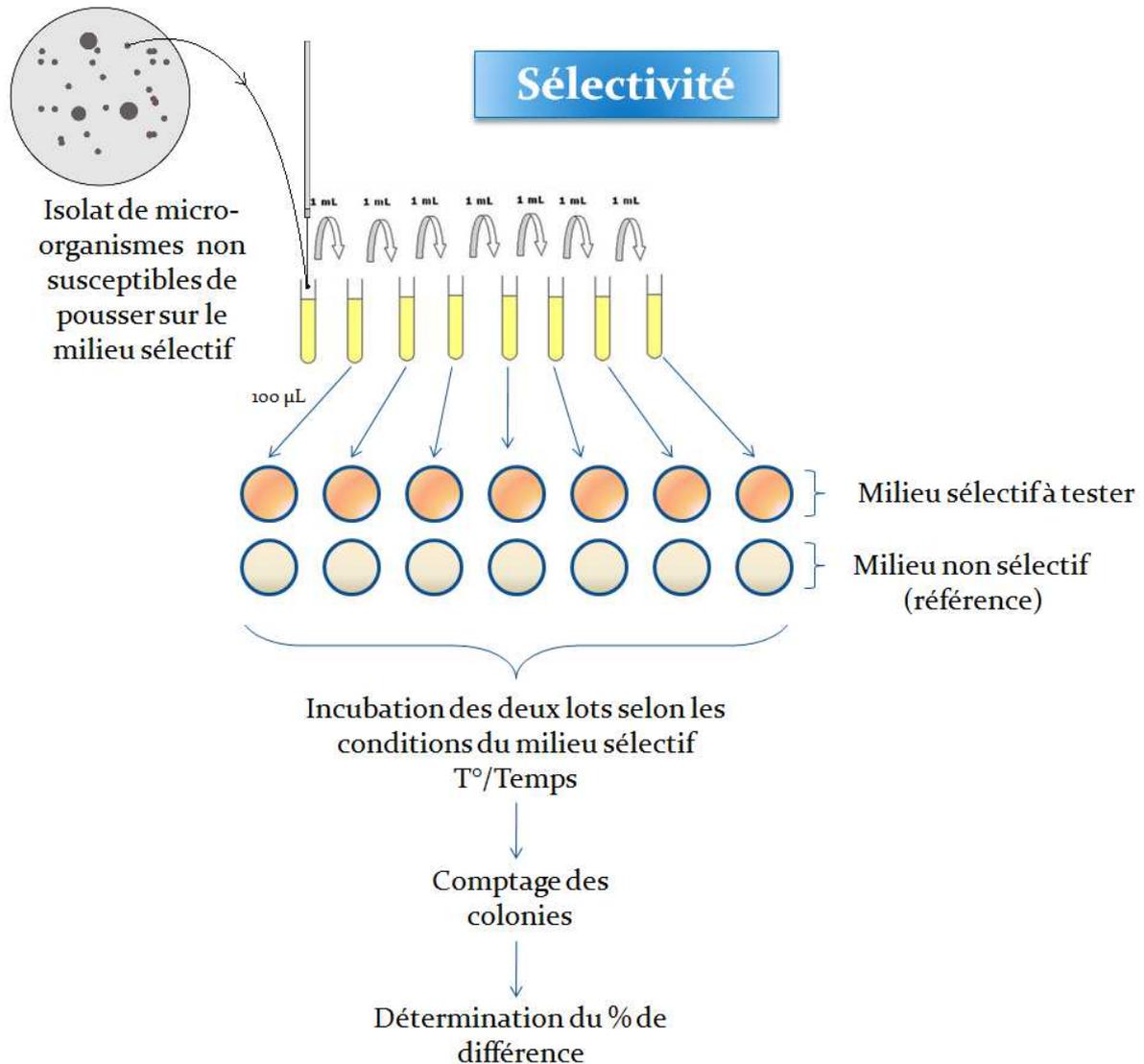


Figure 18 : schéma représentant les étapes pour la détermination de la sélectivité



VIII.4-Main d'œuvre

VIII.4.1-Hygiène et sécurité

L'environnement et les conditions de travail constituent un facteur décisif influençant les performances du personnel, on ne peut demander l'excellence que si les conditions lui sont favorables.

Pour cela Lesaffre Maroc s'est engagée dans une politique qui veille à offrir à ses opérateurs les conditions d'hygiène et de sécurité selon des normes internationales, ces mesures ne se limitent pas au laboratoire, mais sont respectées dans toutes les unités de production et unités administratives.

Pour le laboratoire des formations sont organisées régulièrement pour sensibiliser le personnel aux règles de l'hygiène et sécurité, et pour qu'ils aient les reflexes appropriés en cas d'accident.

Les locaux du laboratoire sont équipés de tout le matériel nécessaire à cet effet :

- Détecteurs de fumées
- Eclairage de secours
- Extincteurs
- Fiche de contacts (personnes à contacter en cas d'accident)
- Douches de sécurité
- Vestiaires avec toilettes, lavabos, savon, douches
- Produits désinfectants et nettoyants
- Système d'aération, évacuation de vapeurs
- Gants (stériles, pour hautes températures, pour produits chimiques), masques, coiffes, sabots de sécurité.
- Fiche technique et de sécurité pour chaque appareil
- Recommandation en termes de sécurité dans les modes opératoires
- Lutte contre les insectes
- Accès contrôlé



VIII.4.2-Contrôles par sondages "Tests Inter-labo "

Le laboratoire de microbiologie Lesaffre-Maroc dispose d'un programme de contrôles par sondage mensuel, des échantillons standards proviennent de la société mère, pour lesquels s'effectuent toutes les analyses que le laboratoire exécute, et les résultats lui sont communiqués.

Ces résultats permettent d'une part de juger du professionnalisme et de la compétence des analystes, et d'autre part, de juger des méthodes utilisées pour les analyses.^{28, 35}

VIII.4.3-Vérification du respect des règles de l'hygiène personnelle (mains)

Périodicité :

Cette analyse vise à contrôler, chez le personnel, le niveau de respect des règles de l'hygiène, elle repose sur la détection d'indicateurs de pollution fécale sur les doigts.

Matériel et produits :

3 boites de gélose au désoxycholate Pour chaque personne

Méthode :

- 24h avant chaque analyse répartir 20 ml de gélose au désoxycholate, dans les boites de pétri stériles,
- Incuber les boites pendant une nuit à une température de 30°C pour vérifier leur stérilité.
- Le lendemain récupérer les boites et vérifier l'absence de colonies.
- Déposer les bouts des doigts de chaque main sur une gélose pendant 10 secondes.
- Incuber les boites à 30°C pendant 48 + 2 heures.



Figure 19 : Image représentant la technique utilisée pour contrôler l'hygiène des mains

VIII.5-Méthodes

Le laboratoire de microbiologie dispose d'un « recueil » ou sont inscrites toutes les techniques et méthodes, pour toutes les analyses effectuées par le laboratoire, ces méthodes sont standardisées par la société mère et sont contrôlées par le biais des tests par sondages : « Inter-labo ».

VIII.6-Moyens financiers et management

Le laboratoire de microbiologie Lesaffre-Maroc, dispose de tous les moyens nécessaires (Matériel, Produits, Consommables) a son bon fonctionnement, cela se fait à travers le service d'achat de la société qui reçoit les commandes du laboratoire et œuvre pour satisfaire tous les besoins dans les plus brefs délais possibles.

La laboratoire fait partie d'une entité plus grande qui dispose d'une équipe de responsables et managers qui travaillent pour garantir l'organisation et la gestion de tous les aspects manageriels et administratifs du laboratoire.



Chapitre 4: Résultats et discussion



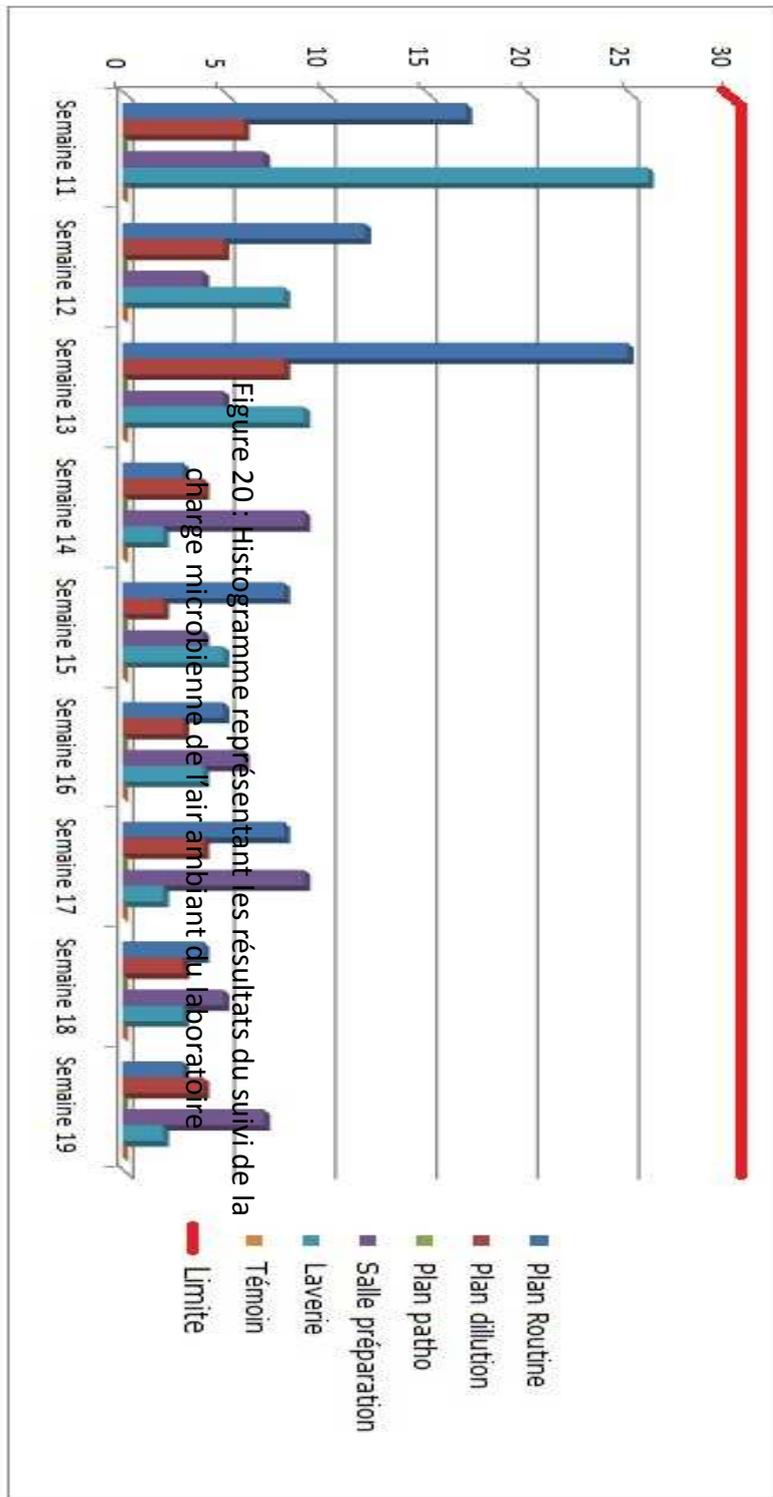
IX-Résultats et discussion

IX.1-Le milieu ambiant du laboratoire :

IX.1.1-Suivi de la charge microbienne de l'air ambiant



UFC/boite



Le long des neuf semaines pendant lesquelles ce suivi a été fait, aucune non-conformité n'a été détectée, ce qui nous permet de conclure que la charge microbienne de l'air ambiant des sites qui ont fait l'objet du suivi n'ont représenté aucune source de nuisance pour les analyses effectuées au laboratoire durant la période précitée.



On peut conclure avec ces résultats que :

- Les flux d'entré-sortie du laboratoire sont respectés
- Le système d'aération/filtration du laboratoire fonctionne a un niveau acceptable

Rque : On remarque que l'air ambiant de la hôte à flux laminaire de la salle de recherche des pathogènes a présenté une charge microbienne $<1\text{UFC}/50\text{cm}^2/\text{min}$ ce qui nous permet en plus d'estimer que le système de flux à filtration et la stérilisation par UV de la hôte fonctionnent relativement bien, d'autres tests vont suivre et vont confirmer cela.



IX.1.2-Suivi de La charge microbienne des surfaces des plans de travail

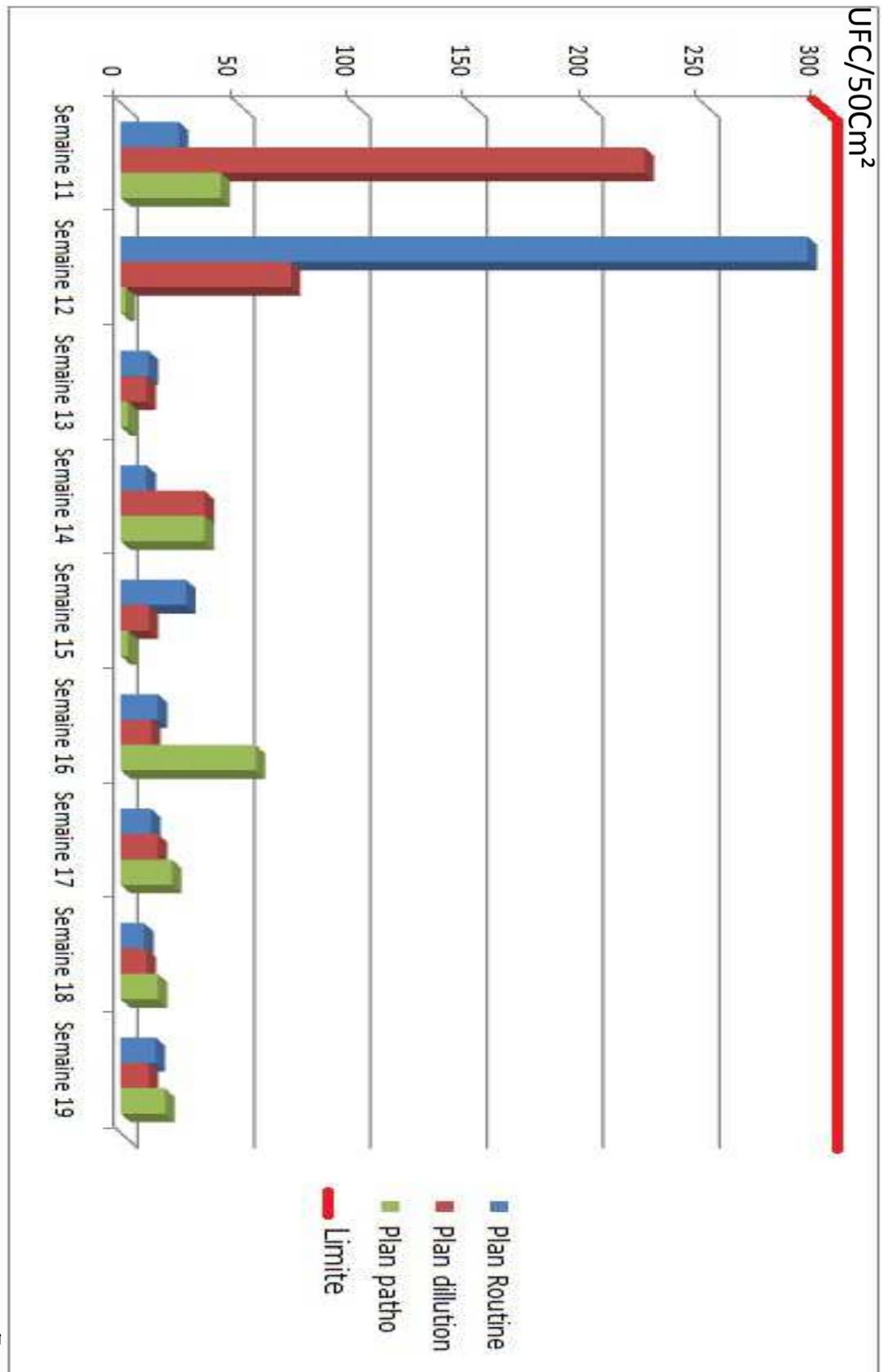


Figure 21 : Histogramme représentant les résultats du suivi de la charge microbienne des surfaces du laboratoire



La charge microbienne des surfaces objets du suivi- qui sont les surfaces les plus utilisées pour les manipulations les plus sensibles à la contamination- n'ont pas atteint la limite recommandée par le FAO pendant la période des neufs semaines du suivi.

On peut conclure à partir de ces résultats que

- Les surfaces objets du suivi n'ont présenté aucune source de nuisance aux analyses effectuées pendant la période précitée.
- Les règles d'hygiène et programmes de nettoyage ont été respectés



IX.2-Le matériel

IX.2.1-Suivi de l'humidité interne des étuves a incubation

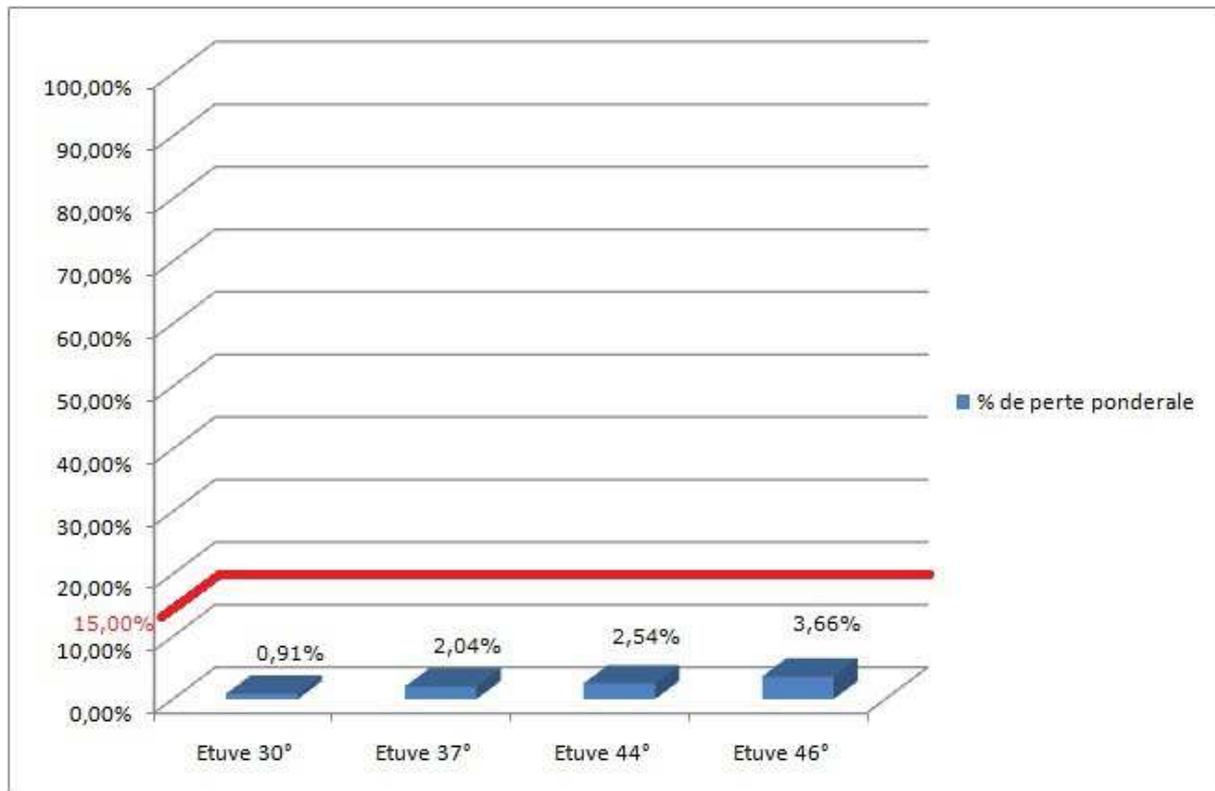


Figure 22 : Histogramme représentant les pourcentages de pertes pondérales de gélose pour les quartes étuves objets du suivi

Les résultats de ce suivi montrent que les pourcentages de perte pondérale de gélose sont cohérents (augmentent avec la température) sans pour autant atteindre la limite de 15% de perte.

On peut conclure à partir de ces résultats que :

- L'humidité interne des étuves objets du suivi ne présente aucun effet nuisible sur les géloses de culture qui y sont incubées.

IX.2.2-Suivi des rendements de lampes à UV

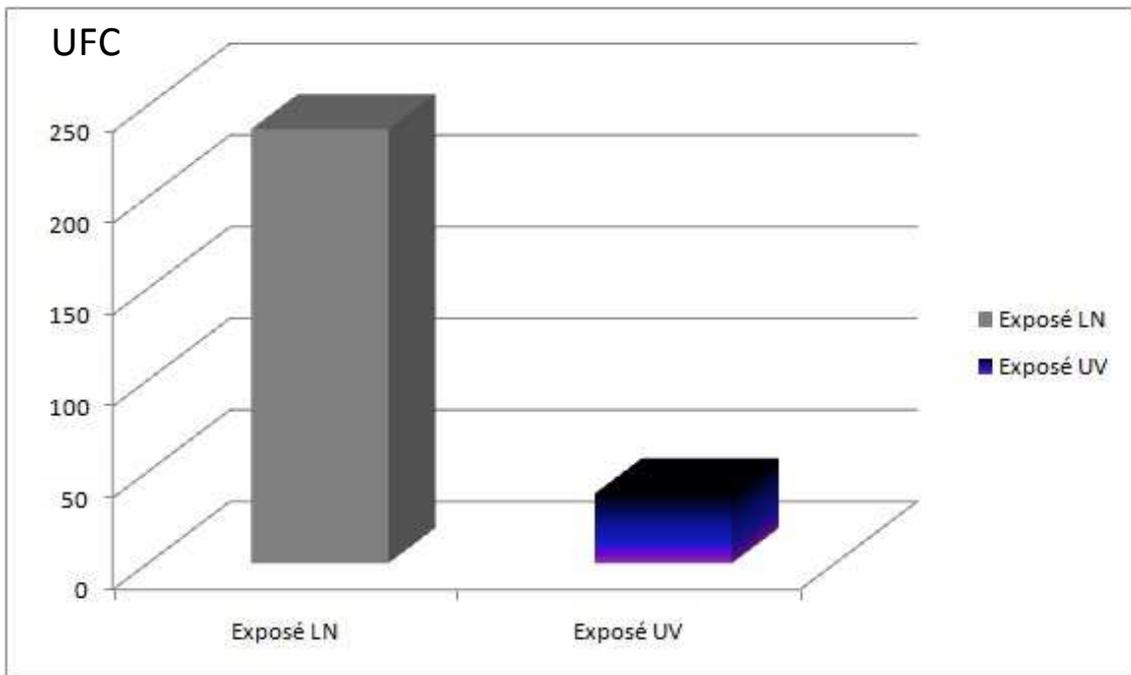


Figure 23 : Histogramme représentant le résultat du dénombrement des colonies pour la boîte exposée à la lumière normale(LN) et celle exposée aux UV Pour la lampe UV1

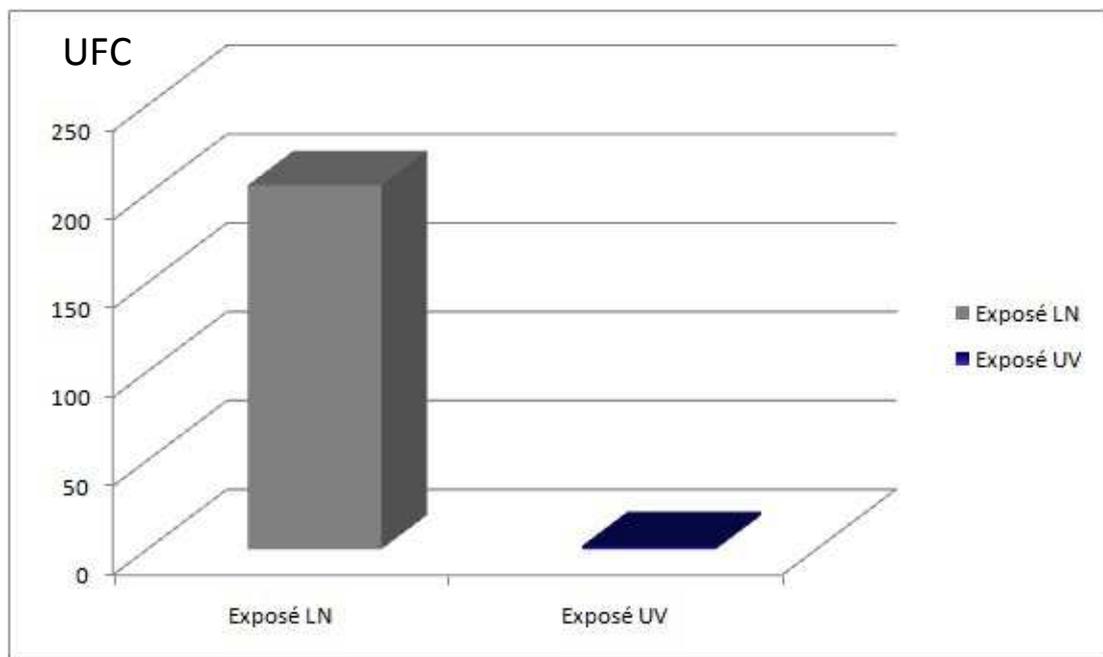


Figure 24 : Histogramme représentant le résultat du dénombrement des colonies pour la boîte exposé à la lumière normale(LN) et celle exposée aux UV Pour la lampe UV2



Les résultats de ce suivi montrent qu'il y a en effet une destruction des germes exposés aux lampes UV :

- **Lampe UV1**

Pour la même dilution 10^{-3} : 237 UFC pour la boîte exposée à la lumière normale et 38 UFC pour la boîte exposée aux rayons UV

- **Lampe UV2**

Pour la même dilution 10^{-3} : 205 UFC pour la boîte exposée à la lumière normale et 2 UFC pour la boîte exposée aux rayons UV

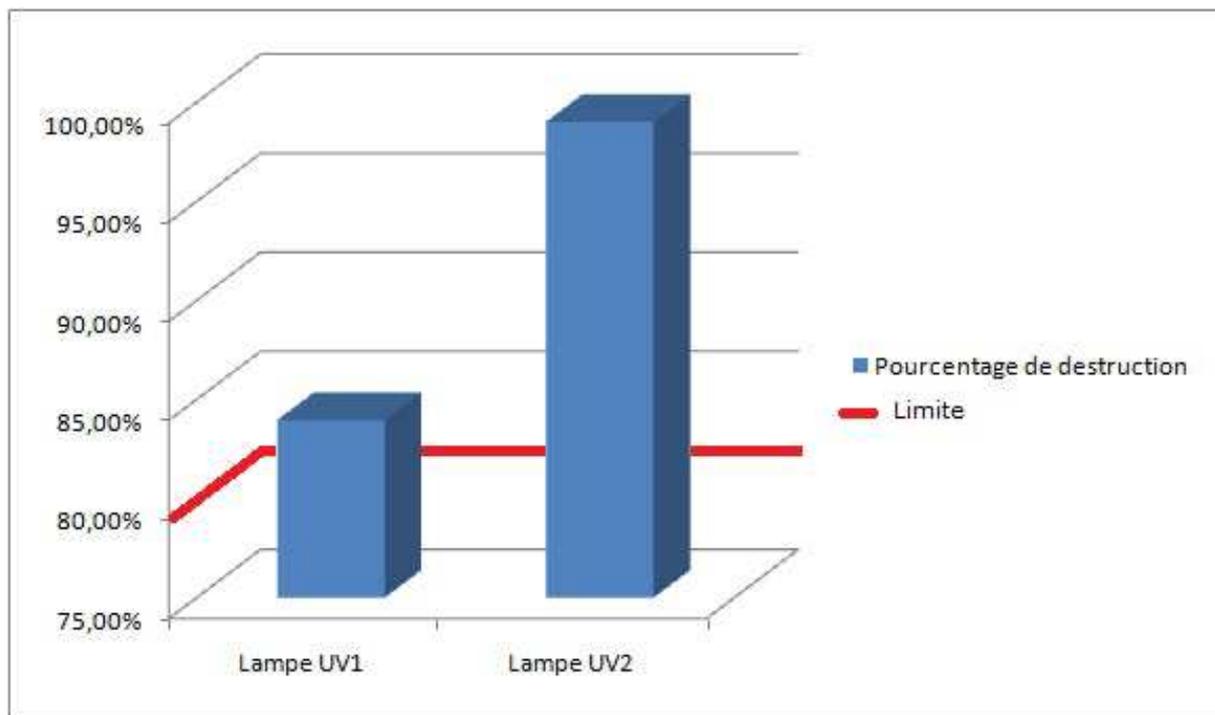


Figure 25 : Histogramme représentant les pourcentages de destruction pour les deux lampes objets du suivi UV1 et UV2

Le calcul du pourcentage de destruction des germes par les rayons UV nous permet de conclure que :

- Les lampes UV1 et UV2 possèdent un pouvoir bactéricide satisfaisant (UV1 : 83,97%, UV2 : 99,02%)



IX.2.3-Suivi des performances des balances

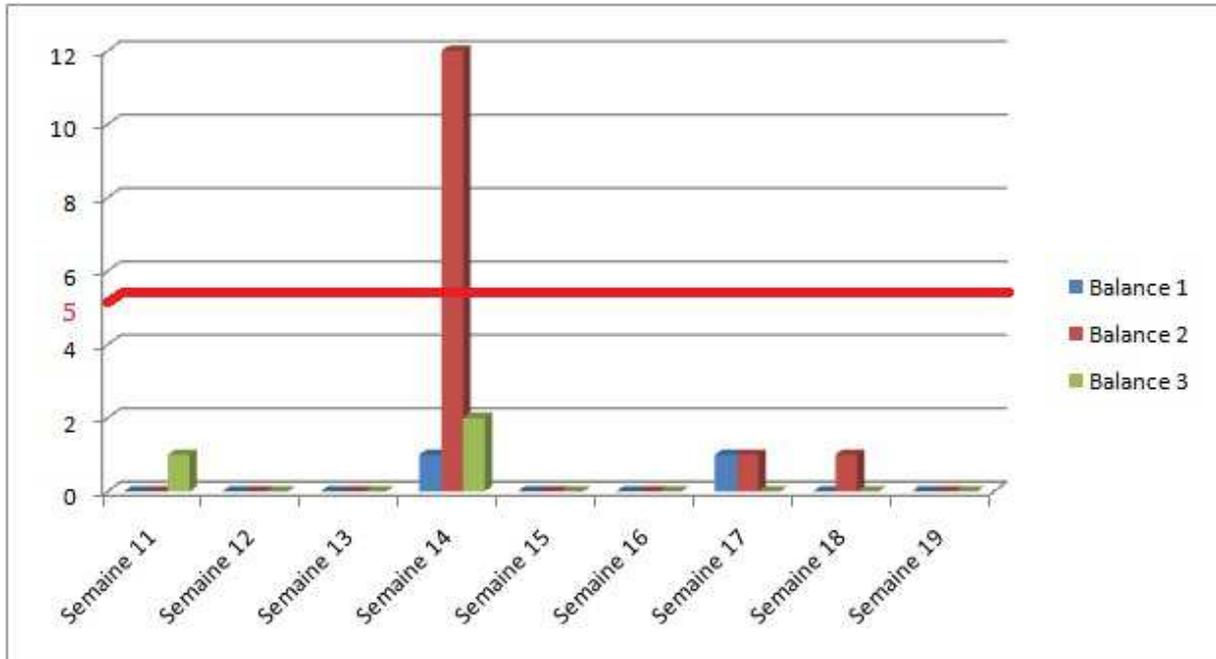


Figure 26 : Histogramme représentant les résultats du suivi des performances des trois balances

Les résultats de ce suivi nous ont permis de détecter une non-conformité pour la balance2 ce qui a engendré une mesure corrective qui a été un calibrage.

A part cette non-conformité les autres balances n'ont présenté aucune anomalie pendant les neuf semaines du suivi.



IX.2.4-Suivi de la qualité de la verrerie

a-Exactitude des volumes mesurés

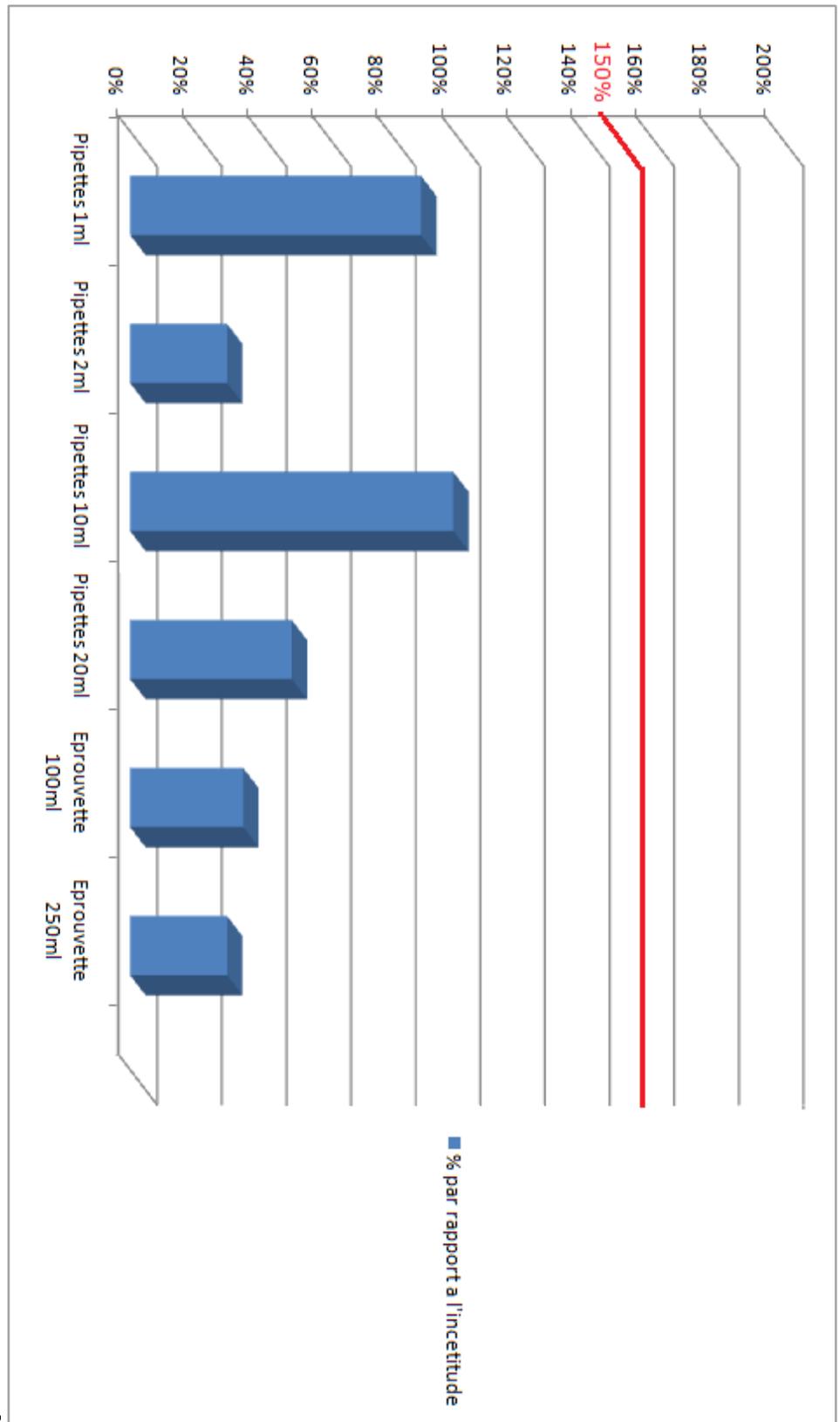


Figure 27 : Histogramme représentant les résultats du suivi d'exactitude des volumes mesurés par la verrerie

Projet de fin d'étude:



Ce suivi nous montre que les volumes mesurés par les types de verrerie objets du suivi sont d'un niveau acceptable d'exactitude et ne peuvent influencer négativement les résultats des analyses effectuées.



b-La recherche de substances Bactéricides/Bactériostatiques dans les boites de Petri

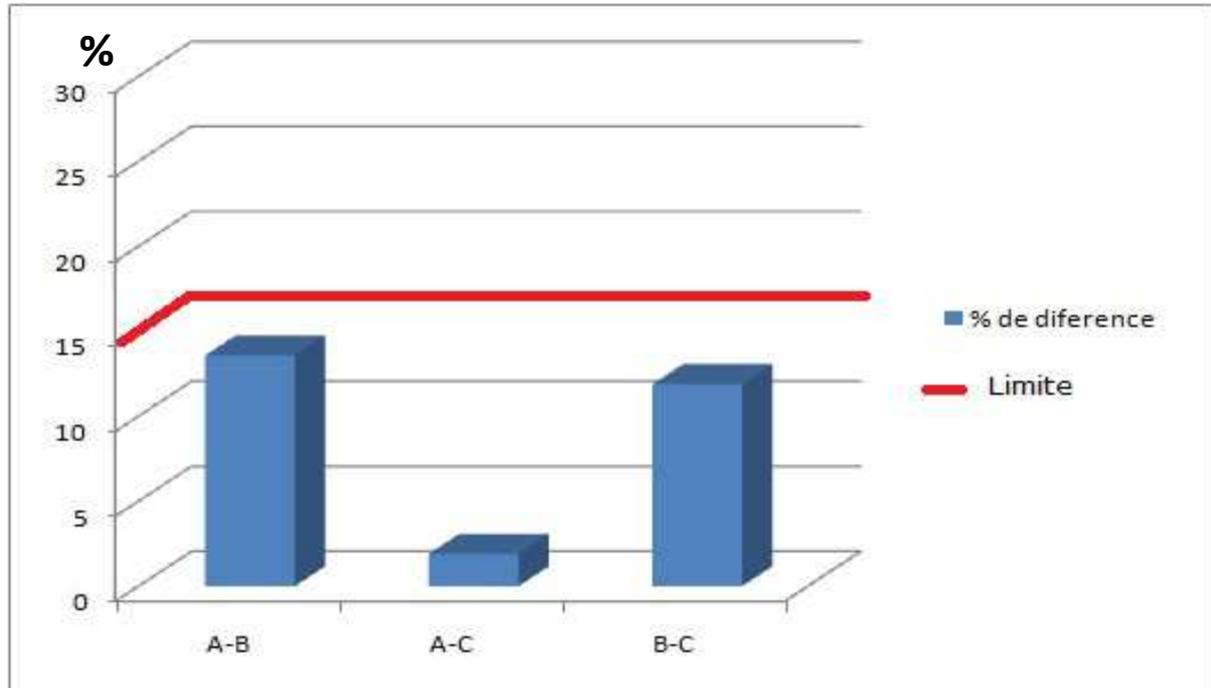


Figure 28 : Histogramme représentant les résultats de la recherche de substances Bactéricides/Bactériostatiques dans les boites de pétri

Les résultats de ce suivi nous montrent des pourcentages de différence entre les numérations des boites des groupes A, B et C de :

- Groupe A – Groupe B : 13,5%
- Groupe A – Groupe C : 1,91%
- Groupe B – Groupe C : 11,9%

On peut conclure à partir de ces résultats que :

- Une différence inférieure à 15% entre les numérations des boites des groupes A, B et C indique qu'il n'y a pas de résidu de détergent à propriété bactériostatique ou bactéricide.
- Les boites de petri sont acceptables et ne constituent pas une source de nuisance pour les analyses effectuées au laboratoire .



IX.3-La Matière première

IX.3.1-Vérification des rendements des milieux de culture

a-Productivité

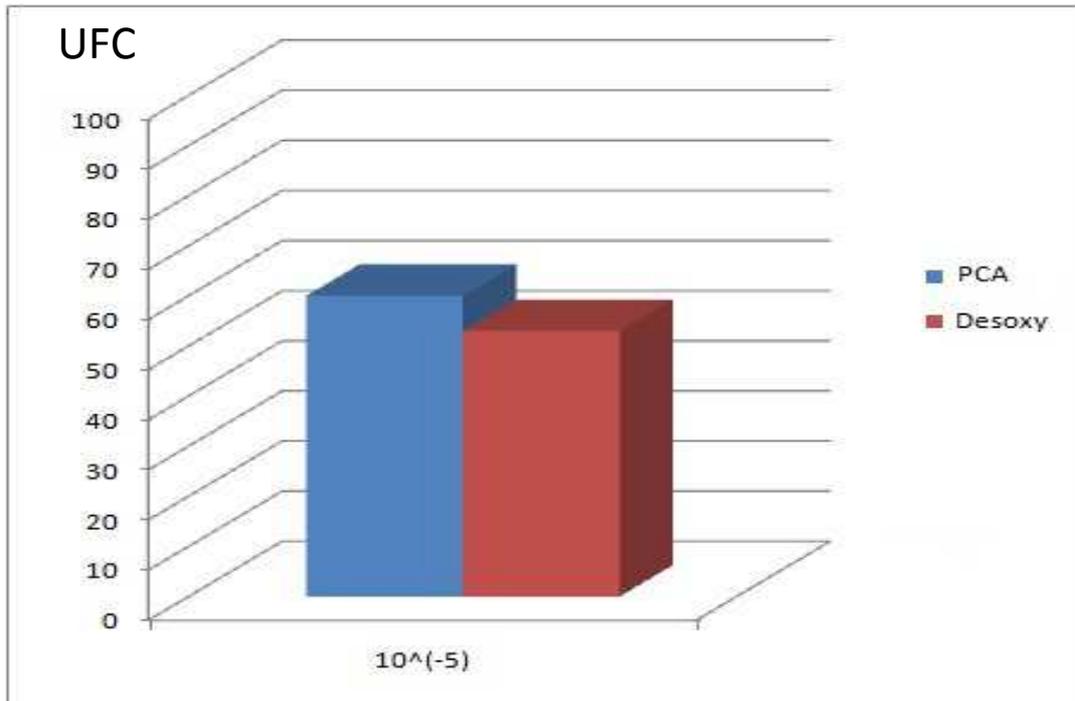


Figure 29 : Histogramme représentant les résultats du suivi de la productivité de la gélose au désoxycholate

Pour la dilution 10^{-5} : 60 UFC sur gélose PCA pour 53 UFC sur gélose au désoxycholate



b-Sélectivité

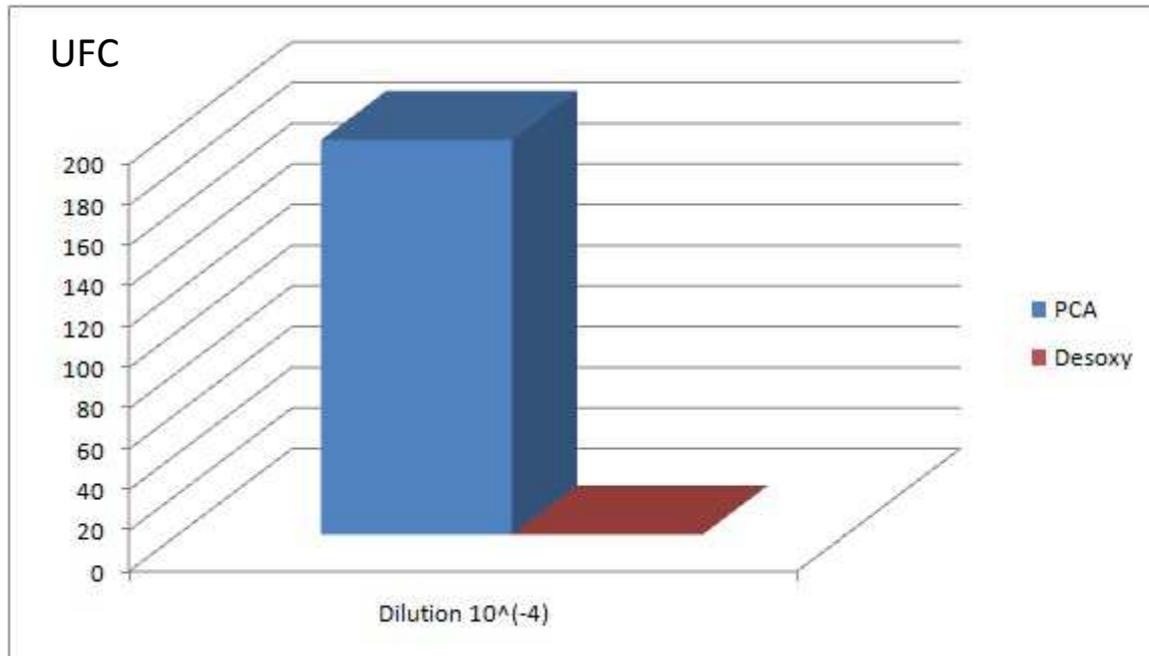


Figure 30 : Histogramme représentant les résultats du suivi de la sélectivité de la gélose au désoxycholate

Les résultats des dénombrements des boîtes pour le suivi de productivité et de sélectivité sont les suivants :

Productivité : pour la dilution 10^{-5} : 60 UFC sur gélose PCA pour 53 UFC sur gélose au désoxycholate.

Sélectivité : pour la dilution 10^{-4} : 194 UFC sur gélose PCA pour <1 UFC sur gélose au désoxycholate.

Ces résultats nous permettent de conclure que

- La gélose au désoxycholate présente :
 - Productivité de 88,33%
 - Sélectivité >99%

La gélose au désoxycholate présente une productivité et une sélectivité supérieures à 80% ce qui nous permet de dire qu'elle est d'un niveau acceptable et ne nuit pas aux analyses dont elle fait partie.



IX.4-Main d'œuvre

IX.4.1-Vérification du respect des règles de l'hygiène personnelle (mains)

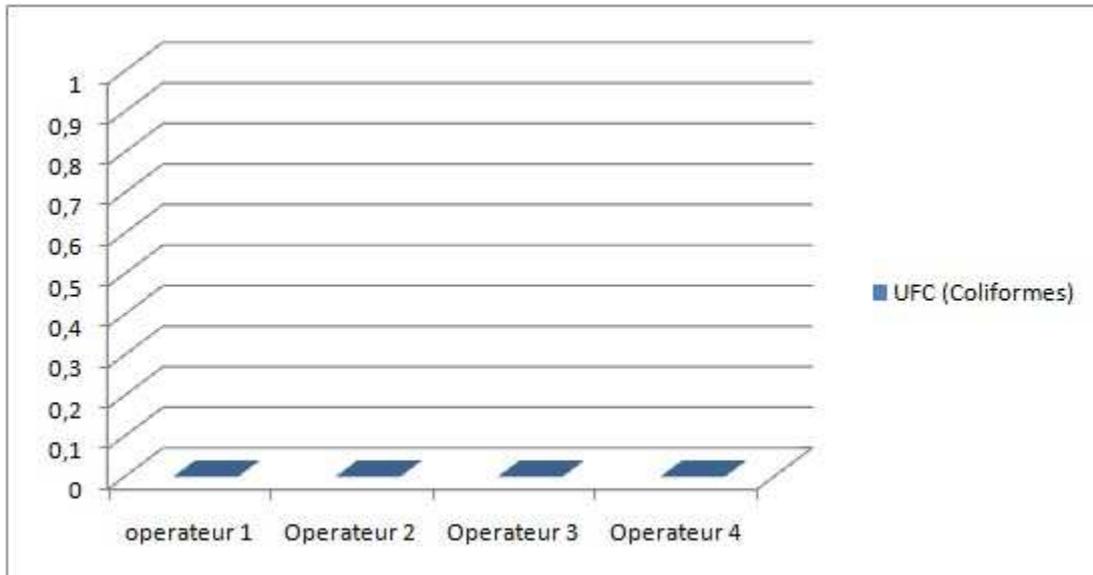


Figure 31 : Histogramme représentant les résultats du suivi du respect des règles de l'hygiène des mains

Les résultats de ce suivi indiquent l'absence de contamination fécale sur les doigts des opérateurs qui ont été soumis à ce test.

On peut conclure que :

- Ces opérateurs respectent les règles d'hygiène personnelle.



Conclusion générale

Se basant sur les recommandations de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), nous avons essayé de maîtriser un maximum de paramètres qui pourraient être source d'erreurs pour les analyses effectuées au laboratoire, nous avons regroupé ces paramètres selon le principe des causes à effet d'Ishikawa modifié, et nous en avons fait le suivi et vérifié leurs conformités aux normes stipulées par la FAO, les résultats des suivis de ces paramètres nous ont permis de juger de leur influence sur les analyses que le laboratoire effectue.

Le programme assurance qualité mis en place au sein du laboratoire constitue une série de mesures préventives supplémentaires à celles déjà en place dans le laboratoire qui nous permettront de détecter des anomalies et de les réparer avant qu'elles n'influencent négativement les analyses du laboratoire.

Par-ailleurs cette période de stage effectuée à Lesaffre-Maroc m'a permis d'acquérir des connaissances d'un tout autre genre, le contact humain que j'ai eu le plaisir d'avoir avec le personnel du laboratoire et le personnel de la société en général tous niveaux hiérarchiques confondus, m'a permis d'apprendre à comprendre les gens, de développer mon sens de la communication, de mieux gérer le système hiérarchique de la société, et d'apprendre à me connaître moi-même.

Cette expérience a été très enrichissante tant sur le niveau professionnel que personnel.



Elaboration et mise en place d'un programme d'assurance
Qualité au laboratoire de microbiologie
LESAFFRE-MAROC



Références bibliographiques



Références bibliographiques

1. *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen, Meddn Carlsberg Lab. 2: 29 (1883)
2. H. Stekl: Mautner Markhof of Adolf Ignaz . In: Austrian Biographical Dictionary 1815-1950 (ÖBL). Volume 6, Austrian Academy of Sciences, Vienna 1975, ISBN 3-7001-0128-7 , p. 165
3. Kurtzman, C.P., Fell, J.W. 2006. "Yeast Systematics and Phylogeny—Implications of Molecular Identification Methods for Studies in Ecology.", Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts, The Yeast Handbook, Springer. Retrieved January 7, 2007.
4. Kurtzman CP, Piškur J (2006). Taxonomy and phylogenetic diversity among the yeasts (in Comparative Genomics: Using Fungi as Models. Sunnerhagen P, Piskur J, eds.). Berlin: Springer. pp. 29–46. ISBN 978-3-540-31480-6.
5. Jean-Luc Legras, Didier Merdinoglu, Jean-Marie Cornuet and Francis Karst. (2007.). "Bread, beer and wine: *Saccharomyces cerevisiae* diversity reflects human history". *Molecular Ecology* 16 (10): 2091–2102. doi:10.1111/j.1365-294X.2007.03266.x. PMID 17498234
6. Ostergaard S, Olsson L, Nielsen J. (2000). "Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*". *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 64 (1): 34–50.
7. "What are yeasts?". Yeast Virtual Library. 200-09-13. Retrieved 2009-11-28.
8. Barnett JA (2003). "Beginnings of microbiology and biochemistry: the contribution of yeast research". *Microbiology (Reading, Engl.)* 149 (Pt 3): 557–67. PMID 12634325
9. "Le Comité des Fabricants de levure". COFALEC.
10. Alexopoulos CJ, Mims CW, Blackwell M. (1996). *Introductory Mycology*. New York: Wiley. ISBN 0-471-52229-5.
11. Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA. (2008). *Dictionary of the Fungi*. 10th ed. Wallingford: CABI. ISBN 0-85199-826-7
12. Moore-Landecker E. (1996). *Fundamentals of the Fungi*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall. ISBN 0-13-376864-3.
13. Annie LOÏEZ, Production de la levure de panification par biotechnologie, Techniques de l'Ingénieur Doc. J 6 013
14. Etude FAO: Alimentation et nutrition 14/12: Manuels sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires 12. Assurance de la qualité dans le laboratoire d'analyse microbiologique des aliments (1991), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome (Italie) ISBN 92-5-103053-7.
15. Kilshaw, D. Quality control & assurance, MLW, June 1986, p 25 & 26
16. Waddel, A. The importance of quality, international Good Laboratory Practice Conference, Stratford United Kingdom.
17. Taylor J.K. The quest for Quality Assurance, American laboratory, October 1985, p 67-75
18. Garfield, F.M. Quality Assurance Principles for Analytical Laboratories. association of analytical Chemists, 1984 Arlington, VA. United Kingdom
19. Taylor, J.K. Quality Assurance of chemical measurements, Lewis Publishers, Inc., Chelsea, MI. United Kingdom
20. Juran, J., Planning for Quality, 1988. Collier Macmillan Ltd., Purnell Distribution Centre, Bristol (Royaume-Uni) ISBN 0029166810.
21. FAPAS Secretariat, MAFF Food Science Laboratory, Norwich Research Park, Colney, NORWICH NR4 7UQ, Angleterre (Royaume-Uni).



22. Quality Assurance Principles for Chemical Food Laboratories (1990). Nordic Committee on Food Analysis c/o Technical Research Centre of Finland, Food Research Laboratory PB 203, SF-02151 ESPOO (Finlande).
23. National Institute of occupational Safety and Health. 1976 Specification for industrial Hygiene Laboratory Quality Program Requirements, National Insitute for Occupational Safety and Health, Cincinnati,OH,USA.
24. US Environmental Protection Agency. 1980.Guidelines and specifications for Preparing Quality Assurance Project Plans,US.EPA, Cincinnati,OH,USA.
25. US Food and Drug Administration. 1982. Bureau of Foods Laboratory Quality Assurance Manual, US.FDA, Washington,DC.
26. Weatherwax,J., and P.G.Martin. 1986. Manuals of Food Quality Control.
27. American Public health association.1984 Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods, 2nd ed. Speck Editions, APHA,Washington,DC
28. Commitee on Interlaboratory Studies. 1988. Guidelines for Collaborative study procedure to validate charachteristics of a methode of analysis.J. assoc. Off. Anal Chem. 71;160-162.
29. American Public health association.1984 Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods, 2nd ed. Speck Editions, APHA,Washington,DC
30. Association of official Analytical chemists.1990. Official methods of analysis of the Association of official Analytical chemists,15th(ed) edition K.Helrich,Arlington, VA.United Kingdom
31. US Food and Drug Administration.1984 Bacteriological analytical Manual, 6th ed.Association of official Analytical chemists,Arlington, VA.United Kingdom
32. Bordner,R., J.Winter, and P.scaprino. 1978. Microbiological Methods for Monitoring the Environment . US.EPA ,Cincinnati,OH,USA.
33. Geldreich, E.E., and H,F. Clark. 1965. Distilled suitability for microbiological applications. J.Milk Food Technol. 28:351-355
34. American Public health association.1985. standard Methods for examination of Dairy Products, 15th (ed),Richardson edition,APHA,Washington,DC
35. Commitee on Interlaboratory Studies. 1988. Guidelines for Collaborative study procedure to validate charachteristics of a methode of analysis.J. assoc. Off. Anal Chem. 71;160-162.
36. Refai, M.K. 1979. Manuels sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires,4.Analyse microbiologique. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie
37. A.elamrani. License Biotechnologie Hygiène et sécurité des aliments Suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques tout au long de la chaine de traitement de la mélasse, Faculté des Sciences et Techniques -Fès 23/06/2009
38. <http://www.fao.org>
39. <http://www.toutsurlalevure.fr/>
40. <http://www.lesaffre.com/fr/>
41. http://fr.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces_cerevisiae
42. http://fr.wikipedia.org/wiki/Levure_de_boulangier
43. <http://www.decitre.fr/livres/Pratique-des-normes-en-microbiologie-alimentaire.aspx>
44. <http://www.didier-pol.net/3num.html>



**Elaboration et mise en place d'un programme d'assurance
Qualité au laboratoire de microbiologie
LESAFFRE-MAROC**

