



République Algérienne Démocratique populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université du 20 aout 1955-Skikda



# Techniques de contrôle microbiologiques

3eme année microbiologie

Sciences biologiques

Sciences de la nature et de la vie

Dr. Chekroud Zohra

Avril 2021

# Techniques de contrôle microbiologiques

3eme année microbiologie  
Sciences biologiques  
Sciences de la nature et de la vie

Dr. Chekroud Zohra

Avril 2021

**Table des matières**

Table des matières	I
Liste des tableaux	V
Liste des figures	VI
<b>I-Introduction</b>	1
<b>II-Définitions et objectifs du contrôle microbiologique</b>	2
1-Définition	2
2- Objectifs du contrôle microbiologique	2
2-1- Sécurité et qualité hygiénique	2
2-2-Qualité technologiques	2
2-3-Qualité nutritionnelle	3
2-4-Qualité organoleptique	3
<b>III- Politique du contrôle de qualité microbiologique</b>	4
1- Les niveaux de contrôle de qualité microbiologique :	4
2-Fréquence de contrôle microbiologique :	6
3-Les paramètres à contrôler :	6
4- Méthodes de contrôle de qualité microbiologiques	7
5- Les normes	8
6-Les critères en microbiologie	12
7- Les laboratoires chargés du contrôle de la qualité microbiologique	12
<b>IV- Prélèvement, transport et préparation des échantillons</b>	14
1- Conditions du prélèvement	14
2-Echantillonnage :	14
2-1-Méthode d'échantillonnage pour rechercher un nombre peu élevé de micro-organismes	15
2-2- Choix des échantillons	15
2-3-Prélèvement en surface :	15
2-4- Prélèvement de produits liquides	17
2-5- Prélèvement de produits solides :	17
3- Traitement de l'échantillon	18
3-1- Transport des prélèvements:	18

3-2- Les diluants	19
3-3- La revivification	20
<b>V- Techniques classiques de numération</b>	22
1- Les méthodes générales directes	22
1-1- Comptage direct	22
1-2- Détermination du poids sec	23
1-3- Système luciférine - luciférase	23
2- Les méthodes générales indirectes	24
2-1- Dosage d'un métabolite primaire synthétisé, ou dosage de la quantité d'un substrat consommé	24
2-2- Réduction d'un colorant	24
2-3- Dilution et culture	24
2-3-1- Numération à partir d'un milieu solide (UFC)	24
2-3-2- Numération en milieu liquide (UFT)	25
2-4- Numération après filtration	27
<b>VI- Techniques récentes de numération</b>	29
1- La cytométrie en flux (CMF):	29
1-1- Définition	29
1-2- Principe	29
1-3- Principales applications	29
2- La spectrophotométrie:	31
2-1- Définition:	31
2-2- Grandeurs spectrophotométriques	32
2-3- Application de la spectrophotométrie en microbiologie	32
	31
<b>VII- Identification, recherche et numération des microorganismes dans les aliments</b>	
1- Identification des germes par techniques classiques	35
2- Galeries miniaturisées	35

3- Identification des bactéries par la technique de spectrométrie de masse (MALDI-TOF-MS)	36
3-1-Principe	36
3-2-Banques de données	37
3-3-Application en microbiologie de routine	37
4 Recherche et numération des microorganismes	37
4-1-Numération des germes totaux	37
4-2-Recherche d'une contamination d'origine fécale	38
4-2-1-La colimétrie	38
4-2-2-Numération des streptocoques du groupe D de Lancefield	39
4-3- Recherche et numération des anaérobies sulfite-réducteurs	40
4-4-Recherche et numération de <i>Staphylococcus aureus</i>	41
4-5- Recherche de <i>Salmonella</i>	43
4-6- Recherche des <i>Shigella</i>	45
4-7- Recherche indirecte de <i>Brucella</i>	45
4-8- Recherche et/ou numération de <i>Vibrio cholerae</i>	46
4-9- Recherche de <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	47
4-10- Recherche de <i>Listeria monocytogenes</i>	48
4-11- Recherche et numération de <i>Bacillus cereus</i> et de <i>Bacillus</i> sp	49
<b>VIII- Réalisation d'un contrôle</b>	51
1-Contrôle de matière première:	51
2- Contrôle des produits finis	55
3- Contrôle de nettoyage et de la désinfection	57
4-Contrôle des levains:	57
5-Interprétation des résultats : Plan à deux et à trois classes	60
<b>TP N1: Numération directe des germes par la cellule de Malassez</b>	63

<b>TP N2: Contrôle bactériologique des eaux destinées à consommation humaine</b>	66
<b>TP N3 Contrôle de la qualité microbiologique de la viande</b>	72
<b>TP N4 Contrôle de pureté, de stabilité et de résistance d'un levain de brasserie</b>	93
<b>Références bibliographiques</b>	101
<b>Annexes</b>	

## Liste des tableaux

Tableau n1: Comparatif des sommaires de la norme ISO	10
Tableau n2: La table de Mac Grady	27
Tableau n3: Les étapes de la coloration de Gram	84

## Liste des figures

Figure n1: Diagramme représentant la démarche HACCP	5
Figure n2: Prélèvement en surface par écouvillonnage	16
Figure n3: Prélèvement de surface par des lames de contact	17
Figure n4: Prélèvement des produits solides.	18
Figure n 5: chambre de comptage de Malassez	23
Figure n 6:Principe des dilutions pour le dénombrement en milieu solide (ISO 7218)	25
Figure n 6: Utilisation de la cytométrie en flux en océanographie	26
Figure n 7: Dénombrement des germes par filtration	28
Figure n 8: Utilisation de la cytométrie en flux en océanographie	31
Figure n 9: Un spectrophotomètre	
Figure n 10: Grandeurs spectrophotométriques	32
Figure n 11 Droite d'étalonnage : Absorbance = f [cellules]	33
Figure n 12: Détermination graphique de la concentration	34
Figure n 13: Galerie API 20E d' <i>Escherichia coli</i>	36
Figure n 14: Aspect des colonies de <i>Clostridium</i> sulfite-réducteur sur gélose viande Foie	41
Figure n 15: <i>Staphylococcus aureus</i> sur milieu Chapman	42
Figure n 16: Test de coagulation (Plasma de lapin lyophilisé)	42



Figure n 17: La recherche de <i>Brucella</i> dans le lait	46
Figure n 18: Observation microscopique des mycobactéries	48
Figure n 19: Observation macroscopique de la levure après incubation 24h à 30°C	58
Figure n 20 : Observation microscopique de la levure après incubation 24h à 30°C	59
Figure n 21: La galerie API 20CAUX	59
Figure n 22: Dénombrement de cellules de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> par la cellule de Malassez	65
Figure n 23: Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (Colimétrie)	69
Figure n 24: Recherche des streptocoques totaux et fécaux	71
Figure n 25: Photographie des solutions mères ( $10^{-1}$ ) des échantillons	75
Figure n 26 : Schéma de la préparation de l'échantillon et des dilutions décimales	77
Figure n 27: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement de la flore totale aérobie mésophile	79
Figure n 28: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Coliformes	81
Figure n 29: Protocole expérimental de la recherche et du dénombrement des <i>staphylococcus aureus</i>	86
Figure n 30 : Protocole expérimental de recherche des bactéries anaérobie sulfito-Réductrices	88
Figure n 31: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Salmonelles	91

Figure n 32 : Résultats obtenus à l'aide de la base de données en ligne Apiweb	95
Figure n 33 : Courbe de croissance : $\ln N$ levures/mL = f (t en minutes)	96
Figure n 34 : Protocole de vérification de la sensibilité aux levures « killer »	98
Figure n 35: Test de sensibilité aux levures (Killer)	99

# Partie I: Cours

## **I-Introduction**

Dans de très nombreux domaines, le contrôle microbiologique des produits constitue soit un impératif de sécurité comme dans les domaines pharmaceutiques, médicaux ou hospitaliers, soit plus simplement, un critère de qualité. Les établissements hospitaliers sont tenus de contrôler régulièrement la contamination microbiologique de leur eau ou de l'air. Ils peuvent aussi être amenés à effectuer des analyses microbiologiques de liquides biologiques. De même, dans l'industrie pharmaceutique, la sécurité de la production impose de multiples contrôles bactériologiques dans les différents sites de production, de stockage ainsi que sur les matières premières et les produits finis. Les industries alimentaires doivent aussi faire face aux exigences toujours croissantes du consommateur en matière de qualité et de conservation des denrées alimentaires et des boissons. Ces branches de l'industrie ne peuvent pas se limiter à un contrôle du produit final, c'est-à-dire de la boisson en bouteille ou du plat cuisiné ; au contraire, elles doivent, si elles veulent éviter les pertes financières et les réclamations, soumettre les matières premières à un contrôle constant et surveiller l'ensemble du processus de production. Les examens microbiologiques et hygiéniques jouent alors un rôle prépondérant.

Ce présent document est un amalgame de chapitres et de travaux pratiques. Il s'adresse aux étudiants de troisième année microbiologie, sciences de la nature et de la vie. Il a pour objectif de faire acquérir aux étudiants les connaissances théoriques et pratiques indispensables pour maîtriser les différentes techniques de contrôle d'un produit: le dénombrement et la recherche des germes de contamination/et ou pathogènes selon les critères des normes algériennes et internationales.

## II-Définitions et objectifs du contrôle microbiologique

La fabrication de produits alimentaires, pharmaceutiques ou cosmétiques nécessite des contrôles très sévères pour garantir leur qualité microbiologique et leur composition. La rigueur de ces contrôles est un gage de qualité : elle assure la sécurité du consommateur.

### 1-Définitions

**Définition AFNOR:** La qualité est l'aptitude d'un produit à satisfaire ses utilisateurs.

**Définition ISO complète:** Ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites de tous les utilisateurs.

### 2- Objectifs du contrôle microbiologique

**2-1- Sécurité = qualité hygiénique :** Qu'est-ce qui peut rendre malade dans un aliment ?

Tous les germes pathogènes qui peuvent être transmis par les aliments et les espèces de microorganismes capables d'altérer les aliments sont à considérer. Il en est de même des toxines résultant de la présence des microorganismes (toxines, métabolites toxiques), produits **toxiques** (*ex.: métaux lourds, pesticides*), composants normaux en excès (*ex.: sel, lipides*), composants normaux inadaptés à un consommateur particulier (*ex.: intolérant au lactose, allergique aux arachides*).

**2-2-Qualité technologique :** Le consommateur n'est pas le seul utilisateur de l'aliment, or la qualité est la satisfaction de **tous les utilisateurs**: les **transformateurs**, artisans et industriels, et les **distributeurs**, magasins et grandes surfaces, attendent eux aussi des caractéristiques précises des produits. Il s'agit des qualités **technologiques**: aptitudes à la transformation et à la distribution. *ex.: qualité boulangère d'une farine, rétention d'eau d'une viande pour la salaison, aptitude au rangement dans un camion, durée de conservation d'un yogourt en grande surface, ...)*

**2-3-Qualité nutritionnelle:** On veut que l'aliment apporte "du bon", qu'il soit **diététique**, qu'il **maintienne et améliore notre santé**. Il s'agit d'abord des **nutriments** majeurs (lipides, glucides, protides) et mineurs (vitamines & minéraux). Des demandes nouvelles surgissent concernant des non-nutriments utiles (fibres, AG oméga 3, polyphénols, oligo-éléments), ou supposés bénéfiques (probiotiques, aliments "fonctionnels"...).

**2-4-Qualité organoleptique :** On veut satisfaire ses **cinq sens**. La qualité organoleptique a une composante sensorielle majeure, **mesurable par l'analyse sensorielle** (objectivée par un jury), mais a aussi une composante psychologique et sociale.

### III- Politique du contrôle de qualité microbiologique

#### 1- Les niveaux de contrôle de qualité microbiologique :

La maîtrise de la **qualité microbiologique** (*hygiénique* obligatoire et *marchande* souhaitée par le fabricant mais aussi le consommateur) passe par un ensemble de démarches qui vont du :

- contrôle des matières premières brutes, l'eau
- en cours de transformation
- l'identification des principaux points critiques du système de production / distribution, le plus souvent par une démarche **HACCP**.
- l'environnement de production, air, matériel,..
- l'aliment fini, l'**analyse microbiologique traditionnelle des produits finis** reste encore indispensable car elle permet avec une certaine inertie d'éviter, dans le cas où des produits dangereux ou non conformes seraient fabriqués, leur commercialisation ou leur consommation. Ce type de contrôle souvent pratiqué par des laboratoires officiels (DGCCRF: Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes , Laboratoires des Services Vétérinaires, etc.) n'est pas préventif et ne permet pas de maîtriser la qualité microbiologique des produits fabriqués.
- le contrôle des produits destinés à la consommation en cas d'une intoxication

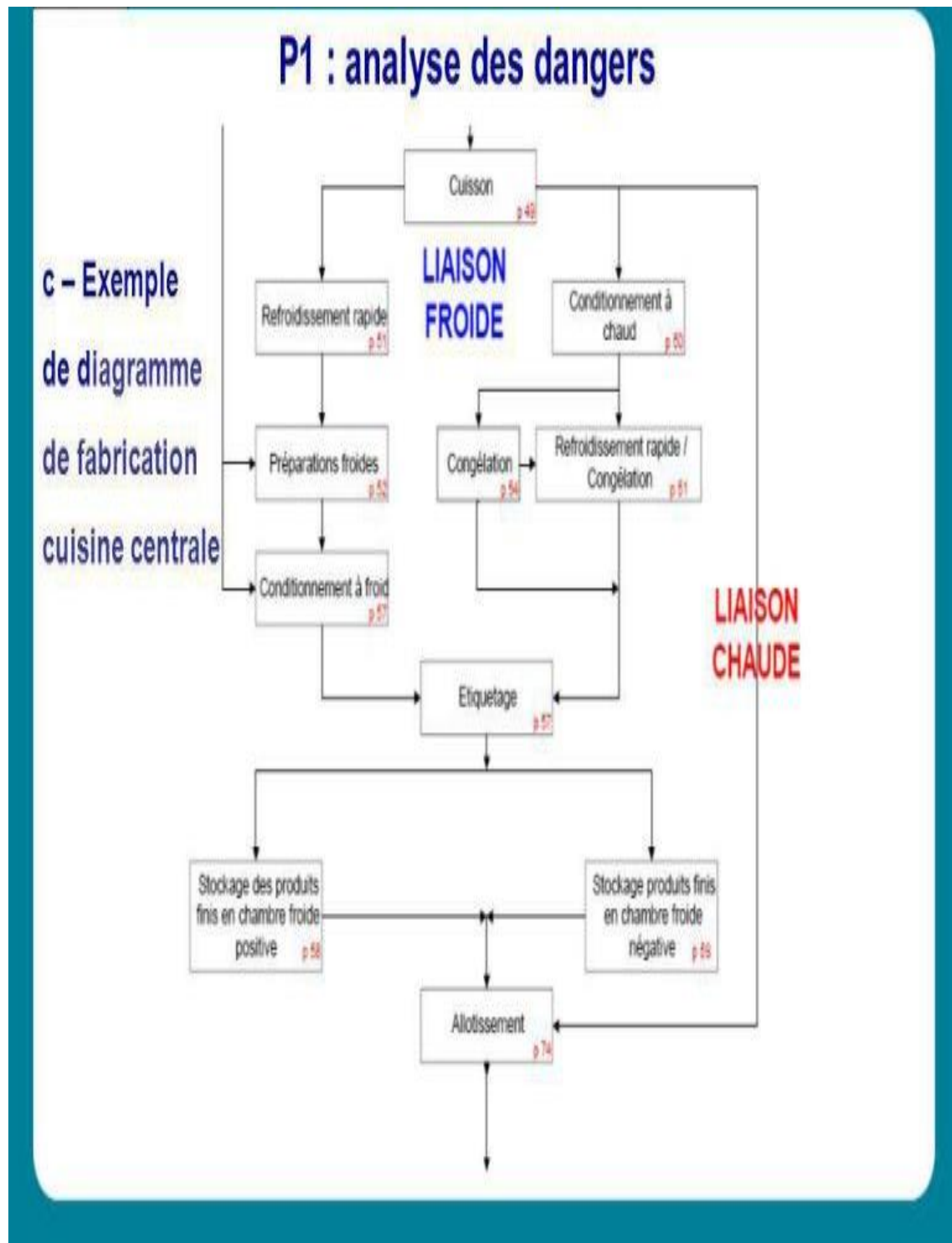


Figure n1 : Diagramme représentant la démarche HACCP



## 2-Fréquence de contrôle microbiologique :

La fréquence de contrôle est établie sur la base de l'expérience et les moyens disponibles et en fonction du type du produit (type de fabrication), même selon le type d'usine (unité de production). Un contrôle répété permet de déterminer les points critiques.

## 3-Les paramètres à contrôler :

En bactériologie alimentaire il n'est donc pas nécessaire de rechercher, de compter et d'identifier systématiquement toutes les bactéries, levures et moisissures présentes dans le produit. Il suffit souvent d'effectuer :

### a) Une étude quantitative de la flore microbienne :

Soit : - par exemple numération de la *flore aérobie mésophile* revivifiable sur un milieu du type gélose nutritive ordinaire (germes hétérotrophes peu exigeants, mésophiles si la température d'incubation est voisine de 30°C avec une durée d'incubation généralement inférieure à 72 heures, neutrophiles si le pH est voisine de 7, aérobie ou aéro-anaérobie si l'incubation est réalisée à l'air),

-La numération des *levures et moisissures* -la numération des *anaérobies sulfito-réducteurs* (germes hétérotrophes, réduisant les sulfites en sulfure d'hydrogène, mésophiles, anaérobies stricts).

-La présence de bactéries d'origine fécale ou tellurique témoigne dans nos aliments d'un manque d'hygiène.

Soit: par dénombrement d'un groupe bactérien pouvant correspondre à une contamination déterminée: coliformes thermotolérants et/ou streptocoques du groupe D, staphylocoques,...

**b) Une recherche orientée** de certaines bactéries pathogènes telles que *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Shigella*, *Mycobacterium*, *Listeria*, *Brucella*, *Campylobacter*, *Yersinia* , etc....

Cette recherche exige l'utilisation de méthodes spécifiques hautement sélectives.

#### 4- Méthodes de contrôle de qualité microbiologique

Il faut choisir une méthode d'analyse qui permet, après interprétation, de réagir sur la fabrication en amont par un véritable "feed-back" quand un défaut d'origine microbienne est détecté. Les méthodes d'analyse mises en œuvre doivent être rapides, fiables, reproductibles et si possible simples (et peu coûteuses) ; elles consistent en une **recherche** et/ou une **numération** des principaux germes microbiens rencontrés dans nos aliments afin d'en maîtriser leur présence ou absence (dans le cas de germes dangereux responsables de maladies infectieuses) et leur nombre (dans le cas de germes peu dangereux, contaminants ou hôtes normaux des matières premières composant la denrée).

**Le contrôle microbiologique de routine** d'un produit alimentaire solide ou liquide consiste le plus souvent, en absence d'information sur l'éventuelle implication de ce produit à une maladie infectieuse, une toxi-infection ou une intoxication, en :

- Un **contrôle de stérilité** pour des produits soumis à des traitements antimicrobiens de stabilisation (température, additifs, etc.)
- Une **estimation du nombre des contaminants** (flore aérobie mésophile totale, coliformes, anaérobies sulfite-réducteurs) ou **leur détection - identification** (*Salmonella*, *Listeria* etc).

Ce contrôle est actuellement long (plusieurs jours), ce qui implique souvent :

- De stocker le produit en attendant la réponse (impossible pour les produits très périssables)
- De diffuser le produit sans connaître sa qualité bactériologique avec tous les risques que cela comporte.

#### **Remarque:**

Les techniques microbiologiques de culture peuvent, quelques fois, être remplacées par le contrôle de paramètres physicochimiques liés à la présence de microorganismes à l'instar de: la teneur en eau (H%), la matière sèche (MS%), le potentiel d'hydrogène (pH) et l'acidité (Le cas du lait par exemple).

## 5- les normes

Les *normes* sont des spécifications microbiologiques adoptées par la législation qui s'adressent au produit fini et fixent les limites acceptables de présence de microorganismes donnés dans des produits bien définis. Il existe actuellement de nombreux organismes nationaux ou internationaux (OMS, FAO, ISO, ICMSF, CEN, AFNOR, CNERNA, DGCCRF, services vétérinaires, etc.) qui se préoccupent de l'établissement de critères de qualité microbiologique de nos aliments.

### 5-1-Les systèmes de normalisation:

#### ➤ **L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) :**

Organisation non gouvernementale créée à Londres en 1947. C'est un organisme de normalisation international composé de représentants d'organisations nationales de normalisation de 165 pays (jusqu'à Octobre 2014). Elle a pour but de produire des normes internationales dans les domaines industriels et commerciaux appelées normes ISO. Elles sont utiles aux organisations industrielles et économiques de tout type, aux gouvernements, aux instances de réglementation, aux dirigeants de l'économie, aux professionnels de l'évaluation de la conformité, aux fournisseurs et acheteurs de produits et de services, dans les secteurs tant public que privé et, en fin de compte, elles servent les intérêts du public en général lorsque celui-ci agit en qualité de consommateur et utilisateur.

- 1 Normes ISO : 1 – 999 / Langues et caractères
- 2 Normes ISO : 1000 – 8999 / Codes et langages
- 3 Normes ISO : 9000 – 9099 / Qualité
- 4 Normes ISO : 9100 – 9999 / Exigences logiciels, codage, langage (suite)
- 5 Normes ISO : 10000 – 13999
- 6 Normes ISO : 14000 – 14399 / Environnement

- 7 Normes ISO : 14400 – 15999
- 8 Normes ISO : 16000 – 16999
- 9 Normes ISO : 17000 – 19099
- 10 Normes ISO : 19100 – 19199 / Information géographique
- 11 Normes ISO : 19200 – 20999
- 12 Normes ISO : 21000 – 21999
- 13 Normes ISO : 22000 – 22999
- 14 Normes ISO 23000 – 23999
- 15 Normes ISO 25000 – 25999 / Sûreté de fonctionnement des systèmes informatiques
- 16 Normes ISO : 26000 – 26999
- 17 Normes ISO : 27000 – 27999 / Sécurité de l'information
- 18 Normes ISO : 28000 – 28999
- 19 Normes ISO : 29000 – 29999
- 20 Normes ISO : 30000 – 39999
- 21 Normes ISO : 40000 – 49999
- 22 Normes ISO : 50000 – 59999
- 23 Normes ISO : 60000 – 69999
- 24 Normes ISO : 80000 – 89999

Tableau n1 :Comparatif des sommaires de la norme ISO

ISO 9001:2008		ISO 9001:2015	
1	Domaine d'application	1	Domaine d'application
2	Références normatives	2	Références normatives
3	Termes et définitions	3	Termes et définitions
4	Système de management de la qualité	4	Contexte de l'organisme
5	Responsabilité de la direction	5	Leadership
		6	Planification
6	Management des ressources	7	Support
7	Réalisation du produit	8	Réalisation des activités opérationnelles
8	Mesures, analyse et amélioration	9	Evaluation de la performance
		10	Amélioration

➤ **L'AFNOR:**

C'est le correspond français des organismes européens et internationaux, elle édite les normes, gère le certificat NF, recense les besoins nouveaux, coordonne les actions, participe à la formation...

➤ **Le Codex alimentarius :**

La Commission du Codex Alimentarius a été créée en 1963 par la FAO (Food and Agriculture Organisation) et l'OMS (Organisation mondiale de la Santé) afin d'élaborer des normes alimentaires, des lignes directrices et d'autres textes, tels que des Codes d'usages, dans le cadre du programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires.

➤ **Le CEN (Comité européen de normalisation) :**

Installé à Bruxelles, il comprend 17 membres, dont l'AFNOR pour la France, fut créé en 1961 afin d'harmoniser les [normes](#) élaborées en Europe. Tous ses membres nationaux – qu'ils soient membres de plein droit, affiliés ou organismes de normalisation partenaires – sont également membres de l'[Organisation internationale de normalisation](#) (ISO). Les normes européennes (contrairement aux normes ISO) sont reprises systématiquement et sans modifications par tous les pays de la CEE (Communauté Economique Européenne), avec pour conséquence la suppression obligatoire des normes nationales divergentes

➤ **CNERNA : Centre national d'étude et de recommandation sur la nutrition et l'alimentation :**

Ce n'est ni laboratoire officiel ni un organisme doté de pouvoir réglementaire, il dégage les fondements scientifiques des textes qui seront publiés par les organismes habilités à légiférer.

➤ **Institut Algérien de Normalisation (IANOR):**

Il est sous tutelle du Ministère du Développement Industriel et de la promotion de l'investissement. Il est chargé de:

- l'élaboration, la publication et la diffusion des normes algériennes;
- la centralisation et la coordination de l'ensemble des travaux de normalisation entrepris par les structures existantes et celles qui seront créées à cet effet ;

- l'adoption de marques de conformité aux normes algériennes et de labels de qualité ainsi que la délivrance d'autorisation de l'utilisation de ces marques et le contrôle de leur usage dans le cadre de la législation en vigueur.....

➤ **Autres organismes :**

Certains secteurs professionnels éditent des normes en complément des normes générales.

Exemple : la FIL (Fédération Internationale de Laiterie).

**6-Les critères en microbiologie**

En pratique, un critère est un ensemble de données quantitatives s'appliquant à un germe dans un produit donné, le critère est fixé en fonction d'un niveau de qualité requis. ( ex : absence de Salmonella dans 10 g de viande).

**7- Les laboratoires chargés du contrôle de la qualité microbiologique**

Les entreprises sont amenées à faire appel à divers laboratoires pour effectuer des contrôles à des fins réglementaires (législation) ou volontaires (autocontrôles), en vue d'apporter la preuve de la conformité de leur produits et procédés.

➤ **Les laboratoires officiels**

Les contrôles officiels (ou réglementaires) interviennent soit suite à une plainte, à une TIAC. soit lors d'enquêtes programmées. Ils interviennent également suite à des demandes d'associations professionnelles ou de consommateurs. Les contrôles sont menés selon des méthodes normalisées.

-Les laboratoires de la répression de fraude: Alger, Annaba, Constantine,...

-Les laboratoires d'hygiène à l'image du laboratoire de la wilaya de Skikda (Sité Merdj Eddib)

-Le laboratoire de la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) (France).

-Les laboratoires vétérinaires - la sous-direction de l'Hygiène alimentaire (SDHA) (France):

ses activités couvrent le contrôle des établissements de production, du transport, de la conservation, de la transformation et de l'utilisation des denrées en restauration collective.

➤ **Les laboratoires chargés des autocontrôles**

Pour réaliser des autocontrôles, les entreprises sous assurance qualité ISO 9001 version 2000 font appel à des laboratoires internes ou externes accrédités par le COFRAC.

➤ **Le comité français d'accréditation COFRAC**

Les laboratoires sont soumis à une démarche de qualité pour obtenir une certification.



## IV- Prélèvement, transport et préparation des échantillons

### 1- Conditions du prélèvement

Les conditions essentielles à respecter pour le prélèvement sont:

**a- Le respect des règles d'asepsie et la non modification des flores présentes dans le produit:** Les manipulations effectuées au cours du prélèvement ne doivent en aucun cas être à l'origine d'une contamination. Il est donc nécessaire d'utiliser des instruments stériles et de travailler stérilement. Certains instruments doivent être stérilisés sur les lieux du prélèvement.

**b-La représentativité de l'échantillon:** Il se doit d'être une image fidèle de l'ensemble d'un lot homogène ou hétérogène. Il est parfois nécessaire de réaliser des prélèvements à divers niveaux de l'aliment (surface, profondeur d'un aliment solide) ou après broyage et homogénéisation.

**Exemple:** La prise d'essai destinée à la préparation de la suspension mère et de ses dilutions doit correspondre aux parties superficielles et profondes notamment pour les produits en tranche, hachés, divisés et les plats cuisinés. Si le produit se présente sous forme de grands volumes (réservoirs à lait etc...) s'assurer de la bonne homogénéité de la répartition des micro-organismes

**c- L'intégrité de l'échantillon:** Un échantillon sera intègre si l'état du produit est maintenu du moment de l'échantillonnage jusqu'à son analyse.

### 2-Echantillonnage :

Il s'agit là d'une **étape fondamentale** souvent délicate. Les ouvrages consacrés à l'échantillonnage sont nombreux et des règles précises par produit ou milieu ont été édictés par l'AFNOR et la DGCCRF; si les échantillons ne sont pas correctement prélevés et manipulés ou ne sont pas représentatifs d'un lot ou d'une production, les résultats d'analyse n'auront aucune signification.

- **Echantillon:** Quantité de produit prélevé d'un lot et soumis à des essais en laboratoire. Un échantillon peut consister en une ou plusieurs unités d'échantillonnage.
- **Unité d'échantillonnage:** Portion ou contenant individuel de produit prélevé au hasard dans un lot. Une unité d'échantillonnage peut correspondre à un échantillon.

### **2-1-Méthode d'échantillonnage pour rechercher un nombre peu élevé de micro-organismes**

On peut déterminer le nombre d'échantillons à analyser dans un lot en fonction du degré de sûreté recherché " $n = \log ( 1 - p ) / \log ( 1 - d )$ ". **p** est la probabilité de déceler le micro-organisme (en général  $p = 0,95$ ), **d** est le pourcentage de défauts admis pour le lot entier (souvent inférieur à 0,05) .On peut également réaliser un échantillonnage satisfaisant au point de vue statistique avec  $n = N$  dans laquelle **n** est le nombre d'échantillon à analyser et **N** est le nombre total de divisions du produit à analyser. Cependant cette méthode conduit souvent à un nombre trop élevé d'analyses, en particulier quand n est supérieur à 10.

### **2-2- Choix des échantillons**

- au hasard (tables de nombres)
- on calcule  $N/n = a$  et on prélève la  $a^{\text{ième}}$  et ainsi de suite
- on calcule  $n = b$  et on prélève le  $b^{\text{ième}}$ , puis le  $(b - 1)^{\text{ième}}$  et ainsi de suite

### **2-3-Prélèvement en surface**

- **Ecouvillonnage :** Un Ecouvillon contenant de l'eau peptonée tamponnée est appliquée par frottement sur la surface du produit pendant 10 secondes. L'écouvillon est alors remis dans son enveloppe. L'analyse est réalisée à partir de la suspension ainsi obtenue.



Figure n2: Prélèvement en surface par écouvillonnage

([https://www.grosseron.com/ecouvillon-sterile\\_56-423-1-903-1-585.html](https://www.grosseron.com/ecouvillon-sterile_56-423-1-903-1-585.html))

- **Rinçage:** Cette méthode est utilisée dans le cas de récipients ou de tuyauteries; un volume connu de solution stérile est introduit dans le matériel à analyser. Après agitation, le liquide est récupéré et soumis à l'analyse.
- **Méthode des empreintes :** Un ruban adhésif préalablement stérilisé par les UV est appliqué sur la surface à étudier. Après quelques secondes de contact il est retiré et appliqué sur la surface d'un milieu gélosé approprié. Après quelques heures de contact à la température d'incubation désirée il est retiré et la boîte est incubée jusqu'à apparition des colonies.
- **Méthode du cylindre :** Un cylindre creux de section connue est appliqué sur la surface à analyser; on y introduit alors quelques ml de diluant stérile et après quelques secondes de contact, le diluant est retiré et analysé.
- **Au moyen de boîtes de contact ou lames d'immersion remplies du milieu gélosé,** qui est pressée contre la surface à soumettre à l'essai.



Figure n3: Prélèvement de surface par des lames de contact

([https://www.hygielim.com/boite-contact-gelosee\\_70-919-1-1789-1-5018.html](https://www.hygielim.com/boite-contact-gelosee_70-919-1-1789-1-5018.html))

#### **2-4- Prélèvement de produits liquides**

La technique varie avec le produit, le volume et la forme du contenant. Il faut néanmoins toujours s'assurer de la parfaite homogénéisation du liquide (agitateurs) avant de prélever à la pipette (ou avec un flacon lesté stérile ou autre) le volume nécessaire à l'analyse.

#### **2-5- Prélèvement de produits solides :**

Selon le produit, le prélèvement sera effectué au scalpel, à la sonde (fromages et produits mous) ou à la pipette harpon. La surface est souvent éliminée avant de procéder au prélèvement. Si le produit est hétérogène (plats cuisinés, conserves...), il faut s'assurer de la bonne représentativité du prélèvement.



Figure n4: Prélèvement des produits solides.

a- une sonde, b- une spatule(<https://www.hellopro.fr/tarriere-pour-prelevement-fromage-et-beurre-170-mm-2000202-2315204-produit.html>)

### 3- Traitement de l'échantillon

#### 3-1- Transport des prélèvements:

Quand le prélèvement aseptique a été réalisé il faut identifier immédiatement le produit avec une étiquette ou une référence: noter la température initiale, l'heure du prélèvement, la date et la température de transport.

-Amener alors les échantillons le plus rapidement possible au laboratoire en maintenant les conditions initiales dans lesquelles se trouvait le produit. Le mode de transport des échantillons ne doit pas avoir de conséquence sur l'intégrité de l'échantillon.

-Dès réception au laboratoire l'échantillon accompagné de sa fiche signalétique est enregistré (nature, date, heure, provenance du prélèvement, nom du préleveur, analyses demandées, autres indications utiles).

-Si l'échantillon doit être transporté, il faut réduire au maximum le délai avant l'analyse. Il est souvent nécessaire de réfrigérer (mais non congeler) le produit au cours de son transport; certains germes fragiles peuvent disparaître au cours de cette réfrigération. Si un produit est déshydraté ou en conserve il ne doit pas être réfrigéré.

-Pour un **produit congelé** s'assurer qu'il n'y ait pas de décongélation pendant le transport (ce produit peut être gardé pendant 1 mois avant d'être analysé). Il faut veiller à ce que la température du produit prélevé soit au moins égale à  $-18^{\circ}\text{C}$ , transporter le produit à cette température et décongeler à l'air ambiant, à température voisine de  $20^{\circ}\text{C}$  pendant un temps inférieur à 3 heures, temps suffisant pour atteindre une texture qui permet le prélèvement.

### **3-2- Les diluants**

Au cours de la préparation des échantillons (et des dilutions) les microorganismes peuvent être inhibés ou même altérés par le changement du milieu lié à l'addition de diluant (changement de pH mais surtout de force ionique). L'effet bactéricide de certains diluants est connu: ainsi *Staphylococcus aureus* est "tué" en quelques heures dans de l'eau distillée de même que la plupart des entérobactéries (*E.coli*); il en est de même pour *Streptococcus pyogenes* dans du sérum physiologique ou dans du Ringer au 1/4 et pour *Escherichia coli* dans de l'eau salée à 8,5‰. **Actuellement il paraît souhaitable, sauf indication afférente à un type donné d'aliment, de réaliser les préparations et les dilutions des échantillons à analyser dans une solution de tryptone sel.**

**Remarque:** La technique de dilution nécessite la présence de nombreux tubes à essais contenant le plus souvent 9 ml de diluant stérile et de nombreuses pipettes stériles de 1 et 10ml.

**3-3- La revivification:** Il est actuellement préconisé (norme AFNOR NF V04-501) de congeler les produits si leur analyse microbiologique ne peut pas être réalisée dans les 24 heures qui suivent leur réception au laboratoire ou leur prélèvement. Cependant, de nombreuses observations expérimentales révèlent l'effet négatif des opérations de congélation et de décongélation qui induisent un état de stress, voire détruisent les micro-organismes présents dans le produit. Les cellules survivant à la congélation ont alors subi un stress. On parlera de cellules viables non cultivables. Ces cellules ne seront donc pas détectables par les techniques classiques d'analyses. Cependant, elles sont capables de restaurer leur activité métabolique dans l'aliment et peuvent donc être à l'origine d'altérations du produit ou d'intoxications alimentaires. La nécessité de faciliter leur revivification, s'impose avant de les soumettre à des milieux sélectifs souvent peu favorables à la croissance du fait de la présence d'inhibiteurs.

➤ **Revivification en milieu liquide:**

La revivification peut être réalisée dès la première étape de l'analyse au cours de laquelle le produit est additionné de diluant. Il suffit alors de choisir un diluant de composition favorable et d'incuber le tout à la température optimale de croissance du germe à rechercher pendant un temps qui variera en fonction du type d'analyse réalisé, temps qui est le plus souvent voisin du temps de latence du germe "normal".

Dans les épreuves du type présence ou absence, la revivification est obtenue par un pré-enrichissement dans un milieu favorable (ex. recherche des *Salmonella* ). La durée d'incubation peut être relativement longue car la multiplication des germes à rechercher est dans ce cas très souhaitable.

➤ **Revivification sur milieu solide:**

Quand la numération est effectuée sur milieu solide, la revivification peut être obtenue par une pré-culture sur une gélose non sélective favorable avec un temps d'incubation supérieur

au temps de latence, mais ne permettant pas la formation de colonies macroscopiques visibles.

Après revivification, la surface de la gélose est recouverte de gélose sélective.

Quand la numération est réalisée après filtration sur membrane, la membrane sur laquelle se trouvent les germes est d'abord placée à la surface d'un milieu de revivification pendant un temps permettant éventuellement plusieurs divisions cellulaires normales puis le filtre est placé à la surface d'un milieu sélectif.



## V-Techniques classiques de numération

Dans le contrôle microbiologique des produits surtout alimentaires, l'étude à la fois quantitative et qualitative de la flore présente dans un produit est considérable. Bien que de nombreuses techniques de numération soient utilisables, il n'existe pas à l'heure actuelle de technique parfaite. Certaines méthodes ne permettent pas de différencier les germes vivants des germes morts, d'autres s'avèrent incapables de compter individuellement les cellules microbiennes lorsque celles-ci sont associées (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, mycélium etc..) et permettent d'évaluer des unités formant colonies (UFC) ou des unités formant trouble (UFT).

### 1- Méthodes générales directes

#### 1-1- Comptage direct:

Il consiste à compter directement au microscope optique les cellules formant la population bactérienne de l'échantillon observé. Le dénombrement s'effectue soit sur un échantillon fixé soit sur un échantillon liquide. Dans ce dernier cas, le dénombrement se fait dans des chambres de comptage graduées de volume connu (cellules de Thoma, de Malassez, de Nageotte, de Salimbéni Cloup etc...).

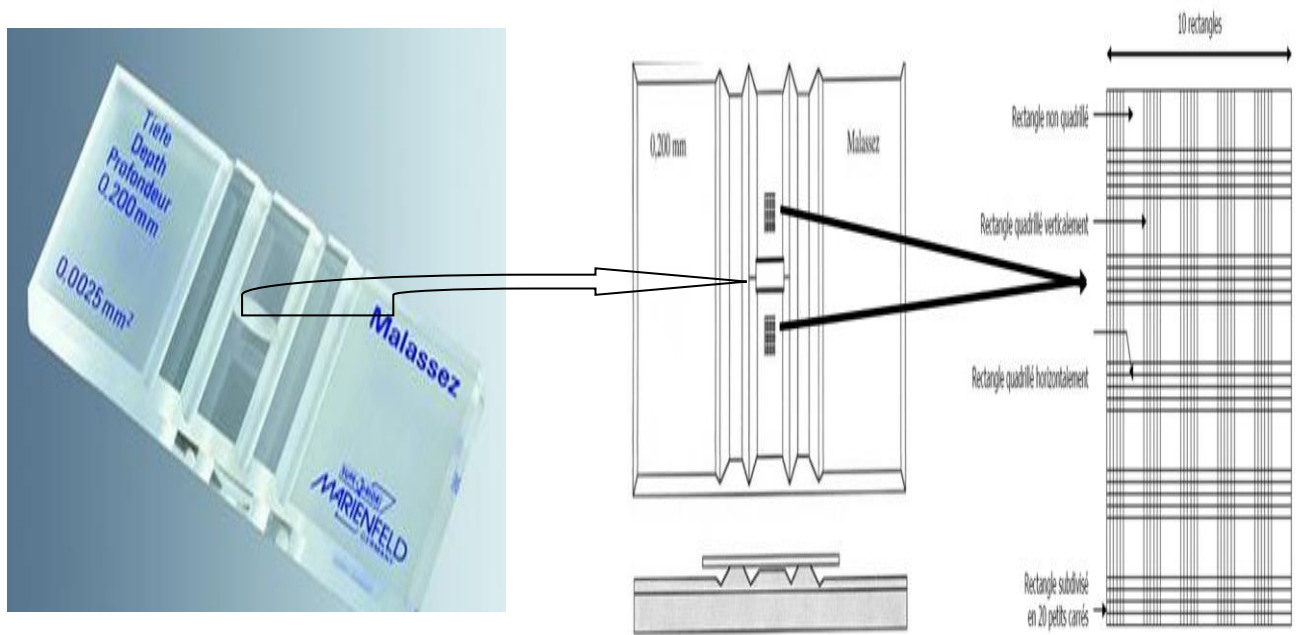


Figure n 5: Chambre de comptage de Malassez

(<https://puppy-party.info/cellule-de-malassez-78/>)

Un comptage direct est aussi réalisable après filtration du produit (ou de ses dilutions) sur membrane, coloration de la membrane et observation microscopique. Cette dernière technique permet l'évaluation, après coloration par l'acridine orange et observation en épifluorescence, des micro-organismes vivants et morts (DEFT). Ce colorant est un intercalant des acides nucléiques avec lesquels il forme des complexes fluorescents verts (ADN) ou orange (ARN)

**1-2-Détermination du poids sec, ou dosage des protéines microbiennes ou dosage des acides nucléiques (après sonication par exemple et/ou extraction en milieu alcalin)**

**1-3-Système luciférine - luciférase**

Cette méthode permet le comptage des micro-organismes vivants par dosage de l'ATP intracellulaire, la teneur en ATP intracellulaire étant sensiblement constante pour un microorganisme donné ; cette teneur est égale à 0 si le germe est mort.

## **2- Méthodes générales indirectes**

**2-1-Dosage d'un métabolite primaire synthétisé, ou dosage de la quantité d'un substrat consommé:** Ces méthodes ne sont applicables que dans des conditions bien définies (phase exponentielle de croissance, température, milieu etc...).

### **2-2-Réduction d'un colorant**

Certains micro-organismes modifient le potentiel d'oxydo-réduction des milieux dans lesquels ils se trouvent ; la vitesse de cette modification est à la fois fonction du nombre de micro-organismes, de leur activité métabolique (réductrice le plus souvent) et d'autres paramètres tels que la nature du milieu, le germe, la température etc...Parmi les indicateurs disponibles le bleu de méthylène et la résazurine sont les plus utilisés.

### **2-3-Dilution et culture:**

Le dénombrement après culture concerne évidemment, les cellules viables de l'échantillon, autrement dit les cellules capables de croissance. La culture est réalisée soit en milieu liquide (1germe ou un groupe de germes donne après inoculation et incubation 1 culture positive), soit en milieu solide (1 germe ou un groupe de germes donne naissance à une colonie). Dans ce dernier cas l'ensemencement peut se faire dans la masse de la gélose ou en surface.

#### **2-3-1-Numération à partir d'un milieu solide (UFC):**

Cette méthodologie est le plus fréquemment réalisée dans des boîtes de Pétri. Elle repose sur le principe que toute bactérie vivante introduite dans la masse ou en surface d'un milieu gélosé favorable donne en principe naissance après incubation à une colonie macroscopique. Le nombre total de colonies correspond alors au nombre d'UFC présents dans l'inoculum.

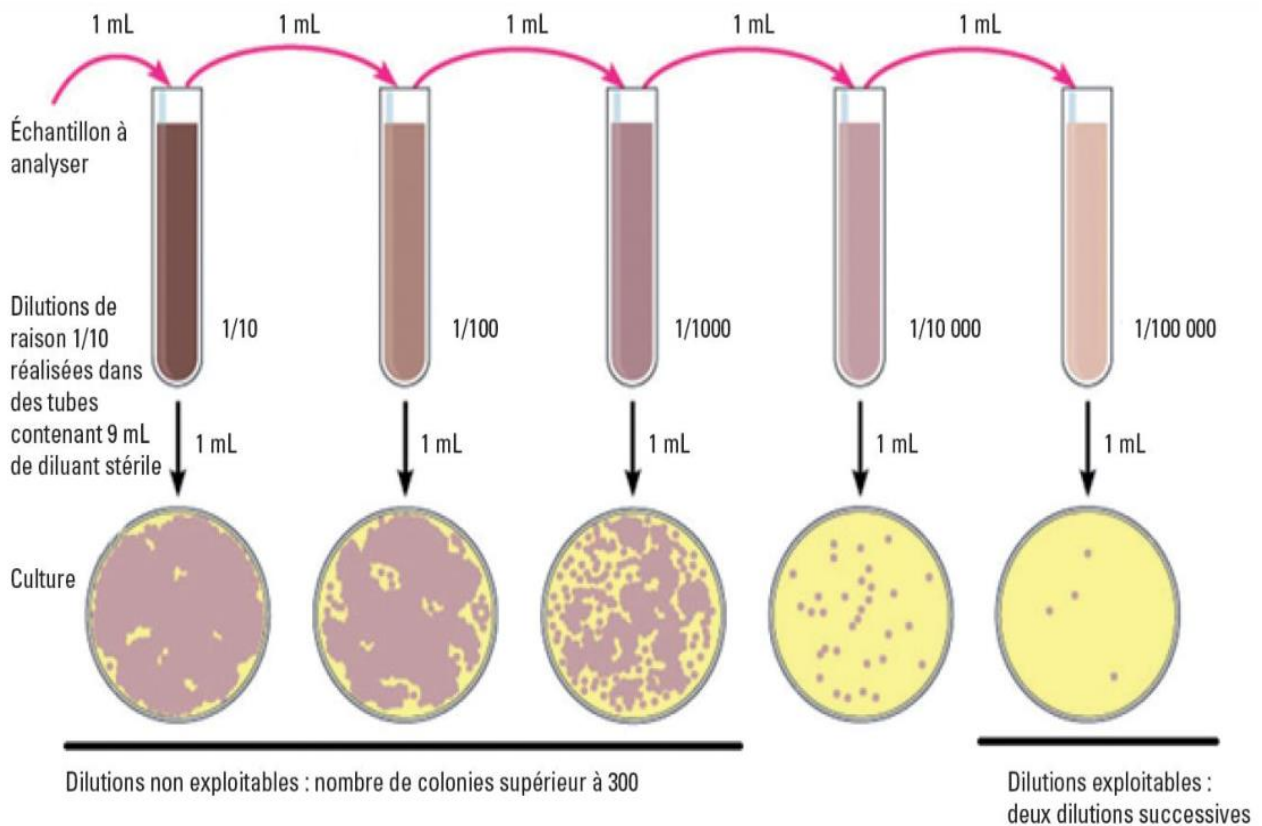


Figure n 6: Principe des dilutions pour le dénombrement en milieu solide (ISO 7218)

(<http://www.perrin33.com/tbma/comptages-ufc.html>)

### 2-3-2-Numération en milieu liquide (UFT):

Cette méthode présente certains avantages tels que la possibilité d'étudier un caractère biochimique du germe difficilement mis en évidence sur milieu gélosé comme la production de gaz (cloche) ou encore d'effectuer facilement la numération avec une phase de revivification.

Cette technique consiste en l'ensemencement de nombreux tubes de bouillon à partir de dilutions décimales successives de l'échantillon. La présence des micro-organismes recherchés est mise en évidence en général par l'obtention d'un trouble éventuellement associé

à des changements du milieu (production de gaz, changement de couleur...) caractéristiques de ce type de microorganismes.

➤ **Numération en milieu liquide par fractionnement de grands volumes liquides**

Pour éviter l'accumulation de produits de dégradation qui pourraient avoir une action inhibitrice, on ensemence 1 ml d'inoculum dans 100 ml de milieu de culture. Ce milieu est ensuite réparti aseptiquement dans 10 tubes à essais à raison de 10 ml par tube, puis incubé. En supposant une distribution homogène des micro-organismes, on peut conclure à la présence de 1 à 10 microorganismes dans l'inoculum initial de 1 ml.

Si tous les tubes cultivent.....plus de 10 germes/ml

Si 9 tubes cultivent..... plus de 9 germes/ml

.....

Si 1 tube cultive..... plus d'un germe/ml.

➤ **Numération en milieu liquide par la méthode de Mac Grady (technique du nombre le plus probable NPP):**

Cette méthode est **une estimation statistique** du nombre de micro-organismes supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire. Elle est basée sur l'utilisation de trois tubes de milieu liquide (simple ou double concentration), ensemencés avec (1 ou 10 ml) de trois dilutions décimales de l'aliment ou de l'eau à examiner. Après incubation on compte le nombre de tubes positifs dans chaque série de trois et on détermine le nombre caractéristique formé de trois chiffres qui est ensuite reporté dans la table de Mac GRADY (Tableau n1). La croissance est appréciée par le trouble microbien, par le virage de couleur du milieu, ou par la production de gaz carbonique.

Tableau n2: La table de Mac Grady

<i>2 tubes par dilution</i>		<i>3 tubes par dilution</i>					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.5	001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.5	010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.9	011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.9	020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.6	100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	1.2	101	0.7	221	3.0	321	15.0
110	1.3	102	1.1	222	3.5	322	20.0
111	2.0	110	0.7	223	4.0	323	30.0
120	2.0	111	1.1	230	3.0	330	25.0
121	3.0	120	1.1	231	3.5	331	45.0
200	2.5	121	1.5	232	4.0	332	110.0
201	5.0	130	1.6	300	2.5	333	140.0
210	6.0	200	0.9	301	4.0		
211	13.0						
212	20.0						
220	25.0						
221	70.0						
222	110.0						

**2-4-Numération après filtration:**

Dans le cas d'échantillons liquides à la teneur en bactéries trop faible, on a recours à une filtration sur membrane (0,45µ ou 0,22µ) d'un volume conséquent de l'échantillon (au moins 100ml). Les bactéries sont alors retenues à la surface de la membrane qui est directement introduite dans une boîte de Pétri contenant le milieu gélosé adéquat déjà solidifié. Les bactéries présentes se développent et donnent des colonies qui sont dénombrables.



Figure n 7: Dénombrement des germes par filtration  
(<https://www.ladromelaboratoire.fr/domaines-dexpertises/eau-et-environnement/microbiologie/>)

## VI-Techniques récentes de numération

### 1-La cytométrie en flux (CMF):

#### 1-1-Définition:

C'est une technique permettant de faire défiler des particules, molécules ou cellules à grande vitesse dans le faisceau d'un laser, en les comptant et en les caractérisant. C'est la lumière réémise (par diffusion ou fluorescence) qui permet de classer la population suivant plusieurs critères et de les trier.

La cytométrie en flux est définie comme l'étude précise de particules isolées ou de cellules, bactéries, etc. (vivantes ou mortes) entraînées par un flux liquide ou gazeux. C'est une technique de caractérisation individuelle, quantitative et qualitative de particules en suspension dans un milieu liquide.

#### 1-2-Principe:

---

Il s'agit d'analyser les signaux optiques ou physiques émis par une particule coupant le faisceau lumineux d'un laser ou d'une lampe à arc.

Les signaux mesurés sont essentiellement relatifs :

- aux propriétés optiques intrinsèques des particules.
- aux propriétés optiques induites de fluorescence obtenue par des marquages spécifiques de structures ou de fonctions cellulaires.

#### 1-3-Principales applications:

- L'hématologie a été l'une des premières disciplines médicales à bénéficier des applications cliniques de la cytométrie en flux



-En cancérologie, la détection de la cellule pathologique est l'application la plus développée. Cette détection repose essentiellement sur la mesure d'un contenu anormal d'ADN dans le noyau de la cellule tumorale.

-L'immunologie utilise la CMF pour la détection ou l'identification des sous-types des cellules impliquées dans l'immunité.

-Le cycle cellulaire représente l'intégralité de la période de division, c'est-à-dire l'ensemble des événements biochimiques et morphologiques qui sont responsables de la prolifération cellulaire.

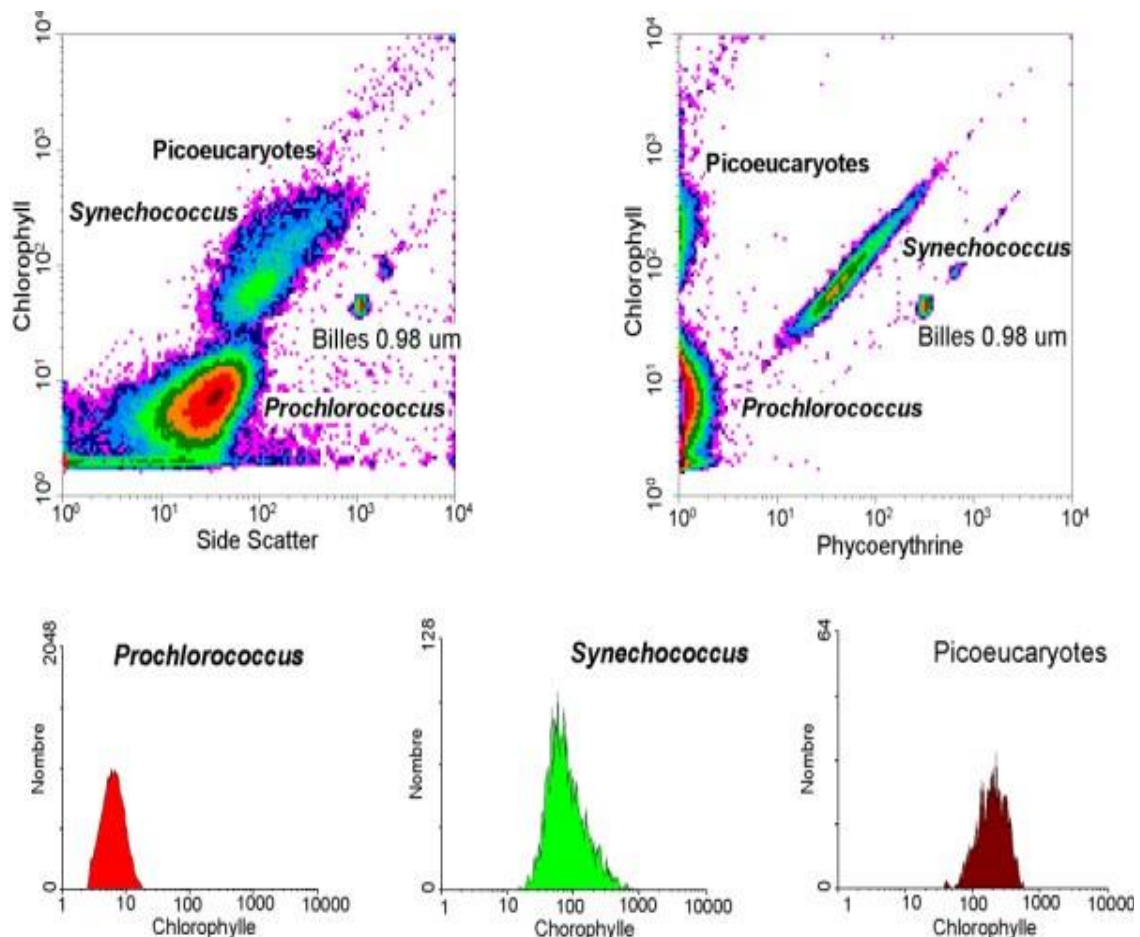


Figure n8 : Utilisation de la cytométrie en flux en océanographie

([https://fr.wikipedia.org/wiki/Cytom%C3%A9trie\\_en\\_flux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cytom%C3%A9trie_en_flux))

## 2- La spectrophotométrie:

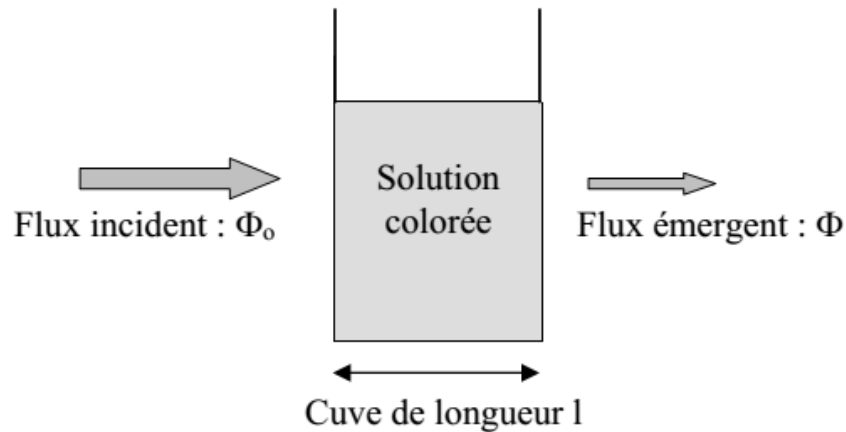
### 2-1-Définition:

La **spectrophotométrie** est une technique de détection qui consiste à mesurer l'absorption de la lumière à l'aide d'un composé chimique présent dans une solution. L'intensité de l'absorption de la lumière est directement proportionnelle à la concentration du composé et permet de déterminer sa quantité. La spectrophotométrie permet l'étude de solutions colorées dans l'infrarouge (1 100 nm au maximum), dans le visible et dans l'ultraviolet (190 nm).



Figure n 9: Un spectrophotomètre ([https://fr.wikipedia.org/wiki/Cytom%C3%A9trie\\_en\\_flux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cytom%C3%A9trie_en_flux))

## 2-2-Grandeurs spectrophotométriques



- **Transmission** :  $T = \Phi/\Phi_0$  (%)
- **Opacité** :  $O = \Phi_0/\Phi$
- **Absorbance** (ou *densité optique D.O*) :  $A = \log_{10} \left( \frac{\Phi_0}{\Phi} \right) = -\log_{10}(T)$

Figure n 10: Grandeurs spectrophotométriques ( Baillet,

[https://eduscol.education.fr/rnchimie/phys/baillet/06/tp\\_spectro.pdf](https://eduscol.education.fr/rnchimie/phys/baillet/06/tp_spectro.pdf))

## 2-3- Application de la spectrophotométrie en microbiologie:

**Détermination de la concentration en microorganismes dans une culture par spectrophotométrie :**

### ➤ Principe

Lorsque des cellules sont en suspension dans un milieu liquide traversé par un faisceau lumineux monochromatique, la quantité de lumière absorbée par la suspension est proportionnelle à la concentration des cellules. En partant d'une suspension de concentration connue, une gamme de dilution est réalisée et l'absorbance de chaque suspension est mesurée

avec un spectrophotomètre. La droite **Absorbance = f (concentration en cellules)** est alors construite.

➤ **Méthode:**

Pour déterminer la concentration en cellules d'une suspension, on utilise une méthode graphique: on mesure l'absorbance d'un échantillon, après dilution si nécessaire, et on reporte la valeur obtenue sur la droite d'étalonnage pour en déduire sa concentration.

**a-Construction de la droite d'étalonnage**

- Régler le spectrophotomètre sur une longueur d'onde rouge (630 nm par exemple)
- Déterminer le zéro d'absorbance avec une cuve remplie d'eau.
- Réaliser une série de dilutions de la suspension initiale (1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16).
- Mesurer l'absorbance de chaque cuvette.
- Construire le graphique **Absorbance = f [cellules]**

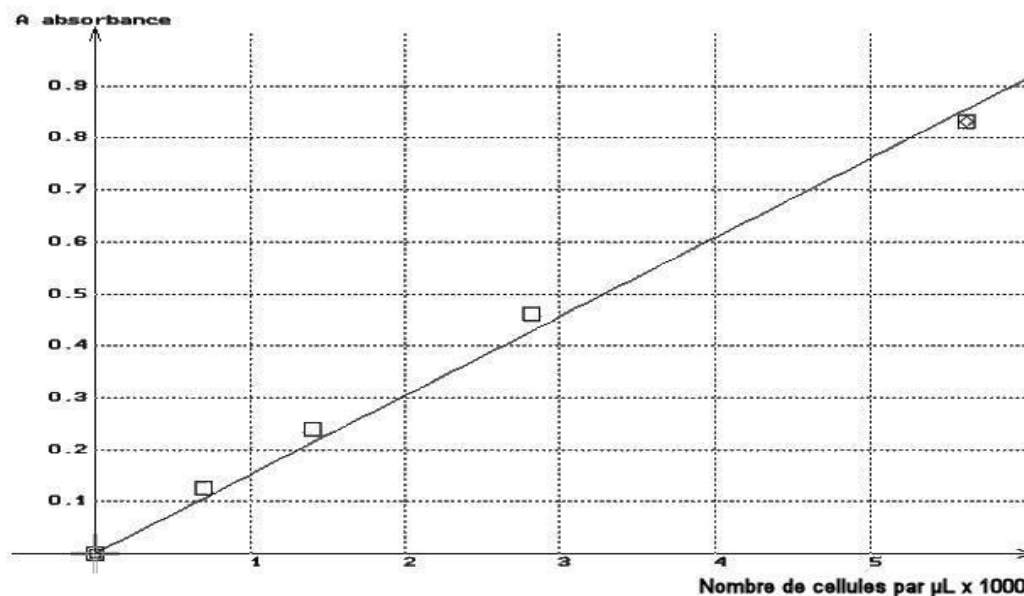


Figure n 11: Droite d'étalonnage : Absorbance = f [cellules] (<http://www.didier-pol.net/3num.htm#Construction>)

**b-Détermination de la concentration en cellules dans une culture**

- Prélever un échantillon de la culture.
- En fonction de son aspect, faire éventuellement une dilution (comparer avec les cuvettes ayant servi à construire la droite d'étalonnage).
- Mesurer l'absorbance de l'échantillon.
- Reporter l'absorbance mesurée sur la droite et lire la concentration sur l'axe des abscisses.
- Corriger la dilution éventuelle du prélèvement

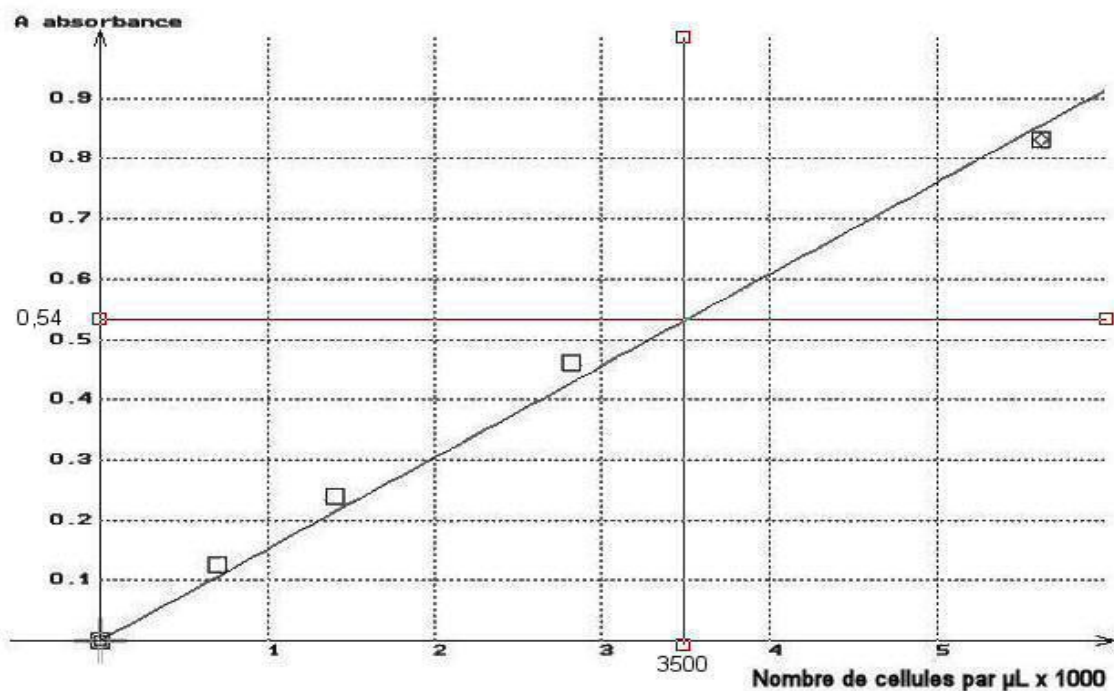


Figure n 12: Détermination graphique de la concentration (<http://www.didier-pol.net/3num.htm#Construction>)

Exemple: valeur lue : absorbance = 0,54 correspondant à 3 500 cellules par microlitre

## **VII- Identification, recherche et numération des microorganismes dans les aliments**

### **1- Identification des germes par techniques classiques**

une liste de types de caractères est utilisée pour identifier les bactéries:

- **morphologie de la colonie** : la forme, la texture et la couleur des colonies bactériennes peuvent être caractéristiques.

- **forme, structure cellulaire et réaction aux colorants** : la coloration de gram est l'un des tests diagnostiques les plus importants. Elle apporte des informations concernant la taille, la forme et le mode de regroupement.

\* **coloration des spores** : vert de malachite

\***coloration de la paroi** : coloration alcool-acide de Ziehl-neelson

\***coloration des capsules** : coloration négative

- **caractéristiques de la culture** : la température, le pH, et les besoins en oxygène sont utiles à l'identification bactérienne.

#### **-tests biochimiques :**

\*les sources de C

\*les produits finaux de leurs processus métaboliques comme l'acétoïne, mis en évidence par le test de Voges-Proskauer.

\* les enzymes que produisent les bactéries comme les décarboxylases et les protéases

### **2-Galeries miniaturisées:**

La première **galerie API** apparue dans le monde de la microbiologie a été la galerie Api 20E destinée à l'identification des entérobactéries. Les tests conventionnels d'identification bactérienne utilisés jusque-là en tubes y sont miniaturisés, l'inoculum bactérien est

standardisé. Etendu à l'identification d'autres microorganismes, ce principe a généré toute une gamme de galeries :

- API® 20 NE ou API® 32 GN pour les bacilles à Gram négatif oxydase positif ;
- API® Staph pour les Staphylocoques ;
- API® Listeria pour les Listeria ;
- API® Candida pour les levures ;
- API® NH pour les *Neisseria* et *Haemophilus* ;
- API® 20 A pour les bactéries anaérobies ;
- API® Strep pour les *Streptococcus*



Figure n 13: Galerie API 20E d'*Escherichia coli*

(fr.wikipedia.org/wiki/Galerie\_API)

### 3- Identification des bactéries par la technique de spectrométrie de masse (MALDI-TOF-MS)

La spectrométrie de masse (MS), technique utilisée depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, a été appliquée dès les années 1970 à l'identification de micro-organismes.

#### 3-1-Principe:

Le principe général du MALDI-TOF-MS est simple : des ions de masse et de charge différentes soumis à un champ électrique se déplacent, et la distance parcourue en un temps

donné est fonction du rapport masse sur charge ( $m/z$ ). L'une des caractéristiques importantes d'une spectrométrie de masse est la finesse des pics, mesurée par la résolution du spectromètre de masse. La résolution est définie comme étant le rapport de la masse  $m$  du pic sur la largeur à mi-hauteur  $\Delta m$ . Plus la résolution est élevée, plus les pics sont fins. Il est alors possible de visualiser deux molécules de masses proches.

### **3-2-Banques de données**

L'identification des micro-organismes par cette technique repose sur la constatation que l'empreinte spectrale est différente d'un genre à l'autre et d'une espèce à l'autre .

### **3-3-Application en microbiologie de routine**

Plusieurs laboratoires de microbiologie hospitalière mais aussi d'analyse médicale se sont récemment équipés de MALDI-TOF-MS, faisant le choix d'abandonner les tests phénotypiques classiques. Dans les études analysant les résultats obtenus en routine, le pourcentage d'identification correcte au genre des espèces les plus fréquemment isolées varie de 87 % à 99 % . Les entérobactéries ne posent pas de problème majeur avec une identification correcte de l'espèce dans 97 % à 99 % des échantillons selon les études.

## **4-Recherche et numération des microorganismes**

### **4-1-Numération des germes totaux (flore totale ou germes aérobies mésophiles hétérotrophes neutrophiles)**

Le dénombrement des germes totaux concerne surtout les bactéries aérobies mésophiles revivifiables après 72 h d'incubation à 30°C dans un milieu de culture bien défini ; il est en effet presque impossible de réaliser en un seul test le dénombrement de la flore totale réelle (composition du milieu, température d'incubation, atmosphère etc...).

#### **➤ Méthodologie**



1 ml de la suspension mère et de ses dilutions est ensemencé dans la masse du milieu gélosé de numération (15 ml de milieu en surfusion à 45-47°C, 12 ml suffisent pour le lait).

Cette numération peut être réalisée par étalement en surface au moyen d'un râteau, de 100 µl du produit et de ses dilutions;

- **Milieu préconisé (PCA)**
- **Interprétation des résultats :**

Il ne faut pas perdre de vue que cette numération est faussement qualifiée de totale car les germes anaérobies, les germes thermophiles, cryophiles, acidophiles etc. ne cultivent pas dans les conditions adoptées. Néanmoins, ces conditions permettent la croissance d'un grand nombre de germes dangereux et/ou susceptibles d'induire des dégradations.

On admet généralement qu'une charge microbienne **≥3.10<sup>8</sup> par g (exception faite aux produits fermentés)** caractérise un produit dégradé et impropre à la consommation (la norme AFNOR V 08-011).

## **4-2 - Recherche d'une contamination d'origine fécale**

### **4-2-1-La colimétrie**

Les **coliformes** sont des entérobactéries (bacilles gram -, asporulés, glucose+ (F), oxydase-, nitrate réductase+, aérobies anaérobies facultatifs) qui fermentent le lactose avec production de gaz à 30°C.

Les **coliformes fécaux**, donc d'origine intestinale, sont des coliformes qui fermentent le lactose avec production de gaz à 44°C. On les assimile souvent aux **coliformes thermotolérants**.

*Escherichia coli* est identifiable dans le groupe des coliformes fécaux par le test de MACKENZIE (production d'indole à 44°C).

- **Dénombrement en milieu liquide (AFNOR, 1974)**

La numération des coliformes est réalisée par ensemencement de 1 ml de l'aliment (ou de sa suspension mère) et de ses dilutions dans un bouillon lactosé bilé au vert brillant (BLBVB). Les essais sont effectués en double ou en triple et les résultats analysés par la méthode de Mac Grady.

Après ensemencement, les milieux sont incubés à 30°C pendant 24 h puis 48 h. Sont considérés comme positifs les tubes dans lesquels il y a croissance et une production notable de gaz (1/10 au moins du volume de la cloche).

La numération des coliformes fécaux (ou *E. coli* présomptif) est effectuée avec le même milieu mais après 48 heures d'incubation à 44,5°C.

➤ **Test de MACKENZIE** : une öse d'un tube positif est inoculée dans un tube de BLBVB avec cloche , et une autre dans un tube d'eau peptonée ; si après incubation à 44°C pendant 48h il y á production de gaz (BLBVB) et d'indole (mis en évidence par addition de réactif de Kovacs dans le tube d'eau peptonée) on peut soupçonner la présence d' *E. coli*. Ces recherches peuvent être confirmées par l'isolement et l'identification des bactéries productrices de gaz ( isolement sur EMB par exemple).

#### **4-2-2-Numération des streptocoques du groupe D de Lancefield**

Les streptocoques du groupe D ou streptocoques fécaux font partie de la flore intestinale de l'homme et des animaux ; leur nombre varie de  $10^5$  à  $10^7$  par g de matière fécale. Ces germes sont par ailleurs abondamment répandus dans la nature (végétaux, etc...) et de ce fait leur présence dans un aliment n'indiquera pas forcément une contamination d'origine fécale.

**Ces germes ne sont pratiquement recherchés que dans les produits de la pêche et l'eau.**

➤ **Numération en milieu liquide** Cette numération se fait en deux étapes :

**Test présomptif :**

1 ml de la suspension mère (et de ses dilutions) est ensemencé dans 10 ml du milieu Roth. Après 24h (ou 48 h) d'incubation à 37°C, on considère comme positif tout tube présentant un louche bactérien. Ces tubes sont soumis au test confirmatif.

**Test confirmatif :**

L'addition d'éthyl violet au milieu de Rothe le rend sélectif des seuls streptocoques fécaux (milieu LITZKY) . Ce milieu est ensemencé à partir d'une öse prélevée dans les milieux de Rothe positifs. Après 24 h d'incubation (ou 48 h) à 37°C, on considère comme positif tout tube présentant un louche bactérien` avec parfois formation d'un culot violet (dans le cas où il se forme un culot violet , le trouble peut être très léger). Pour identifier l'espèce, procéder à un isolement à partir d'une öse prélevée sur milieu de LITZKY ou de Rothe sur un milieu de BARNES.

**4-3 - Recherche et numération des anaérobies sulfito-réducteurs**

Ces bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux, mais on les rencontre fréquemment dans la nature et en particulier dans le sol (**bactéries telluriques**) et dans les matières organiques en cours de putréfaction. Ils sont souvent les seuls survivants d'une contamination ancienne de l'aliment. Parmi les *Clostridium* sulfito-réducteurs, *C. perfringens* occupe une place très importante: en effet, ce germe est très souvent à l'origine de toxi-infections d'origine alimentaire.

➤ **Technique de recherche:**

La technique de recherche a été inspirée de la **norme XP V 08 –061**. La gélose viande-foie est utilisée pour la recherche et le dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs. La peptone viande-foie présente dans le milieu favorise la croissance des germes anaérobies en profondeur. Ces microorganismes réduisent le sulfite de sodium en sulfure, provoquant avec le citrate ferrique un précipité noir de sulfure de fer autour des colonies. Le milieu contient de l'amidon qui favorise la germination des spores.

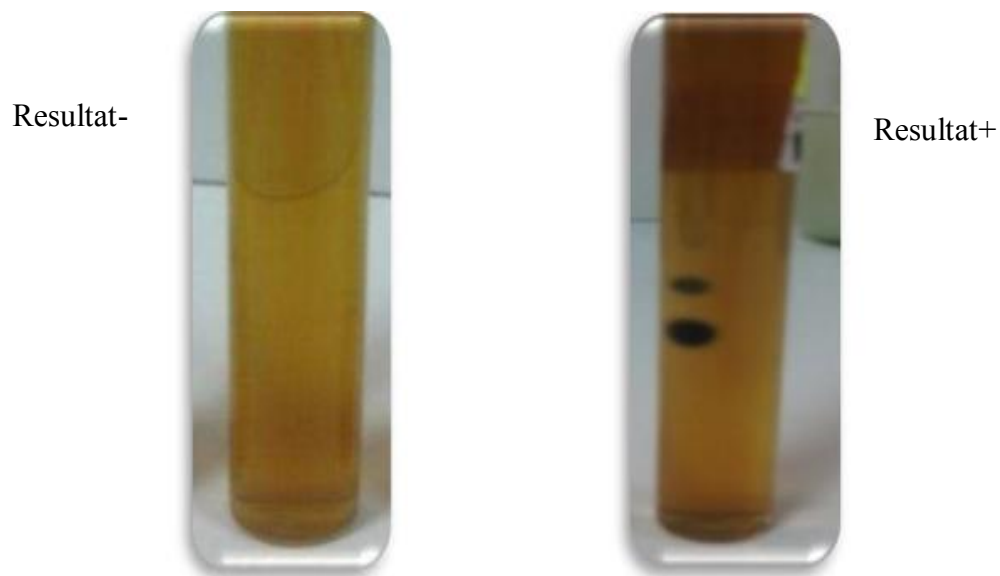


Figure n 14: Aspect des colonies de *Clostridium* sulfito-réducteur sur gélose viande Foie (Bouafia et Djerrab, 2017).

#### 4-4-Recherche et numération de *Staphylococcus aureus*

Dans les aliments le risque d'entérototoxicose devient grand quand leur nombre atteint ou dépasse les 10 000 germes/ g.

##### ➤ **Technique de recherche:**

La technique de recherche et de dénombrement des germes est inspirée de la norme **NF V 057-1**. Le milieu liquide **Giolitti Contoni** est très utilisé comme milieu d'enrichissement pour *Staphylococcus aureus*. Il contient de la tellurite (additionnée de potassium), sa réduction en tellure par les staphylocoques se traduit par l'apparition d'une couleur noire. C'est à partir des tubes Giolitti Contoni positifs que peut être réalisé l'isolement du germe sur la gélose Chapman. L'identification finale de *Staphylococcus aureus* repose surtout sur la recherche de l'activité Coagulase (Coagulation du plasma de lapin).

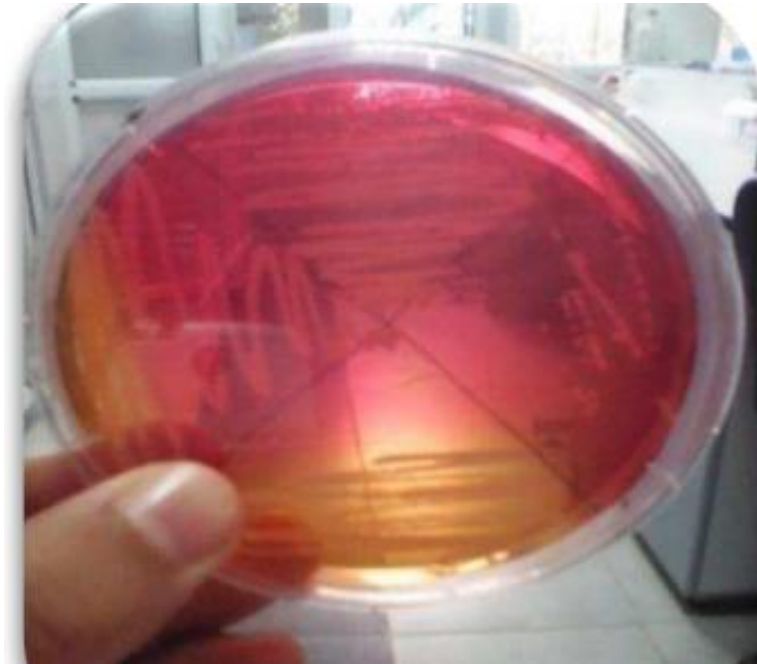


Figure n 15: *Staphylococcus aureus* sur milieu Chapman (Bouafia et Djerrab, 2017)



a- Coagulation du plasma de lapin lyophilisé (coagulase +)



b – Non coagulation du plasma de lapin lyophilisé (caogulase -)

Figure n 16: Test de coagulation (Plasma de lapin lyophilisé) (Bouafia et Djerrab, 2017)

**NB:** Le nombre des germes recherchés (FAMT, coliformes totaux et fécaux, streptocoques totaux et fécaux, *Staphylococcus aureus* et *Clostridium* sulfito-réducteurs) est donné par la formule suivante inspirée de **la Norme XPV 08-102:**

$$N = \sum c \cdot v (n_1 + 0,1 n_2)$$

N = nombre de germes par gramme de l'aliment

C = somme des colonies dénombrées sur toutes les boîtes retenues de deux dilutions successives et dont l'une contient au moins 15 colonies.

n 1 = nombre de boîtes retenues à la première dilution

n2 = nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution

V = volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte

d= concentration correspondant à la première dilution

#### **4-5- Recherche de *Salmonella***

Il s'agit là d'un problème très important en microbiologie alimentaire. Les viandes sont les vecteurs les plus communs mais toutes les variétés d'aliments peuvent être contaminées par ces germes. La recherche de ces germes s'effectue par des tests présence ou absence et la norme est de 0 germe par g.

##### ➤ **Technique de recherche:**

La technique de recherche des salmonelles est réalisée selon la **norme NF V 08 6- 052**. Elle consiste à déterminer la présence ou l'absence du genre *Salmonella* dans 25g de produit.

Quatre étapes sont à distinguer:

- ✓ Enrichissement en milieu non sélectif (pré- enrichissement) :

Ensemencer l'échantillon à analyser dans un milieu liquide non inhibiteur afin de favoriser la récupération et la croissance des salmonelles soumises à un stress dû aux conditions de traitement et de conservation de l'aliment.

✓ Enrichissement en milieu sélectif :

La teneur en sélénite favorise la multiplication de la bactérie au détriment de la flore compétitrice. Les *Pseudomonas* et les *Proteus* ne sont pas totalement inhibés.

✓ Culture sur gélose sélective

Un isolement sur des milieux sélectifs permet de visualiser les colonies caractéristiques.

✓ Confirmation

C'est l'étape de confirmation qui consiste en la sélection d'une ou plusieurs colonies caractéristiques en vue de leur identification biochimique. La recherche du biotype se fait par la méthode classique ou par un mini système de type API.

Le pourcentage de *Salmonella* donnant un caractère + ou - est indiqué ci-dessous:

<b>Caractères biochimiques</b>	<b>% des <i>Salmonella</i></b>
glucose + avec acidification	100
glucose+ (gaz)	92
lactose-	99
saccharose-	99,5
H <sub>2</sub> S+	91,5
uréase-	100
LDC+	94,5
β-galactosidase-	98,5
indole-	99
VP-	100

Généralement, la présomption de présence de *Salmonella* suffit pour satisfaire aux buts de l'analyse, et cette présomption est acquise dès la fin de l'isolement sur SS ou autre milieu équivalent.

#### **4-6- Recherche des *Shigella***

Les aliments à suspecter sont ceux qui sont manipulés sans chauffage et dont le pH est compris entre 6,5 et 7,5. La recherche de ces germes est réalisable avec la même méthodologie que celle utilisée avec *Salmonella*.

#### **4-7 - Recherche indirecte de *Brucella***

Cette recherche est effectuée dans le lait (surtout de chèvre) par sérologie (**Ring test ou test de l'anneau**)

##### ➤ **Principe:**

La réaction à l'antigène au Rose Bengale ou antigène tamponné, est une réaction d'agglutination rapide utilisant comme suspension bactérienne, *Brucella abortus*, colorée au Rose Bengale en milieu acide tamponné. Après mélange à parts égales d'antigène au Rose Bengale et d'anticorps anti-*Brucella* on observe l'apparition d'agglutinats colorés en rose.

##### ➤ **Protocole:**

1 ml de lait est mélangé avec 1 goutte d'antigène coloré. Si l'échantillon de lait est positif, les germes colorés qui constituent l'antigène sont agglutinés et adhèrent aux globules gras qui, en s'élevant dans le lait, forment un anneau teinté. La rapidité de la réaction est fonction de l'âge du lait testé et de sa teneur en matières grasses. Elle est plus rapide sur un lait frais et est accélérée par incubation à 37°C (lecture en 30 minutes).

Test positif : anneau de crème bleu violet, lait sous jacent blanc

Test négatif : anneau de crème blanc, lait sous jacent bleu violet clair





Figure n 17: La recherche de *Brucella* dans le lait (Bensalah, 2010)

#### 4-8 - Recherche et/ou numération de *Vibrio cholerae*

La recherche de cette bactérie ne s'effectue que dans des cas bien précis (épidémies, etc...).

##### ➤ **Enrichissement (eau peptonée alcaline)**

1 ml d'eau est additionnée à ce milieu. Après 6 h d'incubation à 37°C, on prélève une öse en surface et on ensemence un second tube qui est à son tour incubé 6 h à 37°C ; l'isolement est réalisé à partir d'une öse prélevée en surface.

##### ➤ **Isolement:**

L'isolement des *Vibrio cholerae* est réalisé sur milieu TCBS. Ce milieu permet la croissance rapide de *V. cholerae* en 15 h à 37°C. *V. cholerae* donne sur ce milieu des colonies jaune brun (saccharose+) de 2 à 3 mm de diamètre.

#### 4-9- Recherche de *Mycobacterium tuberculosis*

*M. tuberculosis* est recherché directement dans les produits alimentaires (lait) et mis en évidence par la coloration de ZIEHL. La spécificité de la coloration repose sur la propriété d'acido-alcool-résistance du germe (AAR).

Après centrifugation à 3 000 g pendant 10 minutes du produit liquide (lait par exemple) on réalise des frottis à partir du culot et dans le cas du lait de la crème. Après séchage et fixation à l'alcool absolu, on effectue la **coloration de Ziehl**.

➤ **Protocole de la coloration de Ziehl:**

-Réaliser un frottis et le fixer. Ce frottis ne doit être ni trop fin ni trop épais.

-Faire agir à chaud de la fuchsine phéniquée concentrée.

-Le chauffage se fait habituellement sur une platine chauffante pendant 10 minutes à partir de l'émission de vapeurs blanches. Il est nécessaire de rajouter régulièrement de la fuchsine pour éviter que le frottis se dessèche

-Rincer soigneusement la lame à l'eau.

-Placer le frottis dans un bain d'acide nitrique au 1/3 ou sulfurique au 1/4 pendant 2 minutes.

-Rincer la lame à l'eau.

-Placer le dans un bain d'éthanol à 0.95 pendant 5 minutes.

-Rincer la lame à l'eau et égoutter.

-Colorer au bleu de méthylène phéniqué pendant 1 minute.

-Sécher et rincer à l'eau.

-Observer à l'immersion (objectif X100).

Les bacilles de KOCH (*M. tuberculosis*) se présentent sous forme de bacilles fins et longs colorés en rose sur fond bleu. L'observation de plusieurs dizaines de champs microscopiques est nécessaire avant de conclure.

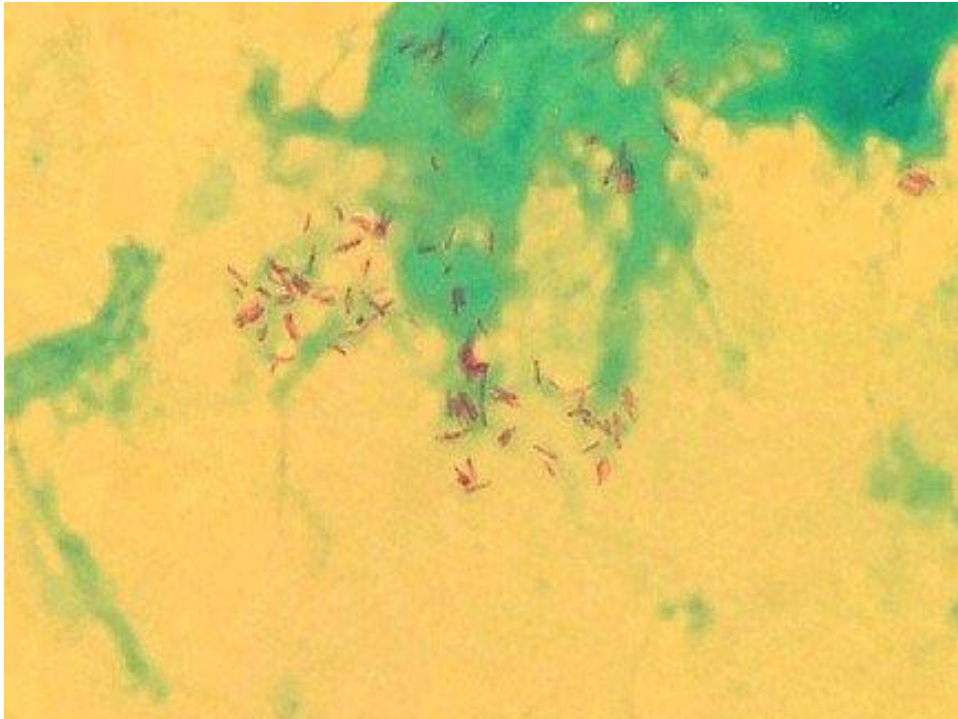


Figure n18: Observation microscopique des mycobactéries

(<https://microbiologiemedicale.fr/coloration-mycobacteries-ziehl-auramine/>)

#### 4-10 - Recherche de *Listeria monocytogenes*

Or, cette bactérie étant ubiquitaire, on la retrouve en faible quantité mais dans un très grand nombre d'aliments.

##### ➤ **Protocole de la norme AFNOR V 08-055**

– Deux enrichissements successifs à partir du prélèvement de 25g d'aliment: d'abord en bouillon de Fraser, demi incubé 24h à 30°C, puis en bouillon de Fraser incubé 48h à 37°C.

– Isolements sur milieux sélectifs: les plus courants sont la gélose Oxford et le milieu Palcam: incubation 24 à 48h à 37°C.

– Les colonies suspectes sont identifiées: confirmation du genre *Listeria* puis détermination de l'espèce. La détermination de l'espèce repose sur des caractères cultureux ou biochimiques

( $\beta$  hémolytique sur gélose trypticase soja au sang de mouton ou de cheval, Camp test positif, fermentation des sucres) ou sur l'ensemencement d'une galerie API *Listeria*

➤ **Méthodes rapides de recherche de *Listeria monocytogenes***

• **par hybridation moléculaire:**

– Un échantillon de la culture (suspension des colonies suspectes) est traité au lysozyme puis à la soude afin de libérer l'ARN ribosomal.

– Hybridation en présence d'une sonde dite de détection, marquée à la fluorescéine et d'une autre sonde dite de capture comprenant une queue poly dA du côté 3' de la sonde.

– Capture des hybrides mixtes dans un tube en plastique porteur de séquences poly dT ; lavage

– Le tube est mis en présence d'anticorps anti fluorescéine marqués avec une enzyme de type peroxydase; lavage.

– Les immuns complexes sont révélés grâce à un substrat chromogène de l'enzyme.

• **Par PCR:** Probelia (Biorad-Pasteur) commercialise un kit permettant de détecter *Listeria monocytogenes* par amplification génétique : la sonde utilisée est spécifique du gène codant pour l'enzyme listériolysine O (enzyme permettant la survie intracellulaire de la bactérie). La recherche se fait sur le bouillon d'enrichissement.

**4-11 - Recherche et numération de *Bacillus cereus* et de *Bacillus sp***

➤ **Numération sur milieu de Mossel**

La numération est réalisée sur le milieu sélectif de Mossel à base de jaune d'œuf, de mannitol et de polymyxine. Inoculer 0,1 ml de la suspension mère et de ses dilutions sur la surface séchée du milieu. Incuber 48 h à 32°C. *B. cereus* donne des colonies rouges plates, rugueuses, sèches, avec un fond coloré en violet, entourées d'un halo de précipité blanchâtre dû à l'activité lécithinolytique.

➤ **Identification**

Les colonies de *B. cereus* sont facilement repérées ; il s'agit de colonies crénelées, de 5 mm de diamètre, de couleur rose à rouge (absence de fermentation du mannitol) et entourées d'un halo de précipité blanchâtre (présence d'une lécithinase). Les colonies suspectes sont dénombrées et identifiées par les techniques classiques de la bactériologie.

## VIII- Réalisation d'un contrôle

### 1-Contrôle de matière première:

Le contrôle microbiologique des matières premières doit permettre de vérifier que celles-ci ne referment ni les microorganismes risquant de gêner le déroulement de la fabrication, ni les microorganismes pouvant altérer le produit.

- **Exemple 1: Analyse bactériologique de l'eau potable:**

L'eau doit présenter également une potabilité du point de vue bactériologique. Ne pas contenir dans le cas d'une eau traitée des coliformes totaux et fécaux ni de *Clostridium* sulfito-réducteur, qui constituent des indicateurs de pollution par les matières fécales. Une analyse complète de l'eau brute s'effectue en se basant sur les paramètres suivants:

- Recherche et dénombrement des germes totaux sur milieu PCA.
- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux par la méthode du nombre le plus probable (NPP), **AFNOR NF T90-413**
- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux par la méthode du nombre le plus probable (NPP), **AFNOR NF T90-413**.
- Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs dans la gélose viande foie (VF+, alun de fer et sulfite de sodium) .
- Recherche de *Salmonella* : pré-enrichissement, enrichissement puis isolement et identification.
- Recherche de *Vibrio cholerae par* enrichissement en eau peptonée alcaline et isolement sur milieu TCBS

Les valeurs obtenues sont comparées avec la norme Algérienne NA 6360-1992 inspirée des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la Communauté Économique Européenne (CEE).

- **Exemple 2: Qualité microbiologique de l'eau dans une "usine agroalimentaire"**

Le cahier des charges concernant la qualité de l'eau dans l'usine doit être très rigoureux. Par exemple la présence de germes saprophytes psychrotrophes a une incidence sur la stabilité des aliments réfrigérés. Des germes comme *Sphaerotilus* ou *Leptothrix* peuvent bloquer des transferts d'eau dans les canalisations.

- **Exemple 3: Analyse du lait cru**

- ✓ **Prélèvement des échantillons**

Il est réglementé par arrêté ministériel et peut être effectué à tous les stades depuis la traite jusqu'à la vente. Le volume prélevé est en général de 50 à 100 ml pour les laits liquides. Le nombre de prélèvements pour le contrôle du lait dans un atelier de traitement est au minimum égal à :

2 pour une quantité de lait traitée de 5 m<sup>3</sup> par jour

3 pour une quantité de lait traitée comprise entre 5 et 10 m<sup>3</sup>

5 pour une quantité de lait traitée supérieure à 10 m<sup>3</sup> par jour

L'intervalle entre 2 prélèvements doit être supérieur à 15 minutes

- ✓ **Analyses microbiologiques:**

- **Examens microscopiques**

Ces examens ne sont pas réalisés dans les analyses de routine mais dans le cas de laits anormaux, ils concernent:

- **\*Estimation de la charge microbienne (comptage direct)**

**\*Etude cytologique:** Cette étude est effectuée à partir de lait cru individuel.

-Le lait est maintenu 5 minutes à 37°C, puis centrifugé stérilement à 3000 g pendant 10 minutes. Le culot de centrifugation est mis en suspension dans le liquide restant après décantation et étalé comme un frottis sanguin (en “tirant” la goutte).

-Après séchage à l’air, le frottis est fixé par immersion dans l’alcool absolu pendant 5 minutes.

-Colorer au bleu de méthylène phéniqué pendant 5 minutes et différencier rapidement par l’alcool à 60°.

-Laver à l’eau et examiner après séchage à l’immersion. Compter alors une centaine d’éléments cellulaires qui seront classés en éléments normaux et éléments anormaux.

-Calculer le rapport suivant:

**m/p = nombre de mononucléaires/nombre de polynucléaires**

**Si m / p est compris entre 0,5 et 1, le lait est “normal”.**

**m/p est inférieur à 0,5 en cas de mammite aigüe et supérieur à 1 en cas d’infection tuberculeuse.**

**\*Etude de la flore bactérienne : orientation morphologique**

Cette étude se fait après coloration de Gram, elle permet de distinguer:

- **Flore normale du lait cru** : surtout des bactéries Gram+ (diplocoques, streptocoques, bacilles, streptobacilles).
- **Flore anormale** : bactéries Gram-, longs streptocoques Gram + (20 à 100 cellules) traduisant une mammite streptococcique (*Streptococcus agalactiae*).

● **Recherche du bacille de KOCH**

Cette recherche se fait après centrifugation du lait pendant 5 minutes à 3000 g.



- **Dénombrement de la flore aérobie ( 10<sup>-4</sup>)**

Ce dénombrement est réalisé sur gélose au lait papaïné (milieu de CHEVALIER-GUITONNEAU). Le comptage est effectué après 72 h d'incubation à 30°C

- **Numération des indologènes**

Cette numération se fait en eau peptonée après 48 h d'incubation à 37°C (ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs par tube ; la présence d'indole se traduit par la formation d'un anneau rouge vif en surface). La flore normale du lait est indole négatif; les germes indologènes ont une bonne probabilité de correspondre à des entérobactéries indole + (*Escherichia*, *Providencia*, *Proteus*, *Edwardsiella* ,...)

- **Colimétrie**

Par la recherche des coliformes totaux et fécaux

- **Flore thermorésistante**

Il s'agit de germes résistants à un chauffage de 30 minutes à 63°C (pasteurisation basse). L'importance de cette flore est qu'elle permet d'évaluer la pollution liée à la traite et d'envisager les techniques de pasteurisation adéquates. 10 ml de lait sont chauffés, dans un tube à essai, à 63°C pendant 30 minutes. Après refroidissement procéder comme pour le dénombrement de la flore totale.

- **Recherche des staphylocoques pathogènes après enrichissement**

- **Numération des streptocoques fécaux**

- **Recherche des *Brucella* (Ring test )**

- **Recherche des *Salmonella* et *Shigella* (25 ml)**

- **Recherche des anaérobies sulfito-réducteurs**

- ✓ **Analyses chimiques et biochimiques associées à l'analyse microbiologique**

La couleur, la saveur, l'odeur et la consistance du lait sont notées.

➤ **Les normes du lait cru**

Acidité titrable < 21°D

Réductase > 3 h

Indologènes m = 100 / ml

Coliformes m = 100 / ml

Anaérobies sulfito-réducteurs m = 50 / ml

**2- Contrôle des produits finis**

Le contrôle microbiologique des produits finis porte sur leur qualité hygiénique et leur qualité marchande.

➤ **Exemple 1: Analyse des laits fermentés (yaourts, kéfir, etc...).**

La flore normale du yaourt est composée de *Streptococcus thermophilus* (ferment d'arôme) et de *Lactobacillus bulgaricus* (ferment d'acidification). *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bifidus* représentent la flore de laits fermentés "Bio". Le kéfir subit une fermentation lactique par *Streptococcus lactis* puis une fermentation alcoolique (*Candida kefir*) et enfin une fermentation par *Lactobacillus acidophilus*.

✓ **Analyse microbiologique des laits fermentés:**

L'analyse microbiologique des laits fermentés concerne les paramètres suivants

- 1- Flore aérobie totale (1 ml - 10<sup>-8</sup>)
- 2- Coliformes (totaux et fécaux) et *E. coli* (1 ml - 10<sup>-3</sup>)
- 3- Indologènes (1 ml - 10<sup>-3</sup>)
- 4- *Salmonella* (/25 ml)
- 5- Levures et moisissures (1 ml - 10<sup>-2</sup>)
- 6- Acidité

- ✓ **Normes** :  $m = 10$  indologènes / ml ,  $m = 10$  coliformes / ml,  $m = 1$  coliforme fécal/ 1ml,  $m = 0$  *Salmonella* / 25 ml.

➤ **Exemple 2: Analyse des viandes et produits carnés**

25 g de viande sont broyées dans 225 ml de diluant. L'analyse microbiologique des viandes concerne les paramètres suivants:

- 1) Flore aérobie totale (1 ml -  $10^{-5}$ )  $m = 5.10^5/g$
- 2) Coliformes fécaux (1 ml -  $10^{-3}$ ) ( $m = 10^2/g$ )
- 3) Indologènes (1 ml -  $10^{-5}$ )
- 4) Anaérobies sulfito-réducteurs (1 ml- $10^{-2}$ ) après 10 mn à 85°C  $m = 30/g$
- 5) *Staphylococcus aureus* (1 ml -  $10^{-1}$ )  $m = 10^2/g$
- 6) *Salmonella* (25 g)  $m = 0/25g$
- 7) *Bacillus cereus* (1 ml)

➤ **Exemple 3: Analyse des volailles**

La volaille peut être introduite entière dans un sac stérile en polyéthylène et être soumise à un “massage” en présence d’une quantité donnée de bouillon tryptone-sel. L’analyse sera alors réalisée sur une partie aliquote de la suspension obtenue. Il est possible de procéder à des prélèvements “découpés”.

La flore aérobie mésophile totale, les coliformes, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus* D et *Campylobacter* sont soit comptés soit recherchés.

Une FAMT peu nombreuse indique que les contaminants sont peu nombreux et un nombre peu élevé de coliformes fécaux indique une bonne hygiène de préparation alors qu’un nombre peu élevé de Streptocoques D reflète une éviscération correcte et une bonne hygiène .

### 3- Contrôle de nettoyage et de la désinfection

Ce type d'analyse est nécessaire pour évaluer l'efficacité des procédures de nettoyage/sanitation pour rechercher d'éventuels points critiques et pour contribuer à l'éducation des personnels.

-Les prélèvements sur les surfaces (sols, tables, murs etc...) sont réalisables au moyen de lames ou de boîtes contact avec des milieux adaptés ou par écouvillonnage ou par rinçage.

-Par les **géloses contact** (boîtes ou lames), il est possible d'estimer la flore totale aérobie mésophile, les entérobactéries, les staphylocoques ou encore les levures et moisissures contaminants de surfaces diverses.

-Pour contrôler les **bouteilles en verre** après leur lavage (ou avant leur remplissage par le liquide alimentaire qu'elles sont supposées recevoir), utiliser les milieux solides classiques des flores à rechercher en augmentant leur teneur en gélose de 0,5 %:

PCA (flore totale), Baird Parker (*Staphylococcus*), DCL (coliformes), MRS (*Lactobacillus*), RCM (*Clostridium*), BCP (*Bacillus*).

➤ **L'analyse de l'air** est importante à réaliser car les germes "aériens" sont souvent des germes de contamination de produits . Ce sont surtout des bactéries et des spores de moisissures qui sont en suspension dans l'air, sous forme d'unités individuelles ou de petits amas. Il est possible de laisser des boîtes de Pétri (contenant les milieux adaptés) ouvertes dans les zones à contrôler pendant des temps variables qui dépendent de la densité de contamination.

### 4-Contrôle des levains:

On entend par « organismes de contamination » tout micro-organisme autre que ceux responsables de fermentations spécifiques de produits fermentés considérés (Arrêté du 27 mars 2004 publié dans le JORA n° 32 du 23 mai 2004) (des entérobactéries, des

entérocoques, des *Staphylococcus aureus* et des levures/moisissures et de la flore totale aérobie mésophile FTAM).

➤ **Exemple: Contrôle de pureté et de stabilité d'un levain de brasserie**

Ces contrôles visent à démontrer l'absence de contamination par des bactéries en montrant la pureté du levain et que celui-ci correspond bien à *Saccharomyces cerevisiae*, en étudiant ses caractéristiques morphologiques et biochimiques.

A partir d'une suspension de levain, on réalise successivement :

- un ensemencement sur gélose Sabouraud (pour vérifier la pureté de la souche),
- un ensemencement d'une galerie API 20C AUX (pour vérifier ses caractéristiques biochimiques),
- une observation au microscope optique du levain (pour vérifier ses caractéristiques morphologiques).

✓ **Ensemencement sur gélose Sabouraud :**

L'ensemencement est réalisé par isolement sur un milieu gélosé en boîte de Pétri.

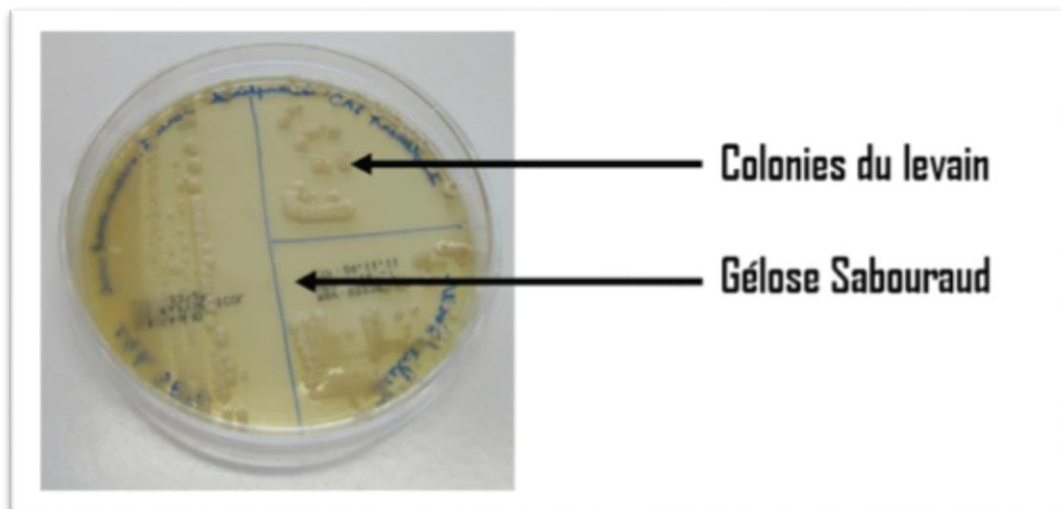


Figure n 19: Observation macroscopique de la levure après incubation 24h à 30°C

(<https://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spip.php?article602>)

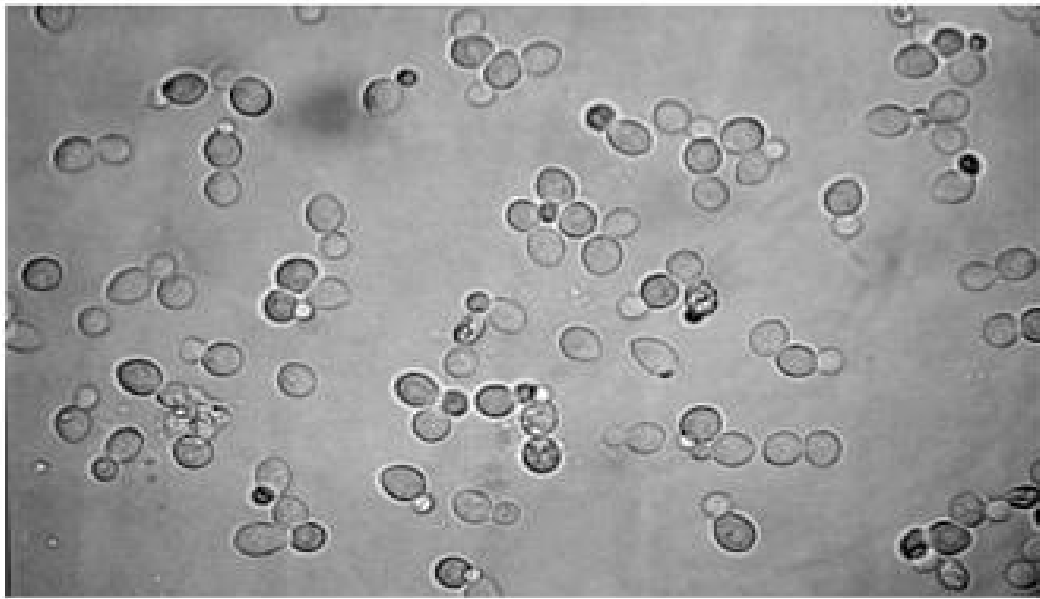


Figure n 20: Observation microscopique de la levure après incubation 24h à 30°C

(<https://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spip.php?article602>)

✓ **Ensemencement d'une galerie API 20C AUX:**

La galerie API20C AUX constitue un outil permettant de vérifier l'identité d'une levure en étudiant ses caractères biochimiques.

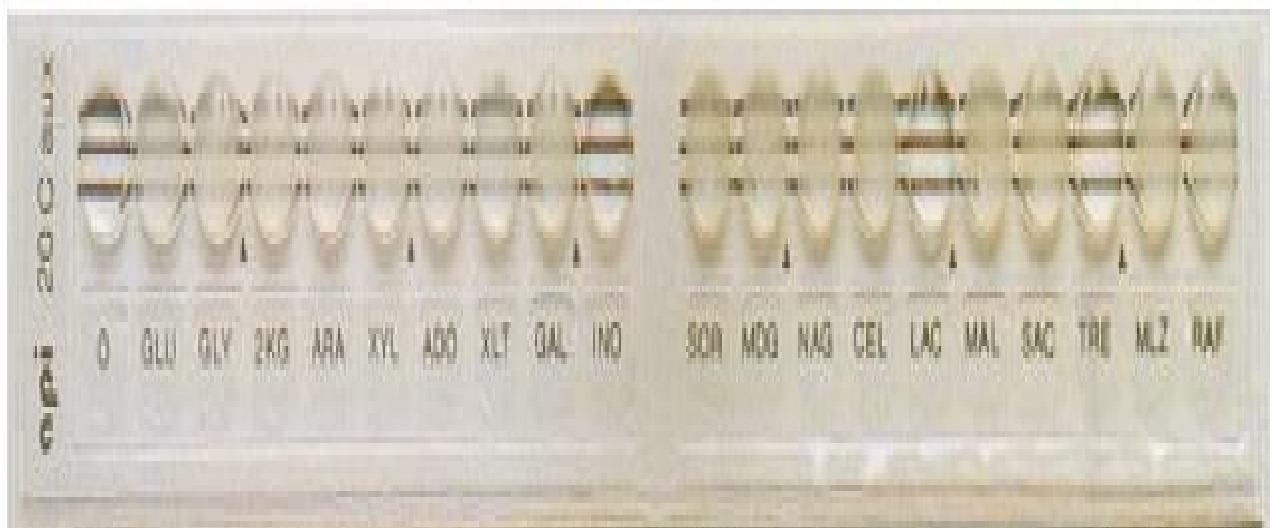


Figure n 21: La galerie API 20CAUX ([http://sms-bse-bgb.discip.ac-](http://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spis.php?article602)

[caen.fr/spis.php?article602](http://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spis.php?article602))

### 5-Interprétation des résultats : Plan à deux et à trois classes

Il existe deux types de plan d'échantillonnage qui sont applicables à des systèmes aliments – germes - consommateurs bien identifiés.

#### ➤ Plan à 2 classes

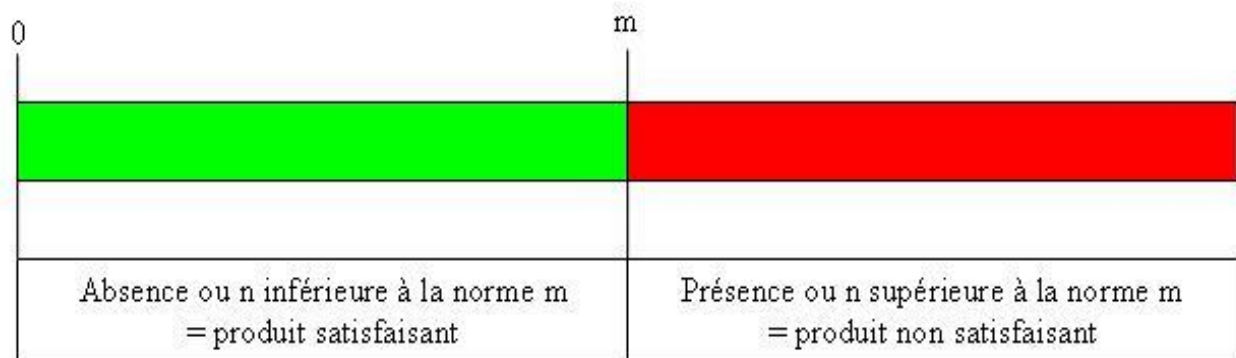
Ce plan donne des résultats permettant de déterminer 2 classes de contaminations. Il n'accepte aucune tolérance et correspond le plus souvent aux conclusions : *absence dans* (le résultat est bon et le produit jugé satisfaisant) ou encore *présence dans* (le résultat est mauvais et le produit est déclaré impropre à la consommation).

Le symbole **c** représente le nombre d'échantillons tolérés au-delà de la valeur seuil, nombre qui permet de juger le lot comme satisfaisant.

✓ **Exemple** : Pour les viandes de volailles contaminées en surface par *Salmonella*,

$$m = 0, n = 5, c = 1$$

Pour la plupart des autres produits on a avec cette bactérie et d'autres microorganismes très dangereux (*Listeria*, *Brucella*, etc)  $m = 0, n = 5$  et  $c = 0$ .



$n$  = nombre de bactéries dans l'échantillon

$m$  = valeur admise par la norme

➤ **Plan à trois classes:** Dans le cas de normes chiffrées, l'interprétation des résultats tient souvent compte de la tolérance analytique :

m		3 m		M = 10 m		S = 10 <sup>3</sup> m		en milieu solide
		10 m		M = 30 m		S = 10 <sup>3</sup> m		en milieu liquide
SATISFAISANT	ACCEPTABLE si $c/n \leq 2/5$		NON SATISFAISANT		NON SATISFAISANT		NON SATISFAISANT Produit toxique ou corrompu	
	NON SATISFAISANT si $c/n > 2/5$							

m = critère fixé.

3m est un seuil limite de qualité satisfaisante tenant compte de la tolérance analytique ( limite supérieure IC 95%)

M = seuil Maximum ou limite d'acceptabilité :

M = 10 m pour un dénombrement en milieu solide

M= 30 m pour un dénombrement en milieu liquide

**n**: est le nombre d'unités échantillonnage (en général 5)

**c**: est le nombre d'unités échantillonnage donnant des résultats compris entre 3 m (10m) et M

S: seuil de toxicité = m.1000

Ce plan se caractérise par l'analyse de plusieurs échantillons provenant d'un lot. La tolérance analytique de 3m (milieu solide) et 10m (milieu liquide) est appliquée.

- ✓ **La qualité du lot est considérée comme satisfaisante:** Lorsque les valeurs observées pour les 5 unités d'échantillon sont < 3m



- ✓ **La qualité du lot est considérée comme acceptable:** Lorsque les valeurs observées sont comprises entre 3 m et 10m (= M) en milieu solide (10 m et 30 m en milieu liquide), avec  $c/n < 2/5$ .
- ✓ **La qualité du lot est considérée comme non satisfaisante:**  
Dans tous les cas où 01 d'échantillons présente une valeur supérieure à M ou lorsque  $c/n > 2/5$ , c'est-à-dire que plus de **c** échantillons sur n donnent un résultat supérieur à 3m (10m).
- ✓ **Le produit doit être considéré comme toxique ou corrompu**  
Lorsque la contamination atteint une valeur limite généralement de  $10^3$ m.

NB: Pour *S.aureus*, cette valeur ne doit jamais dépasser  $5 \cdot 10^4$  germes par g ou par ml.

## **Partie II: Travaux pratiques**

# TP N1 Numération directe des germes par la cellule de Malassez

## I. Introduction:

Le comptage cellulaire fait partie du quotidien du biologiste cellulaire. C'est une étape obligatoire, parfois fastidieuse mais incontournable en culture cellulaire. Elle permet d'avoir une information qualitative, et surtout quantitative sur sa culture cellulaire à un temps T.

## II. Principe du comptage direct:

La détermination du nombre de cellules contenues dans un volume précis de milieu liquide. On exprime le résultat de la numération en concentration cellulaire, c'est à dire en nombre de cellules par millilitre. Elle est réalisée directement par comptage au microscope, à l'aide d'une lame de comptage spéciale (Cellule de Malassez).

## III. Objectif du TP:

C'est de réaliser un dénombrement des cellules de *Saccharomyces cerevisiae* par la cellule de Malassez à partir d'une solution préalablement préparée.

## IV. Technique:

### Dilution:

Une solution de *Saccharomyces cerevisiae* est préparée. Si elle est trop concentrée, il est nécessaire de réaliser une dilution préalable.

### Remplissage de la cellule:

Humecter les deux plateaux latéraux. Faire adhérer parfaitement la lamelle aux plateaux latéraux. Placer la cellule de comptage sur une surface plane. Homogénéiser la suspension cellulaire, et prélever celle-ci ( $0.01 \text{ mm}^3$ ) à l'aide d'une pipette Pasteur. Remplir la chambre de comptage par capillarité, en plaçant la pointe de la pipette légèrement inclinée près de la lamelle sur la plate-forme centrale quadrillée. Le remplissage doit être fait en une seule fois,

sans bulles d'air, et sans faire déborder le liquide dans les rigoles. Laisser sédimenter les cellules sur le quadrillage quelques minutes, et passer à la numération.

### **Comptage des cellules:**

- Observer à l'objectif x10 pour repérer la position du quadrillage, et vérifier l'homogénéité de la répartition des cellules à compter (si la répartition est mauvaise, recommencer).
- Observer ensuite à l'objectif x40 pour réaliser le comptage (1 rectangle par champ).
- Compter les cellules contenues dans 4, 10, 20 ou dans la totalité des 100 rectangles du quadrillage.

### **Calcul de la concentration cellulaire:**

Après avoir effectué la manipulation, on calcule la concentration cellulaire de la suspension de cellules étudiée.

Soient :

-n : nombre de cellules comptées.

-V : volume de comptage.

-f : facteur de dilution.

-N : nombre de cellules par millilitre.

Si on a n cellules dans V millilitre, alors on a N cellules dans un millilitre :

$$N \times V = n \quad N = n / V$$

Si la solution avait été diluée :  $N = (n / V) \times f$

## Mode opératoire

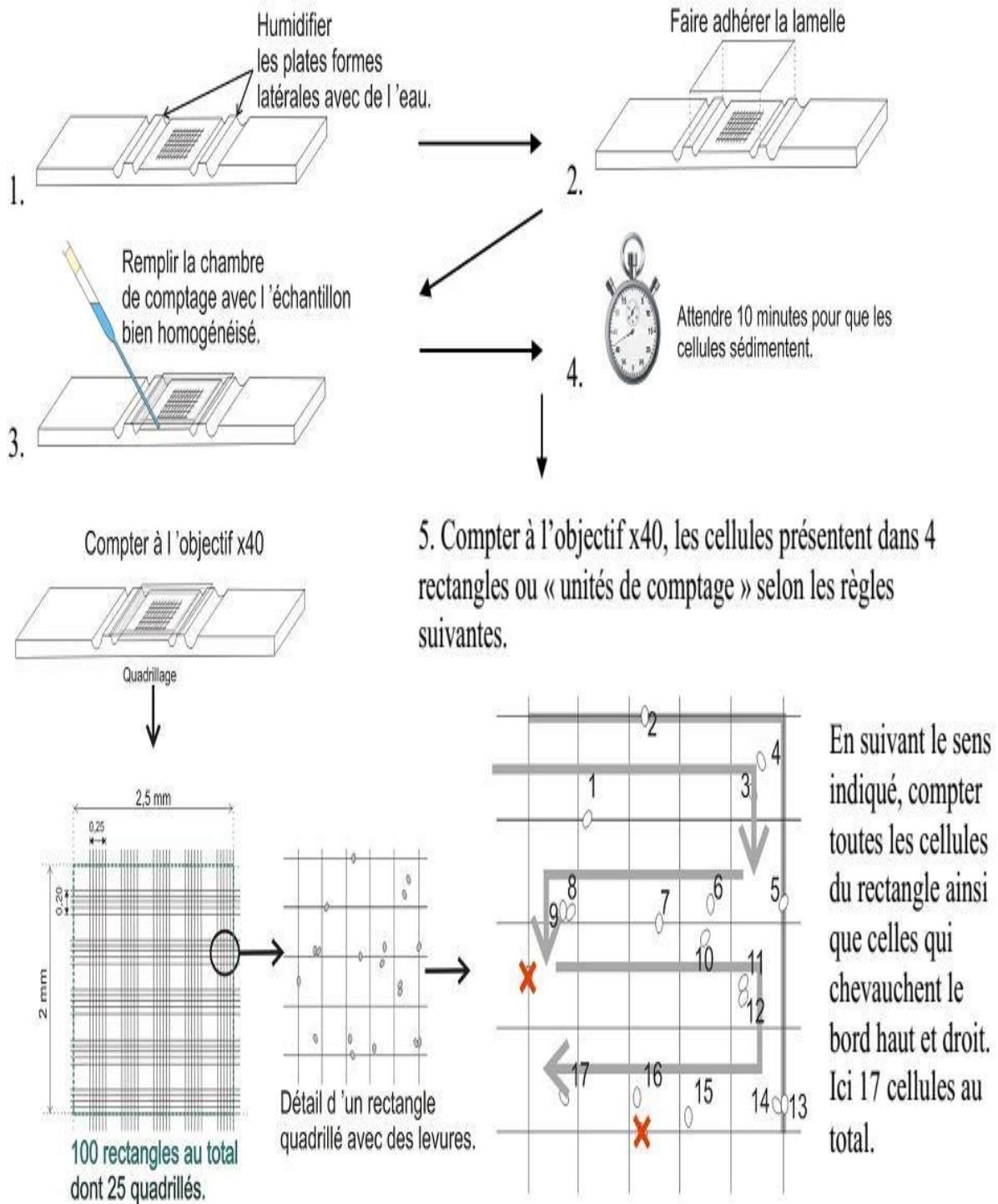


Figure n 22: Dénombrement de cellules de *Saccharomyces cerevisiae* par la cellule de Malassez (Moreda, 2013)

## **TP N2: Contrôle bactériologique des eaux destinées à la consommation humaine**

### **I-Introduction:**

L'eau destinée à l'alimentation humaine est prélevée d'eaux brutes naturelles, possédant des qualités intrinsèques définies. Elle est déclarée potable si elle est conforme aux normes c'est à dire qu'elle doit être exempte de tout organisme pathogène.

### **II- Objectif:**

Dans ce TP nous allons essayer de déterminer la qualité bactériologique des eaux de sources, prélevées de différents points de la wilaya de Skikda (Filfila, El Harrouche et Beni Ouelbane) et ce en dénombrant les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques totaux et les streptocoques fécaux par la méthode du nombre le plus probable (NPP).

### **III- Prélèvements:**

Les prélèvements des eaux potables sont effectués dans des bouteilles en plastique de 250ml. Après le remplissage la bouteille porte le nom de la source du prélèvement.

### **IV- Matériel utilisé:**

Le matériel et les milieux de cultures nécessaires pour la recherche et le dénombrement des germes sont:

- Des portoirs.
- Pipettes pasteur
- Incubateur
- Table NPP de Mac Crady
- Milieu lactosé (BCPL) double concentré (D/C) et simple concentré (S/C) muni de cloche de Durham.
- Milieu indole mannitol (Schubert) muni d'une cloche de Durham.

- Bouillon à l'azide de sodium (Rothe) double concentré (D/C) et simple concentré (S/C)
- Bouillon de l'éthyle violet et de sodium (Eva)
- Réactif d'Erlisch Kovacs

#### **V- Méthode:**

La méthode utilisée a été inspirée de la norme **AFNOR NF T90-413**.

**V-1-Recherche des coliformes totaux et fécaux:** La recherche des coliformes comporte deux tests, l'un présomptif et l'autre confirmatif.

#### **a-Test présomptif :**

Pour ce test nous utilisons le milieu BCPL double concentration D/C et simple concentration (S/C) et tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu. Nous avons travaillé avec une série de 3 tubes en commençant par :

- Trois tubes de BCPL D/C avec 10ml de l'échantillon
- Trois tubes de BCPL S/C avec 1ml de l'échantillon
- Trois tubes de BCPL S/C avec 0.1ml de l'échantillon

Les tubes sont agités pour une homogénéisation avec la précaution de ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche de Durham. La lecture se fait après 48h d'incubation dans une étuve à 37°C. Tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune et du gaz dans la cloche, sont considérés comme positifs, c'est à dire contenant des coliformes totaux. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportées à la table du NPP (Annexe.1) pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 100ml d'échantillon.

#### **b-Test confirmatif :**

A partir de chaque bouillon BCPL positif pour la recherche de coliformes totaux, nous avonsensemencé 5 à 6 gouttes dans un tube de milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham.

Après incubation de 24h dans une étuve à 44°C, tous les tubes présentant une culture (trouble bactérien), du gaz dans la cloche et une réaction indole positive (anneau rouge cerise en surface) après addition de quelques gouttes du réactif d'Erlich Kovacs, sont considérés comme positifs, c'est à dire comme contenant des coliformes fécaux dans 100ml d'eau et particulièrement comme contenant *E. coli*. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportées à la table du NPP pour obtenir le nombre de coliformes fécaux présents dans 100ml d'échantillon.



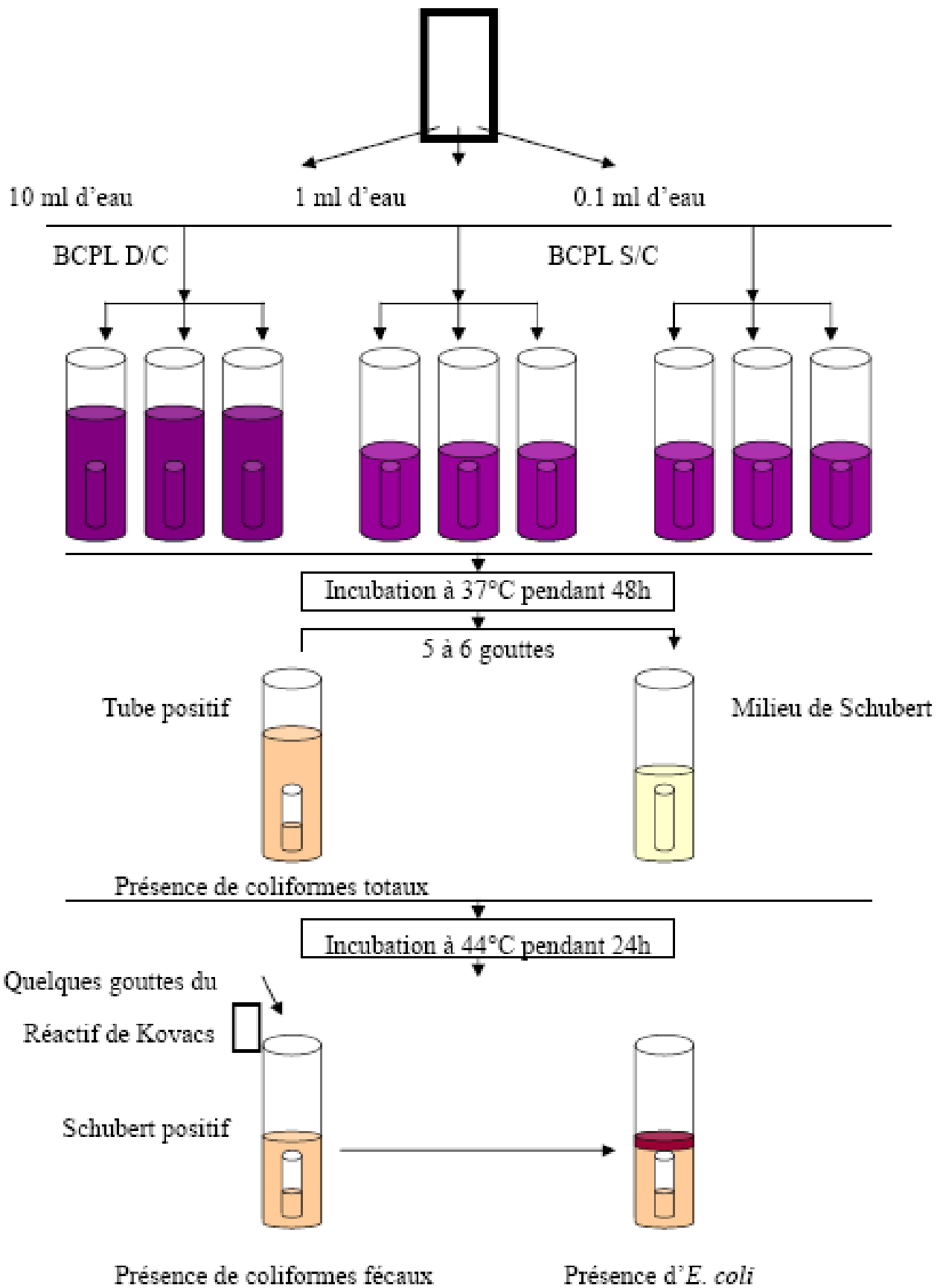


Figure n 23: Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (Colimétrie)

## **V-2-Recherche des streptocoques fécaux :**

Comme pour les coliformes totaux, la recherche des streptocoques fécaux comporte deux phases de tests ; l'une présomptive et l'autre confirmative

### **a-Test présomptif :**

Pour ce test nous avons utilisé le milieu Rothe D/C et S/C et nous avons travaillé avec une série de 3 tubes. Nous avonsensemencé :

- Trois tubes de Rothe D/C avec 10ml de l'échantillon
- Trois tubes de Rothe S/C avec 1ml de l'échantillon
- Trois tubes de Rothe S/C avec 0.1ml de l'échantillon

Les tubes sont agités pour une homogénéisation. La lecture se fait après 48h d'incubation dans une étuve à 37°C. Tous les tubes présentant un louche microbien sont considérés comme pouvant contenir des streptocoques fécaux et ils sont obligatoirement soumis au test confirmatif. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série.

### **b-Test confirmatif :**

Après agitation, à partir de chaque milieu de Rothe positif, nous avonsensemencé 5 à 6 gouttes dans un tube du bouillon Eva. Après incubation de 24h dans une étuve à 37°C, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement, sont considérés comme positifs. Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportées à la table du NPP pour obtenir le nombre de streptocoques fécaux présents dans 100ml d'échantillons. Les valeurs obtenus sont comparés avec la norme Algérienne NA 6360-1

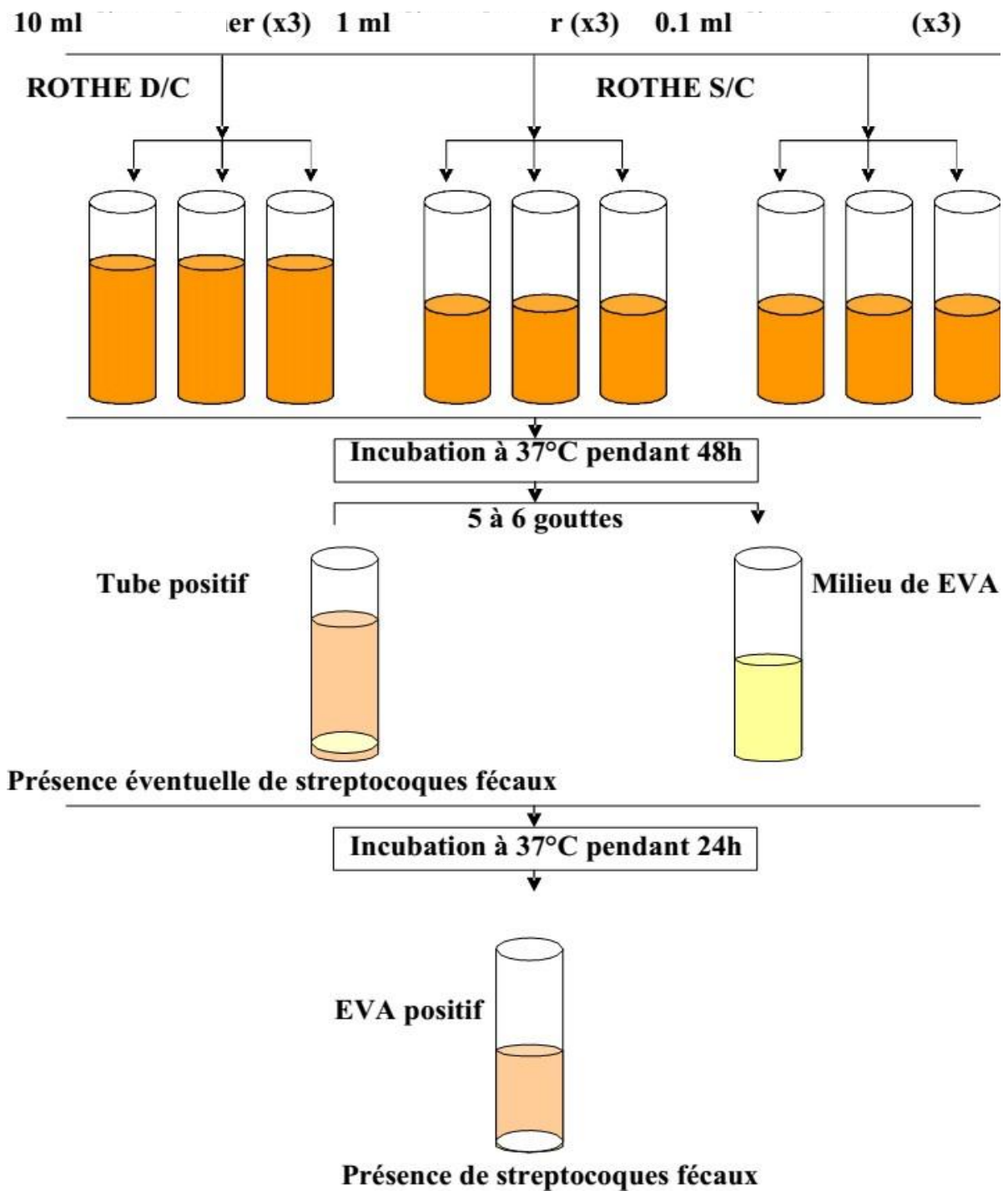


Figure n 24: Recherche des streptocoques totaux et fécaux

## TP N3 Contrôle de la qualité microbiologique de la viande

### I-Introduction:

La viande est la chaire des animaux utilisée pour l'alimentation humaine. Elle doit garantir une totale innocuité et de ce fait préserver la santé du consommateur. De ce fait, il ne doit contenir aucun résidu toxique, aucun parasite, ni être le siège d'un développement bactérien susceptible de produire des éléments nocifs. Cette caractéristique doit satisfaire aux normes sanitaires et règlements en vigueur. Ainsi, ne peuvent être mis sur le marché que des viandes ne présentant aucun risque pour la santé.

### II. Objectif du TP:

Dans ce TP nous allons essayer d'évaluer la qualité bactériologique de la viande hachée afin d'estimer les dangers qu'elle peut avoir sur la santé publique. Pour ce faire nous avons suivi la démarche suivante:

1- Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale, des coliformes fécaux, des

*Clostridium* sulfite-réducteurs et de *Staphylococcus aureus*.

2-Recherche de *Salmonella* sp.

3-Comparaison des résultats avec les normes indiquées dans le journal officiel de la république algérienne.

### III. Matériel utilisé:

❖ Verrerie:

-**Boîtes Pétri** : pour la culture des germes.

-**Pipettes Pasteur** : pour l'ensemencement des milieux de culture.

-**Pipettes graduées** : pour la réalisation des séries de dilution.

-**Tubes à essais**: pour la préparation des milieux de culture et des dilutions.

**-Flacons stériles** : pour la préparation des solutions mères.

❖ Appareils:

**- Stomacher 400 circulateur** : pour l'homogénéisation des échantillons

**- Bain -Marie** : pour liquéfier les milieux de culture

**-Autoclave** : afin de stériliser le matériel.

**- Microscope optique** : pour réaliser une observation microscopique.

**- Balance électronique** : afin de peser les échantillons.

❖ Milieux de culture:

**-Plate Count Agar (PCA)** : pour le dénombrement de la flore totale mésophile aérobie à 30°C (FTAM).

**-Milieu Hektoen** : pour l'isolement des salmonelles.

**-Milieu Chapman** : spécifique pour les staphylocoques.

**-La gélose viande-Foie additionnée d'Alun de fer et Sulfite de sodium** : est utilisée pour la recherche et le dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs.

**-Gélose VRBL (gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre)** : est utilisée pour la recherche des coliformes fécaux.

**-Bouillon urée-indole** : permettant l'identification des germes, par la recherche de l'uréase, le tryptophane désaminase (TDA) et la production d'indole.

**-Bouillon SFB D/C (sélénite acide de sodium) additionné de sélénite de sodium** : est utilisé pour l'enrichissement des salmonelles.

**-Bouillon de Giolitti Contoni additionné de tellurite de potassium**: pour l'enrichissement des staphylocoques.

**-Eau Peptonée Tamponnée** : milieu de revivification, utilisé pour le pré-enrichissement des salmonelles.

**-TSE (Eau Tryptone Sel) :** diluant destiné à la préparation des solutions mères.

❖ Réactifs et colorants :

**-Violet de gentiane, lugol, alcool, fuschine :** utilisés pour la coloration de Gram.

**-Réactif de Kovacs :** pour la recherche de l'indole

**-Réactifs VP 1 et VP 2 :** utilisés dans le test VP (API 20E).

**-L'eau oxygénée :** pour la réalisation du test de catalase.

**-Huile de vaseline stérile :** pour assurer l'anaérobiose (API 20E).

**-Plasma de lapin lyophilisé :** pour la détection de la coagulase libre produite par

*Staphylococcus aureus* .

❖ Equipement général de laboratoire de bactériologie:

**-Etuve :** pour l'incubation des germes ;

**-Anse de platine :** pour l'ensemencement des milieux de culture.

**-Eprouvettes graduées :** pour mesurer des volumes de liquides

**-Matériels de découpe** (ciseaux et lames de bistouris....)

**-Sachets de Stomacher et porte sachets Stomacher**

**-Lames et lamelles :** elles sont utilisées pour les observations microscopiques (réalisation des frottis).

**-Porte tubes**

#### **IV- Analyse bactériologique de la viande hachée:**

##### **1. Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales :**

La technique de recherche a été effectuée selon la norme NF V 08- 010.

### ✚ Prise d'essai :

Après préparation du poste de travail, 25 g de notre échantillon sont pesés aseptiquement dans un sachet stérile taré.

### ✚ Préparation de la suspension mère :

Les 25g de l'échantillon sont introduits aseptiquement dans un sachet stérile de type Stomacher contenant au préalable 225 ml de diluant TSE. Ils sont par la suite broyés et homogénéisés dans un broyeur de type «Stomacher» pendant 1 à 2 minutes. Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution  $10^{-1}$



Figure n 25: Photographie des solutions mères ( $10^{-1}$ ) des échantillons (Kaabach et Berrebi, 2018)

### Préparation des dilutions décimales :

Les dilutions serviront à la recherche de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT), des coliformes fécaux, *Staphylococcus aureus* et *Clostridium* sulfito-réducteurs.

➤ Mode opératoire:

-Marquer les tubes contenant 9 ml du TSE ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ).

-Prélever aseptiquement 1ml de la suspension mère à l'aide d'une pipette graduée stérile munie d'une poire à aspiration

-Transférer le 1ml prélevé dans le 1er tube pour obtenir la dilution ( $10^{-2}$ ), la pipette ne devrait pas pénétrer dans le diluant.

-Jeter la pipette utilisée dans un conteneur approprié.

-L'homogénéisation se fait par l'utilisation d'un agitateur de type vortex.

-A l'aide d'une nouvelle pipette, après homogénéisation ; prélever 1 ml de la dilution  $10^{-2}$ .

-Transférer le 1 ml prélevé dans le 2ème tube pour obtenir la dilution ( $10^{-3}$ ).

-L'opération est renouvelée en changeant la pipette et en versant de nouveau 1 ml dans un nouveau tube de TSE, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la concentration des bactéries devienne relativement faible (dilution  $10^{-5}$ ).



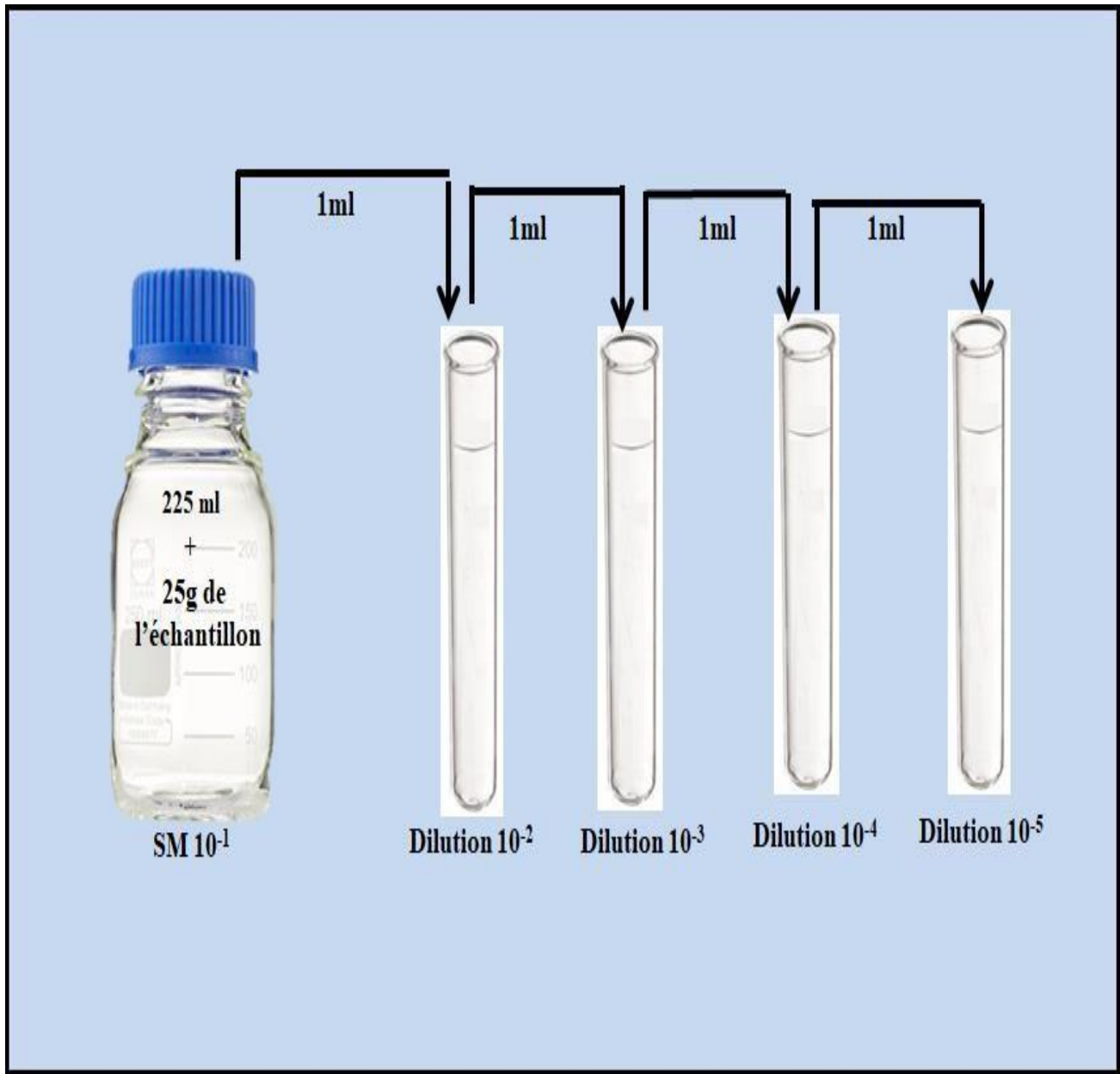


Figure n 26 : Protocole de la préparation des dilutions décimales

## 2. Dénombrement de la FAMT à 30°C :

Ce sont des microorganismes aptes à se multiplier entre 25 et 40°C avec un optimum de 30°C à l'air. Le dénombrement de la FAMT est effectué selon **la norme NF 08 – 051**.

### ➤ Mode opératoire

-Le milieu de culture utilisé est la gélose standard pour dénombrement ou Plate Count Agar (PCA).

-Les ensemencements sont effectués avec les dilutions  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  et  $10^{-5}$  de la solution mère de départ.

-1ml de chaque solution est prélevé puis introduit dans une boîte de Pétri stérile. Nous y coulons ensuite 10 à 15 ml de la gélose PCA.

-L'inoculum et le PCA sont alors homogénéisés par des mouvements rotatifs de la boîte de Pétri puis refroidis.

- Après solidification, une deuxième couche de gélose est coulée pour empêcher le développement d'éventuelle flore de contamination superficielle après ensemencement.

- Les boîtes sont ensuite incubées à l'étuve à 30°C pendant 72 heures.

-Les colonies blanchâtres ayant poussées en profondeur sont dénombrées.

### ➤ Lecture et expression des résultats

La lecture se fait au bout de 72 heures sur les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies

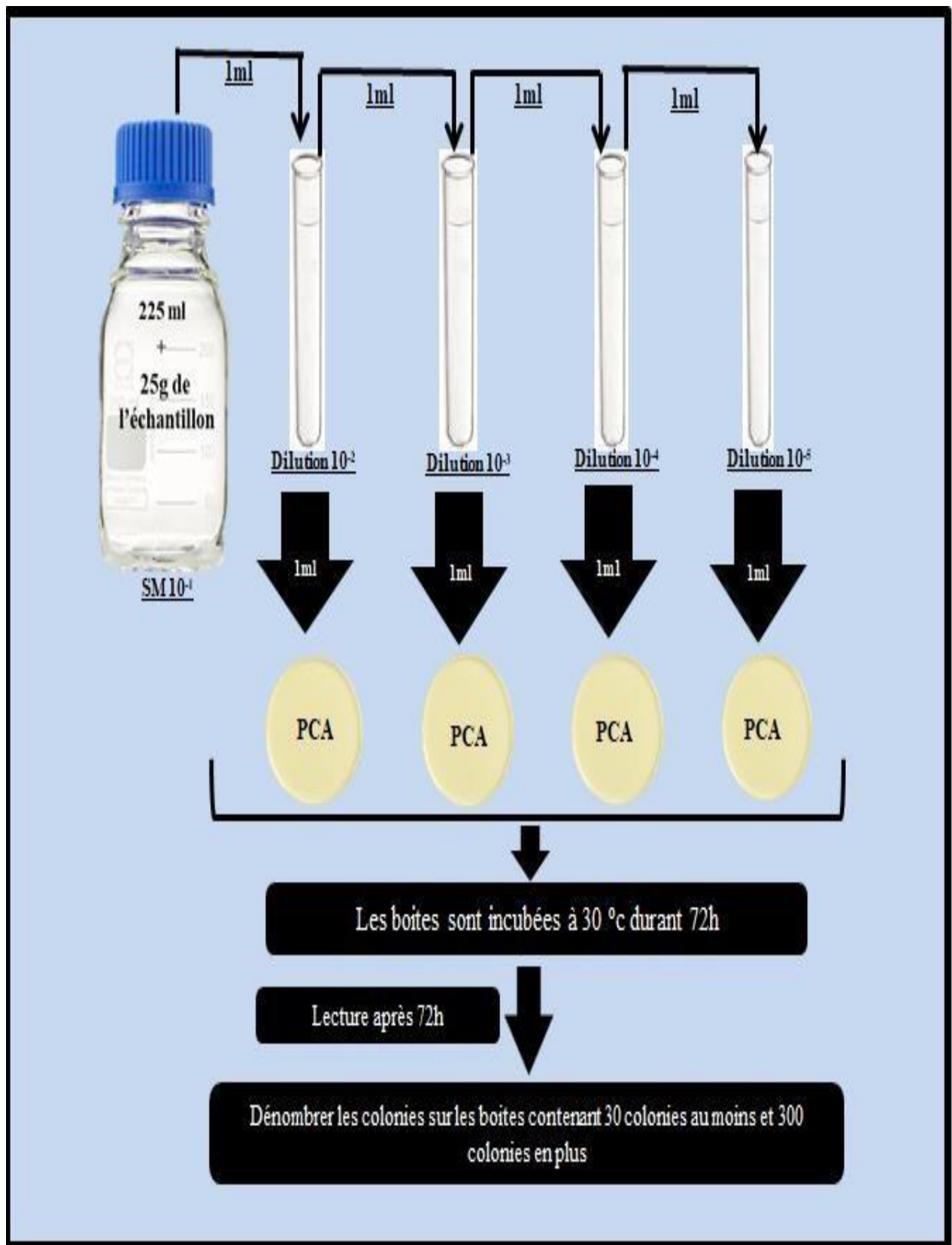


Figure n 27: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (Kaabach et Berrebi, 2018).

### 3. Recherche et dénombrement des coliformes thermo-tolérants et *Escherichia coli*:

➤ Mode opératoire :

La technique de recherche et de dénombrement des germes a été inspirée de la norme NF V 08 – 017.

-Après la réalisation d'une série de dilutions, transférer 1 ml de la suspension mère à analyser et de ses dilutions décimales dans des boîtes de Pétri stériles.

-Couler 12 ml du milieu VRBL refroidi à 44-47°C.

-Homogénéiser parfaitement.

-Laisser solidifier sur une surface froide.

-Couler à nouveau 4 ml du milieu de façon à former une deuxième couche et laisser solidifier.

-Incuber à 44°C de 18 à 24 heures.

➤ Lecture :

-**Coliformes sur gélose VRBL**: sont considérées comme caractéristiques, les colonies rouges de diamètre égal ou supérieur à 0,5 mm, après 24 heures d'incubation.

-Toutes les colonies caractéristiques qui poussent à **44°C** sont considérées comme **coliformes thermo-tolérants ou fécaux**

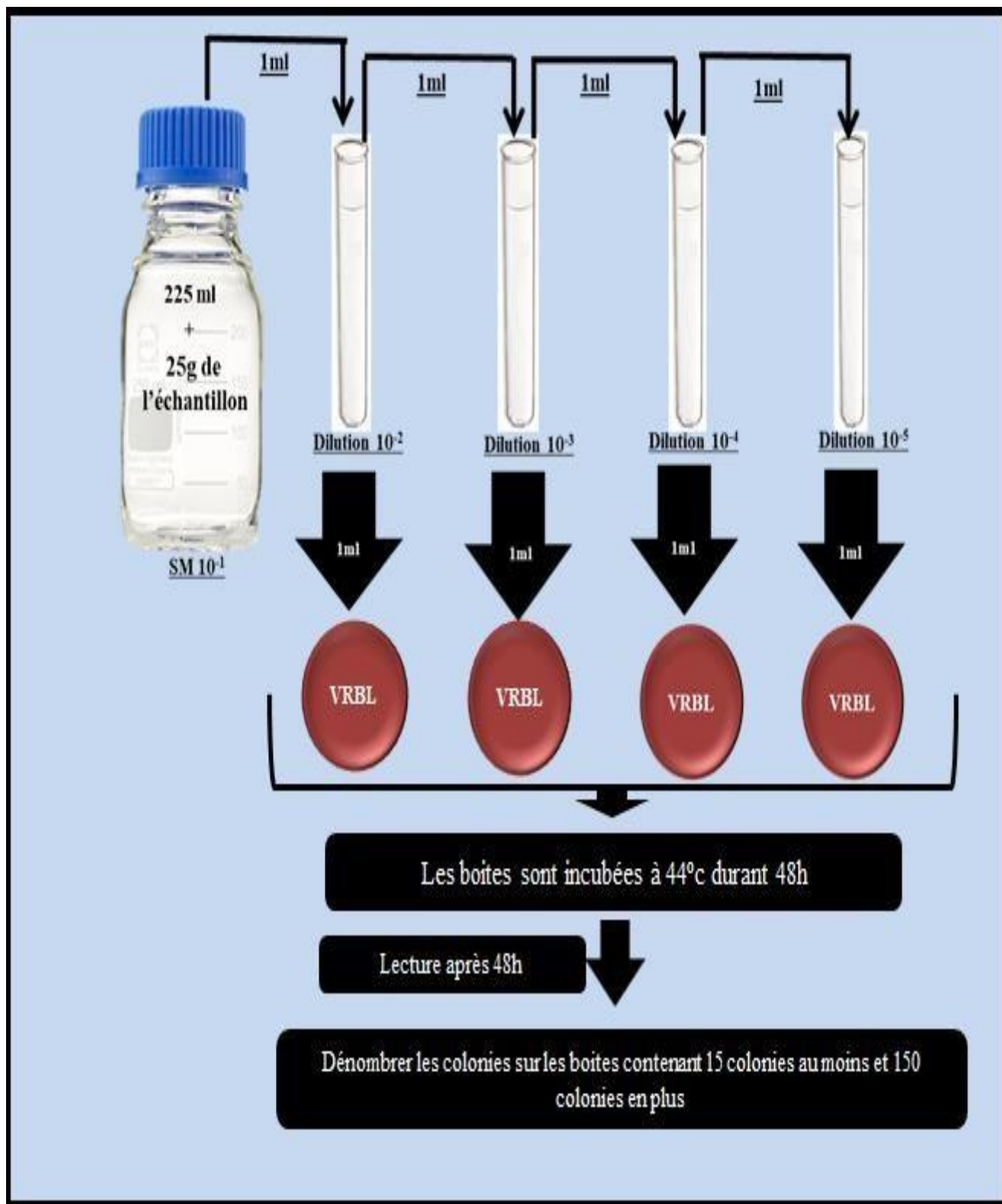


Figure n 28: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Coliformes

(Kaabach et Berrebi, 2018) .

#### Recherche d'*Escherichia coli* :

#### Mode opératoire :

-Identifier au moins 3 colonies caractéristiques des coliformes thermo-tolérants sur chaque boîte retenue.

-Aspirer la colonie à l'aide d'une pipette Pasteur munie d'une poire.

-Repiquer séparément chaque colonie et l'ensemencer dans le milieu urée indole.

-Incuber ce milieu 18-24h à 37°C

#### Lecture :

-Lecture de l'urée : le milieu est considéré négatif s'il garde sa couleur initiale.

.-Lecture de l'indole : rajouter 1 à 2 gouttes du réactif Kovacs et voir l'apparition d'un anneau rouge.

#### **4. Recherche de *Staphylococcus aureus* :**

##### ➤ Mode opératoire

La technique de recherche et de dénombrement des germes de *Staphylococcus aureus* a été effectuée selon la norme NF V 057.

déjà préparée en bouillon cœur cerveau, puis nous incubons à 37°C pendant 1 à 2 heures voire 24 heures.

##### ➤ Lecture :

Coagulation du plasma (Coagulase +)

Pas de coagulation du plasma (Coagulase -)

##### c-La coloration différentielle de Gram :

Les étapes de la coloration de Gram sont indiquées dans le tableau suivant

- Homogénéiser l'échantillon à analyser.

-Transférer 1ml de chacune des dilutions ( $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$ . $10^{-5}$ ) à analyser dans 9 ml du

milieu Giliolitti Contoni (Enrichissement).

-Incuber les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures;

-S'il y'a noircissement du tube (tube positif) nous procédons à l'isolement sur milieu Chapman à 37°C pendant 24h.

➤ Lecture

Apparition de colonies bombées de couleur jaune, entourées d'un halo clair indique la présence de staphylocoques.

-Test confirmatif :

a-Test de catalase :

Ce test permet de différencier les staphylocoques des streptocoques ;

-Prélever une colonie suspecte de *Staphylococcus aureus* avec l'anse de platine stérile et la déposer sur la lame ;

- A l'aide d'une pipette Pasteur ajouter quelques gouttes du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

➤ Lecture:

Le dégagement de bulles de gaz (oxygène) indique une réaction positive

b- Test coagulase

Le plasma de lapin lyophilisé est utilisé pour la détection de la coagulase libre produite par *Staphylococcus aureus* qui provoque une coagulation du plasma qui se traduit par la formation d'un caillot de coagulation.

-Dans un tube à hémolyse introduit 0,5ml de plasma et 0,5ml de la suspension bactérienne déjà préparée en bouillon cœur cerveau, puis nous incubons à 37°C pendant 1 à 2 heures voire 24 heures.

➤ Lecture :

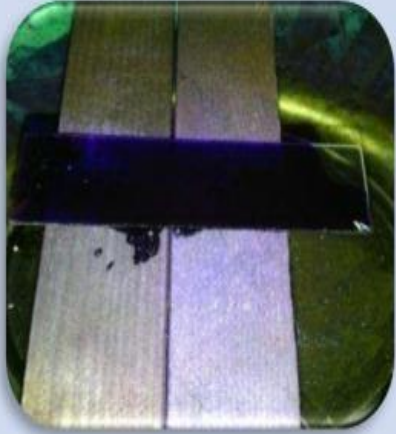

Coagulation du plasma (Coagulase +)

Pas de coagulation du plasma (Coagulase -)

c-La coloration différentielle de Gram :

Les étapes de la coloration de Gram sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau n 3: Les étapes de la coloration de Gram

Étapes	Figures correspondantes
<p><b>1-Coloration primaire (Violet de gentiane) :</b> Couvrir les lames avec le cristal violet. Laisser agir 60 secondes. Rincer à l'eau courante. Enlever le surplus d'eau.</p>	 A microscopic view of a glass slide with a purple stain. The stain is a solid, uniform purple color, indicating the primary staining step of the Gram stain procedure.
<p><b>2-Fixation par le lugol (mordantage) :</b> Couvrir les lames avec la solution de lugol pendant 1 minute. Rincer soigneusement avec l'eau du robinet. Enlever le surplus d'eau</p>	 A hand dipping a glass slide into a blue dish containing a dark purple solution. The slide is being held by a white handle, and the solution is being applied to the slide. This is the mordanting step of the Gram stain procedure.



**3-Décoloration à l'alcool:** la lame est recouverte avec l'alcool (éthanol à 95%) pendant 10 à 15 secondes. Rincer à l'eau courante et enlever le surplus d'eau.



**4-Contre coloration :** Couvrir les lames avec la fuschine. Laisser agir 60 secondes. Rincer à l'eau courante. Enlever le surplus d'eau.



**5-Observation :** la lame est séchée puis observée au microscope optique à l'objectif x100 avec l'huile d'immersion. Les bactéries Gram positif sont colorées en violet, les bactéries Gram négatif sont colorées en rose



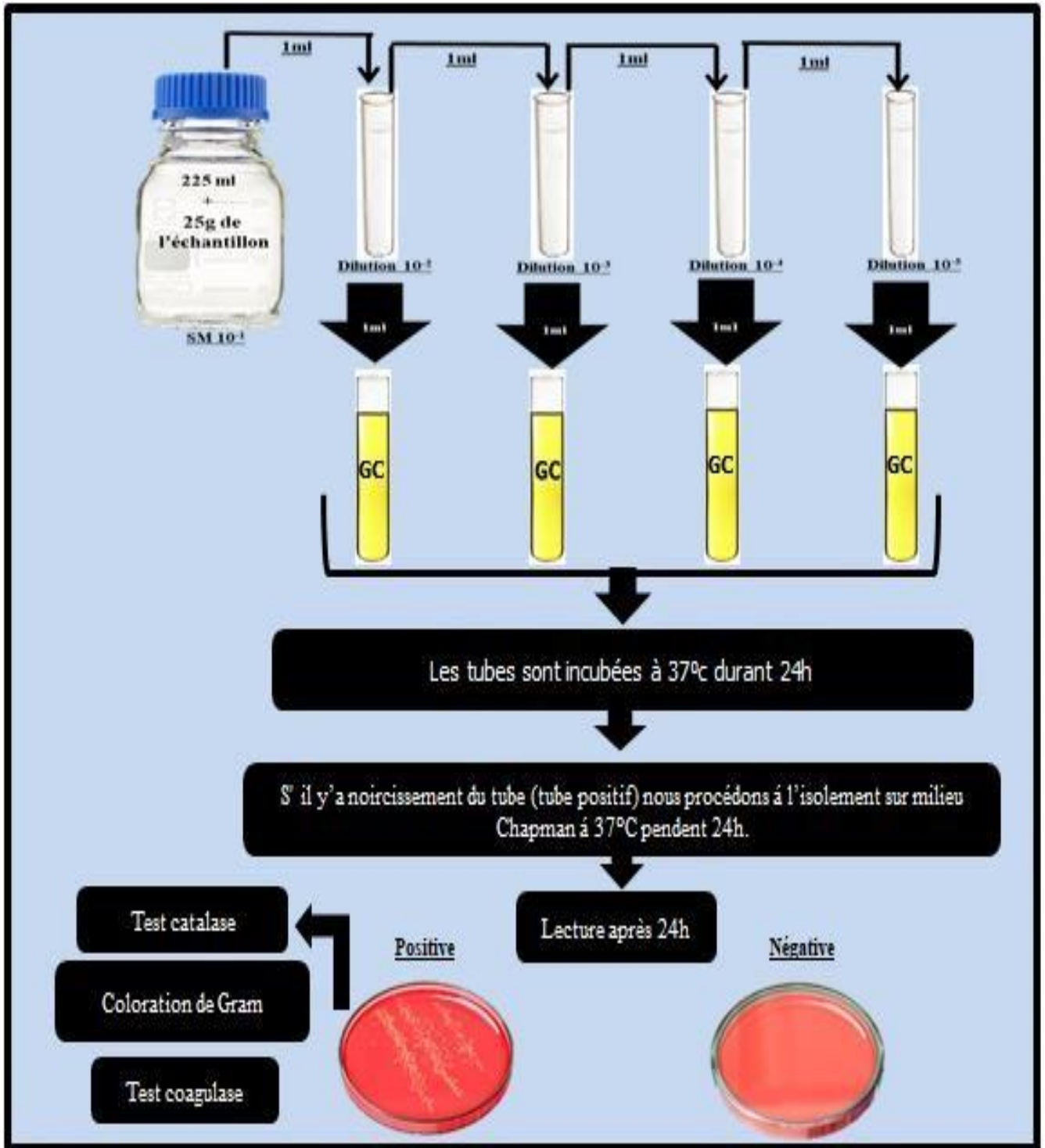


Figure n 29: Protocole expérimental de la recherche et du dénombrement des *staphylococcus aureus* (Kaabach et Berrebi, 2018)

## 5. Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs à 46°C :

### ➤ Mode opératoire :

La technique de recherche a été inspirée de la norme XP V 08 – 061.

-Les tubes stériles sont annotés et doivent contenir : la dilution utilisée ; la température d'incubation et la durée d'incubation.

-Transférer 1 ml de l'inoculum (dilutions décimales ;  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ) dans les tubes stériles, en évitant au maximum d'incorporer de l'air.

-Chauffer le produit à tester (10 min à 80°C) afin de détruire les formes végétatives et d'activer les spores.

-Refroidir rapidement à l'eau de robinet.

-Liquéfier le milieu en bain marie bouillonnant puis refroidir le milieu vers 45 à 47°C.

-Ajouter environ 15 ml de la gélose Viande Foie (VF) additionnée d'une ampoule contenant 5 ml de sulfite de sodium et une ampoule contenant 2 ml d'alun de fer.

- Homogénéiser parfaitement par retournement complet en évitant au maximum d'incorporer de l'air.

- Laisser solidifier sur la paillasse

- Incuber les boîtes à 46°C pendant 48 heures.

### ➤ Lecture :

-Compter les colonies entourées d'un halo noir qui poussent en profondeur. La taille de la colonie doit être assez grande de 5 mm de diamètre. Les colonies ayant poussé à 1 cm de la surface du tube sont éliminées.

-Noter les dilutions correspondantes.

-Effectuer des lectures après 18, 24 et 48h d'incubation

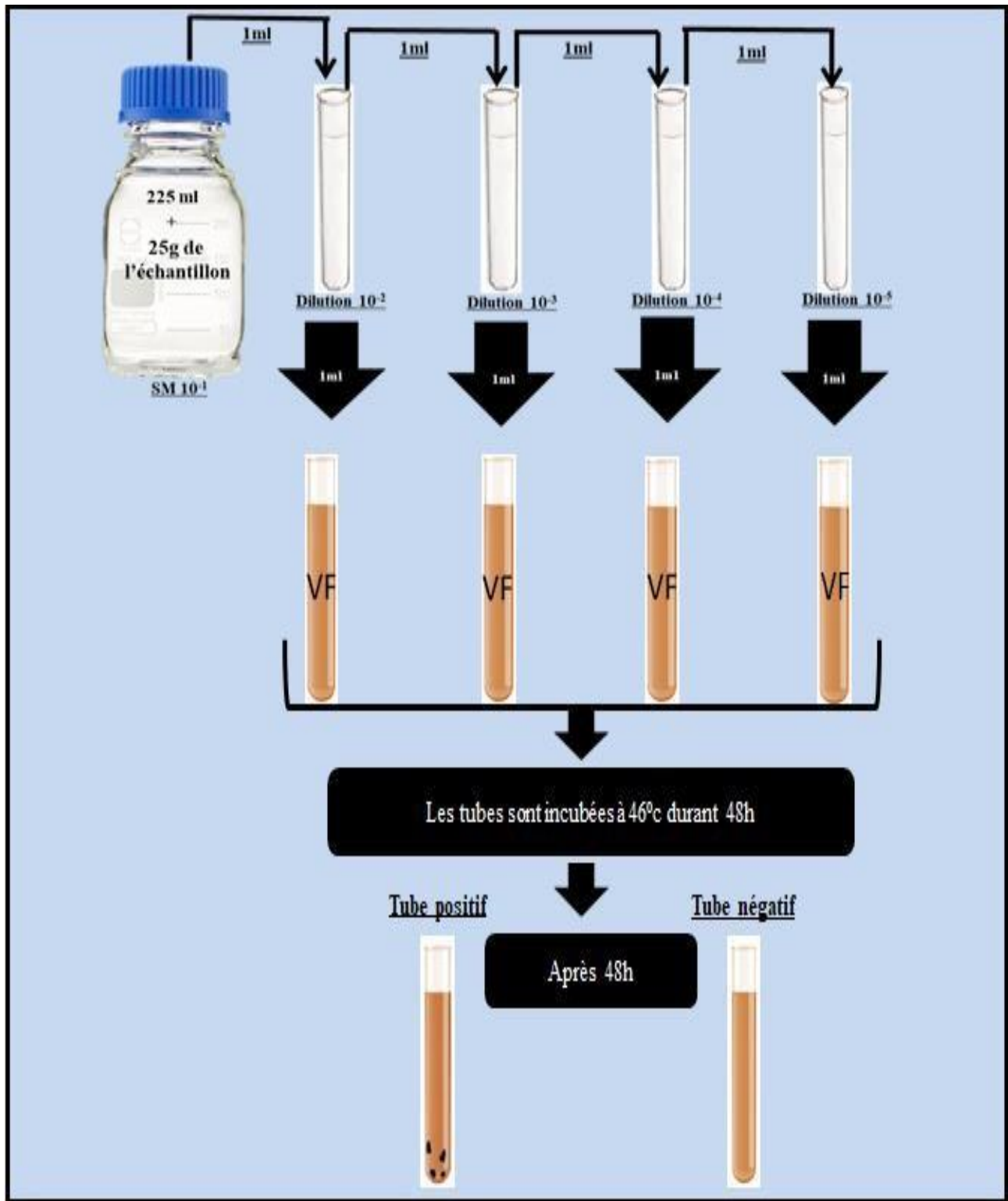


Figure n 30 : Protocole expérimental de recherche des Bactéries anaérobie Sulfito-Réductrices

(Kaabach et Berrebi, 2018)

- ✚ Le nombre des germes recherchés (FAMT, coliformes fécaux, *Staphylococcus aureus* et *Clostridium* sulfito-réducteurs) est donné par la suivante formule inspirée de la Norme XP V 08-102:

$$N = \sum c \cdot v (n_1 + 0,1 n_2) d$$

**N** = nombre de germes par gramme de viande

**C** = somme des colonies dénombrées sur toutes les boîtes retenues de deux dilutions successives et dont l'une contient au moins 15 colonies (30 colonies pour la FTAM)

**n1** = nombre de boîtes retenues à la première dilution

**n2** = nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution

**V** = volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte

**d** = concentration correspondant à la première dilution

## 6. Recherche des salmonelles :

- Mode opératoire :

La recherche de salmonella a été effectuée selon la norme NF V 08 6- 052.

- ✓ Préparation de l'échantillon :

Prélever aseptiquement 25 g de l'échantillon dans un sac de plastique et mélanger à l'aide d'un appareil de type Stomacher.

- ✓ Pré-enrichissement :

-Introduire les 25g de l'échantillon dans 225 ml d'eau peptonée tamponnée.

- Incuber le bouillon 18h à 37°C.

\*Si le pH du mélange de pré-enrichissement n'est pas entre 6,0 et 7,0 il faut l'ajuster avec du NaOH 1N ou du HCl 1N de manière aseptique.

✓ Enrichissement :

L'enrichissement est effectué sur le milieu sélectif SFB à partir du milieu de pré-enrichissement de la façon suivante :

- 100ml pour le flacon SFB double concentration : D/C.

- 10ml pour le flacon SFB simple concentration : S/C.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24h.

\* Ne pas dépasser une durée d'incubation de 24 heures en raison de la diminution de l'effet inhibiteur après les 12 premières heures, les salmonelles étant rapidement détruites au delà de cette durée lorsqu'elles se trouvent en présence de puissants compétiteurs comme les *Proteus*.

✓ Isolement sur gélose sélective :

-Chaque flacon fera l'objet d'un isolement en double (02 boîtes pour chaque flacon).

-Ensemencer en stries les bouillons d'enrichissement sur des géloses sélectives et différentielles pour isoler les salmonelles. Nous utilisons comme milieu la gélose Hektoen.

-Toutes les boîtes ainsi inoculées sont incubées à 37°C pendant 24h.

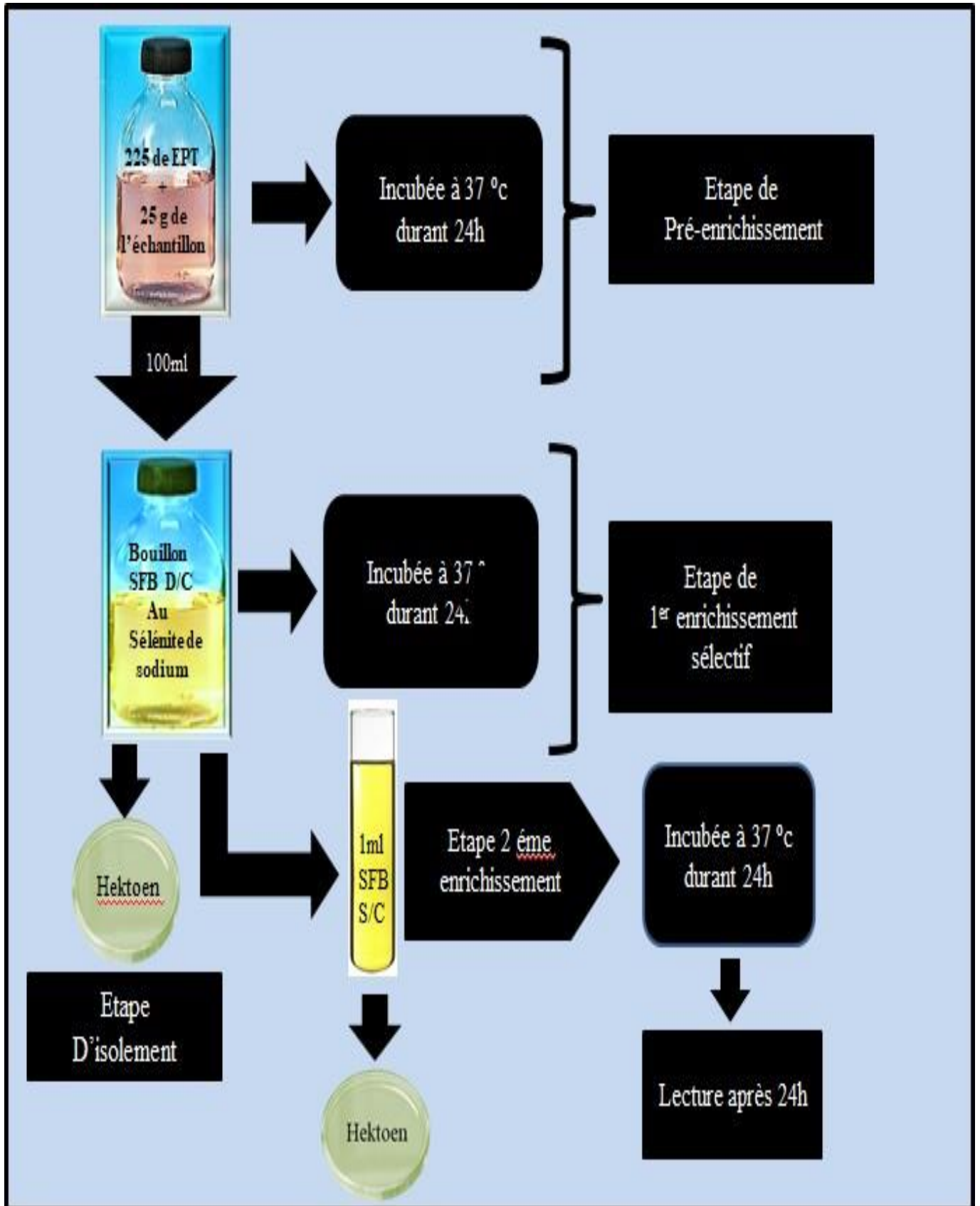


Figure n 31: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Salmonelles

(Kaabach et Berrebi, 2018)

✓ Identification par la galerie API 20E :

Elle est utilisée pour la confirmation de *Salmonella* ou de *Proteus*.

## **V. Interprétation des résultats :**

Les résultats des analyses bactériologiques sont interprétés à partir des critères microbiologiques fixés par des normes Algériennes. Ces critères d'appréciation sont définis par l'arrêté ministériel du 2 juillet 2017 publié dans le Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire N°39.



## **TP N4 Contrôle de pureté, de stabilité et de résistance d'un levain de brasserie**

### **I.Introduction**

Ces contrôles visent à démontrer l'absence de contamination par des bactéries en montrant la pureté du levain et que celui-ci correspond bien à *Saccharomyces cerevisiae*, en étudiant ses caractéristiques morphologiques et biochimiques. Une fois la souche validée, il est nécessaire de vérifier ses capacités de croissance : pour cela on déterminera ses paramètres cinétiques de croissance de façon à vérifier qu'elle est apte à se développer dans le cadre d'une bioproduction.

### **II. Protocole du travail :**

A partir d'une suspension de levain, on réalise successivement :

- un ensemencement sur gélose Sabouraud (pour vérifier la pureté de la souche),
- un ensemencement d'une galerie API 20C AUX (pour vérifier ses caractéristiques biochimiques),
- une observation au microscope optique du levain (pour vérifier ses caractéristiques morphologiques).
  
- vérification des paramètres cinétiques de croissance
- un test de résistance aux levures « killer » (pour vérifier la non sensibilité du levain aux contaminants extérieurs).

#### **2.1. Vérification de la pureté de la souche**

##### **✓ Ensemencement sur gélose Sabouraud :**

L'ensemencement est réalisé par isolement sur un milieu gélosé en boîte de Pétri.

✓ **Observation macroscopique :**

L'observation macroscopique des colonies montre la présence d'un seul type de colonies présentant les caractéristiques suivantes : couleur blanchâtre et aspect bombé et crémeux. Sur gélose Sabouraud, ces caractères sont représentatifs des levures. De plus, une odeur de levures de brasserie et/ou de boulanger confirme l'analyse. La souche est pure.

✓ **Observation microscopique**

L'observation microscopique du levain montre la présence de cellules de forme ovoïde avec des bourgeonnements. Ces deux éléments montrent respectivement qu'il s'agit de levures et qu'elles sont dans une dynamique de croissance.

✓ **Ensemencement d'une galerie API 20C AUX**

La galerie API 20C AUX constitue un outil permettant de vérifier l'identité d'une levure en étudiant ses caractères biochimiques.

La lecture des différents tests ( + : culture possible en présence du glucide, - : incapacité de la souche à se développer uniquement avec ce glucide) permettent d'obtenir un profil, dont les résultats, une fois exploités sur une base de données permettent d'obtenir la correspondance avec le nom du levain.

Exemple de résultats obtenus à l'aide de la base de données en ligne Apiweb :



API

API 20 C AUX

API 20 C AUX V4.0 [Impression](#) [Export](#) [Nouveau test](#) [Modification](#)

REFERENCE	DATE
Levain de brasserie	30/05/12
COMMENTAIRE	

BONNE IDENTIFICATION	
Galerie	API 20 C AUX V4.0
Profil	2040032
Note(s)	ID.NON VALIDE AVANT 72 H D'INCUBATION !

Taxons significatif(s)	% ID	T	Test(s) à l'encontre
------------------------	------	---	----------------------

Figure n 32 : Résultats obtenus à l'aide de la base de données en ligne Apiweb (<https://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spip.php?article602>)

Le résultat obtenu confirme qu'il s'agit effectivement de la souche *Saccharomyces cerevisiae* avec une bonne fiabilité de l'identification (98,7%) et une bonne typicité (T=1) de la souche (c'est à dire une bonne correspondance entre le profil de notre souche et le profil théorique connu pour cette souche).

## 2.2. Vérification des paramètres cinétiques de croissance :

Le contrôle des paramètres cinétiques de la souche de levure décongelée, constitue une étape importante pour l'industriel. En effet, pour lui assurer des rendements convenables, le levain

doit présenter un temps de génération convenable (le temps de génération est le temps nécessaire pour doubler le nombre de levures lors de leur croissance). On réalisera donc une étude complète de la croissance du levain en fermenteur.

Une cuve de fermentation (flacon Erlenmeyer) estensemencée avec *Saccharomyces cerevisiae* dans un milieu analogue à celui utilisé pour fabriquer la bière (moût de fermentation à base de malt préparé précédemment). On dénombre les levures au cours du temps au fur et à mesure de la croissance. Par exploitation graphique et des calculs, on peut alors déterminer la vitesse spécifique de croissance ( $Q_x$ ) et le temps de génération ( $G$ ).

#### 📊 Lecture des résultats

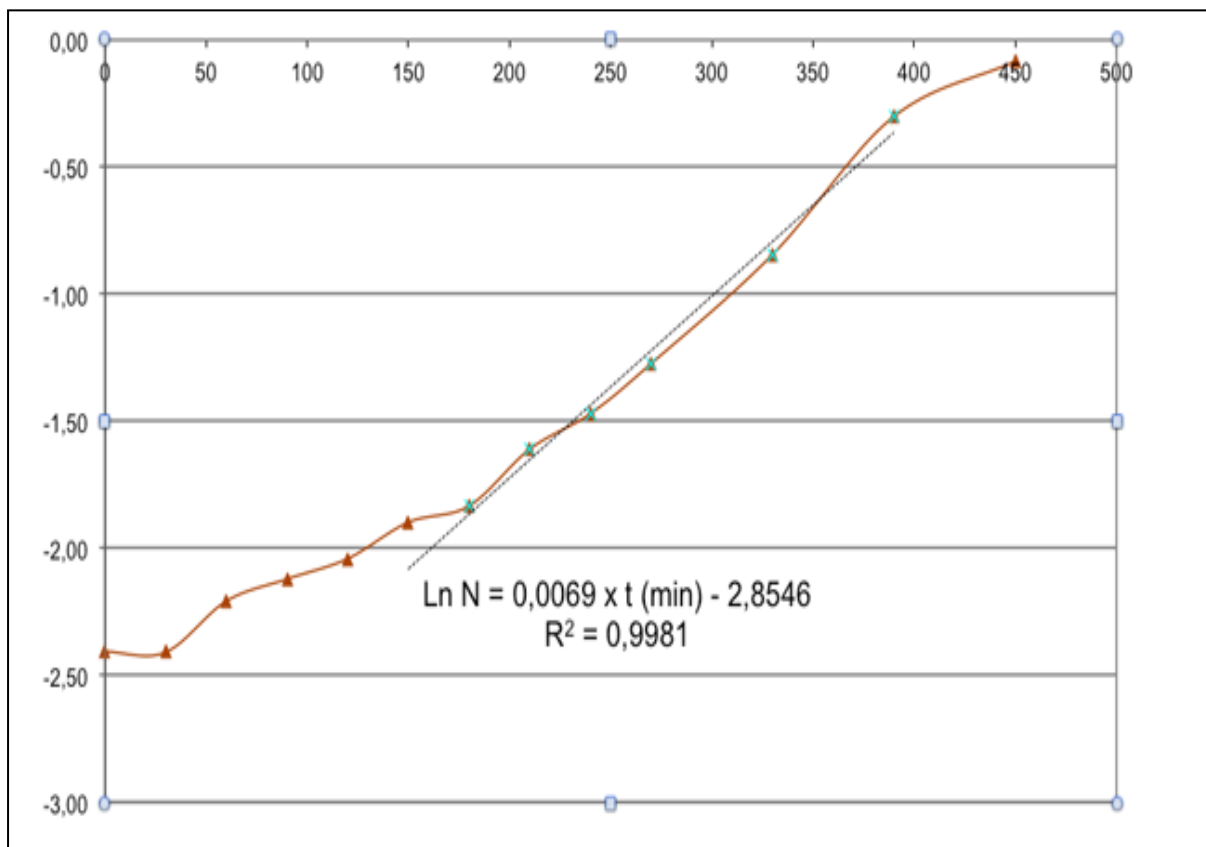


Figure n 33 : Courbe de croissance :  $\ln N$  levures/mL =  $f$  ( $t$  en minutes) (<https://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spip.php?article602>)

✚ La phase exponentielle de croissance (ici surlignée en pointillés) est la zone permettant une exploitation numérique de résultats. L'équation de la droite en phase exponentielle, nous permet de déterminer la vitesse spécifique de croissance  $Q_x$ .

Ici, après exploitation de ces résultats, on obtient :

$Q_x$  (correspondant au coefficient directeur) =  $0,0069 \text{ min}^{-1}$

soit un  $G = \ln 2 / Q_x = \ln 2 / 0,0069 = 100 \text{ min}$

✚ Notre levain présente donc un temps de génération de 100 min, c'est le temps qu'il met pour doubler sa population. Ce temps de génération est satisfaisant au regard des exigences de productivité.

### **2.3.Vérification de la sensibilité aux levures « killer »**

Les levains de brasserie peut-être soumis à diverses contaminations extérieures, notamment par des levures dites « killer » qui peuvent détruire les levains et ainsi nuire à une bioproduction.

Les levures de brasserie peuvent être classées en 3 catégories :

- ✓ les levures « killer » qui libèrent une toxine pouvant détruire les autres levures,
- ✓ les levures « sensibles » qui sont tuées par cette toxine,
- ✓ les levures « neutres » qui ne produisent pas de toxine et qui y sont indifférentes.

Le protocole consiste à mettre en présence sur milieu gélosé, le levain à étudier avec d'une part une souche test reconnue sensible, et d'autre part une souche reconnue « killer ».

Le protocole est résumé dans le logigramme ci-dessous :

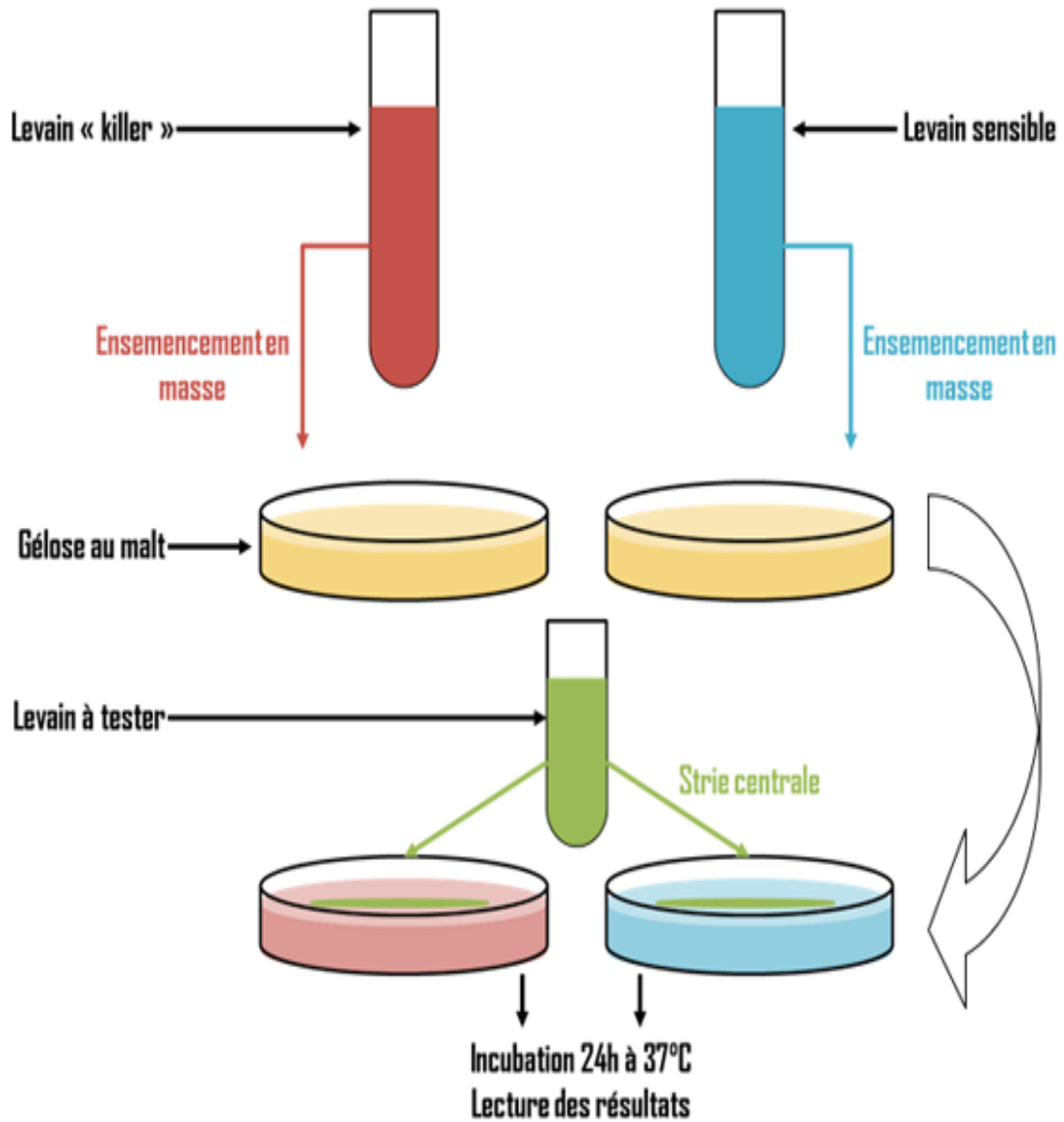


Figure n 34 : Protocole de vérification de la sensibilité aux levures « killer » (<https://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spip.php?article602>)

**✚ Lecture des résultats:**

Les résultats des deux tests figurent ci-dessous :

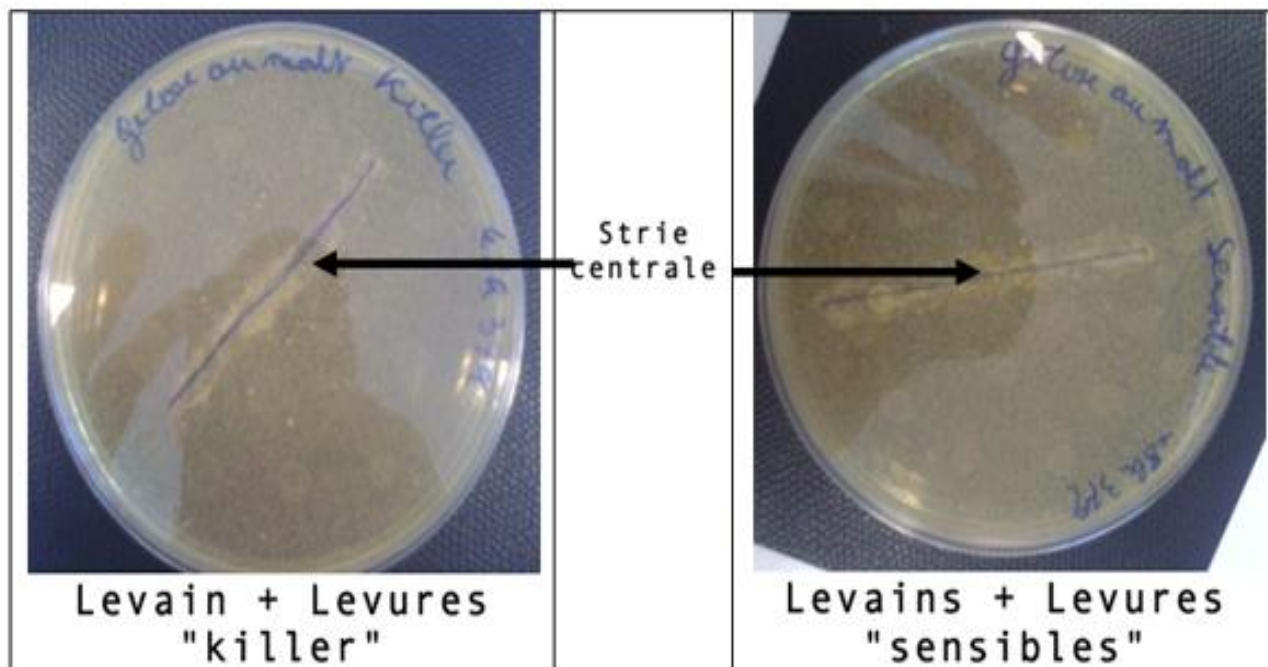


Figure n 35: Test de sensibilité aux levures (Killer) (<https://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spip.php?article602>)

**Levain** + **Levures** « killer » :

-La souche « killer » s'est développée normalement sur l'ensemble de la gélose, elle a donc libérée ses toxines. Notre levain, déposé sur la strie centrale, s'est aussi développé. Notre levain n'est donc pas sensible.

- Levain + Levures « sensibles » :

Le levain sur la strie centrale s'est développé normalement, tout comme les levures « sensibles ». La croissance des levures "sensibles n'a pas été inhibée par une quelconque toxine. Notre levain ne produit donc pas de toxine.

### **III. Conclusion :**

**-Les paramètres cinétiques du levain étudié sont convenables et permettront d'obtenir un rendement de production convenable pour la brasserie.**

**-Le levain de brasserie est « neutre » : il est donc très intéressant pour la réalisation de la bioproduction car sera résistant aux contaminations extérieures par les levures killer.**



# Références bibliographiques

## Références bibliographiques

### A

1-Anhalt J.P. et Fenselau C. Identification of bacteria using mass spectrometry . Anal Chem. 1975;47 : 219.–225.

### B

2-Baillet C. TP Spectrophotométrie.doc -  
[https://eduscol.education.fr/rnchimie/phys/baillet/06/tp\\_spectro.pdf](https://eduscol.education.fr/rnchimie/phys/baillet/06/tp_spectro.pdf)

3-Bensalah A.2010. Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de lait cru et diagnostique de brucellose et mammites dans la région de Tlemcen en Algérie. Memoire d'ingenioraté ,université Abou Bekr Belkaid

4-Berne. F, Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP, 1972, 207p.

5- Bessede E , Angla-Gre M , Delagarde Y , *et al.* MALDI Biotyper, experience in the routine of a unversity hospital . Clin Microbiol Infect. 2011; 17 :533.–538.

6-Bouafia R. et Djerrab L. 2016.Contribution à l'étude de la qualité bactériologique de la viande de poulet de chair (cas de l'abattoir avicole de Hamadi krouma). Memoire de master, université du 20 aout 1955-Skikda

7- Bonnefoy C., Guillet F., Leyral G et Verne-Bourdais E., 2002.Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaire ,Doin ,Aquitaine ,pp83

8-Bousseboua H., 2005. Élément de microbiologie, 2ème éd, édition compus-club, Algérie, p 282-284

9-Broch-Microbiological-Testing-SM-4017-F[1].PDF.[http://www.vep-dz.com /images/products/ milieux-de-cultures/Broch\\_Microbiological\\_Testing\\_SM-4017-f%5B1%5D.pdf](http://www.vep-dz.com/images/products/milieux-de-cultures/Broch_Microbiological_Testing_SM-4017-f%5B1%5D.pdf)

### C

10-Catalogue des normes algériennes. Institut Algérien de Normalisation.  
[http://ianor.dz/Site\\_IANOR/Catalogue.php?id=8](http://ianor.dz/Site_IANOR/Catalogue.php?id=8)

11-Carbonnelle É et Nassif X. 2011.Utilisation en routine du MALDI-TOF-MS pour l'identification des pathogènes en microbiologie médicale. Med Sci (Paris). 27(10): 882–888.

12-Craplet C., 1966.La viande de bovins, de l'étable à l'assiette du consommateur, 2eme édition Vigot frère, Paris159.

13-CUQ J.-L. Microbiologie alimentaire. Contrôle microbiologique des aliments – Manuel technique.

Polytech Département STIA. 2007.

[https://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books\\_4610\\_0.pdf](https://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_4610_0.pdf)

## D

14-Drieux H., Ferrandor R.et Jacquot R., 1961. Caractéristiques alimentaires de la viande de boucherie, technique systématique de l'inspection des viandes de boucherie. Paris. 408.

## E

15-Equipe Queboise de Santé Porcine (EQSP). Protocole d'échantillonnage d'ingrédients et d'aliments destinés à la consommation des porcs pour la détection de nouveaux coronavirus entériques porcins.2014. [https://www.agrireseau.net/documents/Document\\_88824.pdf](https://www.agrireseau.net/documents/Document_88824.pdf)

## F

Bio

16-Fanny D. – BTS Analyses & Contrôles.

<http://fdanieau.free.fr/cours/bts/A2/microbiologie/TP/Plan2-3classes.pdf>

17-Faradji-Hamma S. Techniques de contrôle microbiologique des aliments. Université

Abderrahmane Mira de Béjaïa

18-FCD-Critères microbiologiques applicables à partir de 2020 aux marques de distributeurs, marques premiers prix et matières premières dans leur conditionnement initial industriel

[http://www.fcd.fr/media/filer\\_public/37/fd/37fd2d16-85a6-4059-acc4-](http://www.fcd.fr/media/filer_public/37/fd/37fd2d16-85a6-4059-acc4-c876bc023dc4/fcd_criteres_microbiologiques_2020_produits_ls_mp_vdef_15112019.pdf)

[c876bc023dc4/fcd\\_criteres\\_microbiologiques\\_2020\\_produits\\_ls\\_mp\\_vdef\\_15112019.pdf](http://www.fcd.fr/media/filer_public/37/fd/37fd2d16-85a6-4059-acc4-c876bc023dc4/fcd_criteres_microbiologiques_2020_produits_ls_mp_vdef_15112019.pdf)

## G

19-Garry P. La congélation des produits modifie-t-elle les résultats d'analyses microbiologiques ? Bulletin de liaison du CTSCCV / vol.12 N° 3/2002.

## J

20-JORA, 1998. Journal Officiel de la République Algérienne, N°35.

21- JORA, 2017. Journal Officiel de la République Algérienne N39

22-JORA, 2004. Journal Officiel de la République Algérienne N° 32

## K

23-Kaabach Y. et Berrebi A. 2018. Contribution à l'étude de la qualité bactériologique du cachir. mémoire de master. université du 20 aout 1955-Skikda

## L

24-Laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires. Techniques de prelevement des echantillons pour l'analyse microbiologique des aliments et de l'eau. 2017. LEAA-REF-MIC-540.

25-Leyral. G., Ronnefoy. C. et Guillet. F. Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 2002, 245p

## M

26-Moreda R. Technique de denombrement l'hematimetre de malassez : numeration directe  
2013. Lycee docteur lacroix – narbonne -

## N

27-Naimi M. Cahier technique - 2 : Techniques de contrôle microbiologiques. Centre  
Universitaire Nour Bachir - El-Bayadh

## O

28-OMS (Organisation mondiale de santé), 1994. Protection et amélioration de la qualité de  
l'eau. 2eme édition. Volume 1. Genève:18.

29-Rodier J., Boiovin C., Biovin M., Brieu, M., Durif F., Roy J. and Prin-Allez L. (ed) 2009.  
Analysis of water, Natural waters, Residual waters, Marine waters. 8<sup>Th</sup> edition, Dunod, Paris.

## S

30-Seng P. , Drancourt M. , Gouriet F. , *et al.* Ongoing revolution in bacteriology : routine  
identification of bacteria by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass  
spectrometry . Clin Infect Dis. 2009; ; 49 : :543.–551.

## T

31-Teyssou R., Hance P., Nicand E., Nizou J.Y. et Buisson Y. Les infections à *Bacillus cereus*: bactériologie, clinique et traitement. La Lettre de l'Infectiologue - Tome XIII - n° 3 -  
mars 1998. <https://www.edimark.fr/Front/frontpost/getfiles/9830.pdf>

32-Toraille C., 1994. Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. Renc Rech. Ruminants. 276

### SITES WEB

33-<http://fdanieau.free.fr/cours/bts/A2/microbiologie/TP/RechercheListeria.pdf> 33-

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Cytom%C3%A9trie\\_en\\_flux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cytom%C3%A9trie_en_flux)

34-<https://www.aquaportail.com/definition-10718-spectrophotometrie.html>

[fr.wikipedia.org/wiki/Galerie\\_API](fr.wikipedia.org/wiki/Galerie_API)

35-<https://fr.wikipedia.org/wiki/MALDI-TOF>

36-[https://fr.wikipedia.org/wiki/Organisation\\_internationale\\_de\\_normalisation#cite\\_note-1](https://fr.wikipedia.org/wiki/Organisation_internationale_de_normalisation#cite_note-1)

37- [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Laboratoire/Tech\\_prelevements-echantillons-analyse-microbiologique-aliments-eau.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Laboratoire/Tech_prelevements-echantillons-analyse-microbiologique-aliments-eau.pdf)

38- [https://www.grosseron.com/ecouvillon-sterile\\_56-423-1-903-1-585.html](https://www.grosseron.com/ecouvillon-sterile_56-423-1-903-1-585.html)

39- <http://www.technobio.fr/2014/11/methode-de-denombrement-des-micro-organismes-en-milieu-liquide-methode-dite-du-nombre-le-plus-probable.html>

40- <https://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spip.php?article602>

<http://www.perrin33.com/tbma/comptages-ufc.html>

42- [https://www.hygielim.com/boite-contact-gelosee\\_70-919-1-1789-1-5018.html](https://www.hygielim.com/boite-contact-gelosee_70-919-1-1789-1-5018.html)

43- <https://www.hellopro.fr/tarriere-pour-prelevement-fromage-et-beurre-170-mm-2000202-2315204-produit.html>

44- <https://puppy-party.info/cellule-de-malassez-78/>

45- <https://devenirpatissier.fr/notion-haccp/>

46- <https://www.ladromelaboratoire.fr/domaines-dexpertises/eau-et-environnement/microbiologie>

47- <https://sms-bse-bgb.discip.ac-caen.fr/spip.php?article602>

# **Annexes**

**Annexe1 : Composition des milieux de culture**

**Plate Count Agar (PCA) :**

- Peptone de caséine .....5g
- Extrait de levure.....2,5g
- glucose ..... 1g
- Agar ..... 18g
- Eau distillée ..... 1000ml

-pH: 7.0 ; Autoclaver 15 min à 121°C

**Gélose VRBL (gélose Lactosée Biliée au cristal Violé et au Rouge neutre):**

- Peptone de viande .....7 g
- Extrait de levure.....3g
- Lactose.....10g
- Sels biliaires.....2g
- Chlorure de sodium.....5g
- Rouge neutre.....0,03 g
- Cristal violet..... 18g
- Agar. .... 12g
- Eau distillée... ..... 1000 m

-pH du milieu : 7,3 ; Autoclaver 15 min à 121°C



**Milieu Roth**

- peptone.....20,0 g
- Glucose .....5,0 g
- Azide .....0,2 g
- NaCl .....5,0 g
- Hydrogénophosphate de potassium ..... 2,7 g
- Dihydrogénophosphate de potassium ..... 2,7 g

pH = 6,8

**Milieux Chapman**

- Extrait de viande de boeuf ..... 5g
- Peptone ..... 10g
- Chlorure de sodium.....75g
- Mannitol..... 10g
- Rouge de phénol ..... 25g
- Agar ..... 15g
- Eau distillée..... 1000ml

-pH : 7.5 ;Autoclaver 15min à 120°C

**Milieu Giolitti Cantoni**

-Tryptone..... 10g

-Extrait de levure.....5g

-Extrait de viande .....5g

Chlorure de sodium .....5g

-Chlorure de lithium.....5g

-Mannitol.....20g

-Glycine..... 1.2g

-Pyruvate de sodium..... 3g

**Bouillon SFB S/C(sélénite acide de sodium):**

- Peptone... ..... 5 g

- Tryptone.....5g

- Mannitol.....4g

- Phosphate disodique ..... 4g

- L-cystine ..... 0,2 g

- Eau distillée ..... 1000 ml

-pH du milieu:  $7,0 \pm 0,2$ , Autoclaver 15 min à 120°C

**Annexe 2: Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation (NA 6360-1992)  
Paramètres bactériologiques**

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration max. admissible	Observations
<b>1- Eau traitée à l'entrée du réseau</b>				
<b>Coliformes fécaux</b>	Nbre/100ml	-	0	Turbidité (1NTU), pour la désinfection au chlore, il est préférable que le pH=6,8
<b>Coliformes</b>	Nbre/100ml	-	0	Chlore libre résiduel 2,2 à 0,5mg/l après 30Mn (minimum) de contact
<b>2- Eau de boisson en bouteille</b>				
<b>Coliformes fécaux</b>	Nbre/100ml	-	0	La source doit être exempte de contaminant fécal
<b>Coliformes</b>	Nbre/100ml	-	0	
<b>3- Eau potable de source</b>				
<b>Coliformes fécaux</b>	Nbre/100ml	-	0	Avertir la population de javelliser ou faire bouillir l'eau au cas où l'on n'arrive pas à respecter les valeurs indicatives
<b>Coliformes</b>	Nbre/100ml	-	0	
<b>Germes totaux 37°C /48h</b>	Nbre/ lml	10	-	Pour une eau traitée le dénombrement des «germes totaux effectué à l'extrémité réseau de distribution ne doit pas excéder le taux obtenu en début de réseau dans 90% des échantillons analysés au cours de l'année
<b>22°C/72h</b>	Nbre/ lml	100	-	
<b>Streptocoques Streptocoques fécaux</b>	Nbre/100ml	-	0 0	-
<b>Clostridium sulfite réducteurs</b>	Nbre/20ml	-	0	

**MINISTERE DU COMMERCE**

**Arrêté du 12 Rabie Ethani 1439 correspondant au 31 décembre 2017 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique des viandes et des produits carnés.**

-----

Le ministre du commerce,

Vu le décret présidentiel n° 17-243 du 25 Dhou El Kaâda 1438 correspondant au 17 août 2017 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, relatif au contrôle de la qualité et à la répression des fraudes ;

Vu le décret exécutif n° 02-453 du 17 Chaoual 1423 correspondant au 21 décembre 2002 fixant les attributions du ministre du commerce ;

Vu le décret exécutif n° 13-328 du 20 Dhou El Kaâda 1434 correspondant au 26 septembre 2013 fixant les conditions et les modalités d'agrément des laboratoires au titre de la protection du consommateur et de la répression des fraudes ;

Vu le décret exécutif n° 15-172 du 8 Ramadhan 1436 correspondant au 25 juin 2015 fixant les conditions et les modalités applicables en matière des spécifications microbiologiques des denrées alimentaires ;

Vu le décret exécutif n° 17-62 du 10 Jomada El Oula 1438 correspondant au 7 février 2017 relatif aux conditions et aux caractéristiques d'apposition de marquage de conformité aux règlements techniques ainsi que les procédures de certification de conformité ;

Vu l'arrêté interministériel du 13 Chaâbane 1420 correspondant au 21 novembre 1999 relatif aux températures et procédés de conservation par réfrigération, congélation ou surgélation des denrées alimentaires ;

Vu l'arrêté du 24 Rabie Ethani 1421 correspondant au 26 juillet 2000, modifié et complété, relatif aux règles applicables à la composition et à la mise à la consommation des produits carnés cuits ;

Vu l'arrêté du 28 Rajab 1435 correspondant au 28 mai 2014 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique ;

Vu l'arrêté du 22 Dhou El Kaâda 1437 correspondant au 25 août 2016 rendant obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique des produits autres que les produits laitiers, les produits carnés et les produits de la pêche ;

**Arrête :**

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 19 du décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, susvisé, le présent arrêté a pour objet de rendre obligatoire la méthode de préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique des viandes et des produits carnés.

Art. 2. — Pour la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique des viandes et des produits carnés, les laboratoires du contrôle de la qualité et de la répression des fraudes et les laboratoires agréés à cet effet doivent employer la méthode jointe en annexe du présent arrêté.

Cette méthode doit être utilisée par le laboratoire lorsqu'une expertise est ordonnée.

Art. 3. — Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 12 Rabie Ethani 1439 correspondant au 31 décembre 2017.

Mohamed BENMERADI.

-----

**ANNEXE**

**METHODE DE PREPARATION  
DES ECHANTILLONS, DE LA SUSPENSION MERE  
ET DES DILUTIONS DECIMALES EN VUE  
DE L'EXAMEN MICROBIOLOGIQUE  
DES VIANDES ET DES PRODUITS CARNES**

**1. Domaine d'application :**

Cette méthode spécifie des règles pour la préparation des échantillons de viandes et des produits carnés et leur mise en suspension en vue de l'examen microbiologique.

Elle s'applique aux viandes fraîches, crues et transformées, aux volailles, aux gibiers et leurs produits suivants :

- réfrigérés ou congelés ;
- salés ou fermentés ;
- hachés ou finement hachés ;
- préparations à base de viande ;
- viandes séparées mécaniquement ;
- viandes cuisinées ;
- viandes séchées et fumées à divers degrés de déshydratation ;
- extraits de viandes concentrés ;
- échantillons de carcasses excisées et écouvillons issus de carcasses.

Cette méthode exclut le prélèvement de carcasses et la préparation d'échantillons au stade de production primaire.

## 2. Objectif de l'analyse :

L'objectif de l'analyse microbiologique des viandes consiste à rechercher et/ou à dénombrer :

- la flore microbienne en profondeur d'échantillons ;
- la flore microbienne en surface ;
- la flore microbienne globale (surface et profondeur).

## 3. Termes et définitions :

Pour les besoins de la présente méthode, les termes et les définitions prévus par la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur, s'appliquent ainsi que ce qui suit :

### 3.1 Bloc, gros morceau, découpe de viande :

Echantillon dont la texture et les dimensions (surface et épaisseur) permettent de prélever en profondeur une prise d'essai dans des conditions aseptiques satisfaisantes.

### 3.2 Copeau de viande :

Echantillon de viande congelée résultant d'une découpe poussée d'un prélèvement en surface.

### 3.3 Fragment de viande :

Echantillon prélevé au cœur du morceau choisi pour l'essai à l'aide d'une perceuse électrique ou d'une chignole.

### 3.4 Tranche de viande :

Découpe de viande épaisse de quelques centimètres et dont les deux faces sont plus ou moins parallèles.

### 3.5 Parure de viande :

Déchet de découpe de viande issue de carcasses ou de plus gros morceaux de viande.

## 4. PRINCIPE :

Le principe général relatif à la préparation des échantillons et aux étapes ultérieures est détaillé dans la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

## 5. DILUANTS :

La préparation des diluants d'emploi général et pour les besoins particuliers doit s'effectuer conformément à la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

## 6. Appareillage :

Matériel courant de laboratoire de microbiologie d'emploi général et, en particulier, ce qui suit :

**6.1 Equipement de cautérisation de la surface des viandes**, par exemple lampe à souder à gaz portable.

**6.2 Gabarit pour prélèvement en surface**, cadre métallique ou en plastique de dimensions appropriées permettant la délimitation de la surface à prélever, stérilisé par autoclavage ou immersion dans de l'alcool à 70 % (V/V) et flambage.

Un exemple de gabarit de prélèvement des échantillons en surface est fixé au niveau du schéma indiqué à la fin de la présente méthode.

Certaines spores pouvant survivre au flambage, il est recommandé d'utiliser un gabarit métallique préalablement stérilisé lors de l'analyse de micro-organismes sporulés.

## 7. Prélèvement des échantillons :

### 7.1 Généralités :

Effectuer le prélèvement conformément aux exigences fixées par la méthode spécifique du produit concerné.

L'échantillon doit être réellement représentatif, non endommagé ou modifié lors du transport et de l'entreposage.

### 7.2 Types d'échantillons généraux pour laboratoire :

Les techniques de manipulation des types d'échantillons généraux pouvant être soumis à l'analyse, notamment les produits congelés, durs et secs, liquides et non visqueux, ainsi que les produits hétérogènes, sont détaillées dans la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

### 7.3 Types d'échantillons spécifiques pour laboratoire :

La viande et les produits carnés peuvent inclure les types suivants :

- unités de viande ou produits carnés, préparés ou transformés, de dimensions diverses ;
- découpes de viande prélevées d'unités de viande plus grosses ;
- grosses découpes de viande prélevées de carcasses ;
- copeaux ou fragments prélevés de blocs congelés ;
- abats de différentes espèces ;
- spécialités asiatiques telles que pattes de poulet et de canard.

L'état physique des échantillons peut varier en fonction des facteurs suivants :

- la température, pour des produits non congelés, congelés ou surgelés ;
- l'activité de l'eau ( $a_w$ ), pour des produits qui sont en l'état, ou des produits carnés à teneur intermédiaire en eau dans lesquels la croissance microbienne est inhibée par une faible activité de l'eau ( $a_w$ ).

## **8. Préparation des échantillons :**

### **8.1 Généralités :**

Toutes les préparations et les manipulations doivent être effectuées selon des techniques aseptiques à l'aide d'un équipement stérile.

La préparation des échantillons doit tenir compte de l'objectif de l'analyse (point 2) et de la nature de l'échantillon.

### **8.2 Cas général des produits acides :**

La préparation des échantillons des produits acides (pH compris entre 3,5 et 4,5) doit s'effectuer conformément à la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

### **8.3 Produits à haute teneur en matière grasse (plus de 20 % de matière grasse sur la masse totale) :**

La préparation des échantillons des produits à haute teneur en matière grasse doit s'effectuer conformément à la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

## **9. Modes opératoires spécifiques :**

### **9.1 Préparation de la suspension mère (dilution initiale) des différents types d'échantillons :**

Cette préparation ne s'applique qu'aux échantillons destinés à la recherche ou au dénombrement de la flore microbienne globale (surface et profondeur).

#### **9.1.1 Echantillon pour laboratoire d'une masse égale ou inférieure à 50 g :**

Si la masse de l'échantillon est inférieure ou égale à 50 g, utiliser tout l'échantillon pour la préparation de la suspension mère.

#### **9.1.2 Blocs, gros morceaux, découpes de viande :**

Pour les découpes de viande, prélever la prise d'essai en profondeur et/ou à la surface et préparer la suspension mère.

#### **9.1.3 Tranches ou morceaux de viande ou de viande cuisinée :**

Prélever des languettes au milieu des tranches ou des morceaux pour la préparation de la suspension mère.

#### **9.1.4 Fragments, copeaux et parures de viande :**

Homogénéiser soigneusement avant de constituer la prise d'essai pour la préparation de la suspension mère.

#### **9.1.5 Produits carnés sous boyau (saucisses) :**

En cas de boyau non comestible (synthétique), désinfecter les saucisses cuites ou crues au point d'incision en nettoyant la surface avec de l'alcool à 70 % (fraction volumique) ou en cautérisant à la lampe à souder (6.1) ; enlever la peau par arrachage avec des pinces stériles. Trancher et couper les saucisses en petits morceaux avant de les homogénéiser.

Ne pas enlever les boyaux comestibles des saucisses crues mais les trancher et les homogénéiser y compris la peau.

#### **9.1.6 Viandes cuisinées :**

Dans le cas des viandes cuisinées conditionnées, ouvrir le conditionnement conformément à (9.2) et préparer des prises d'essai comme pour le cas des produits crus.

#### **9.1.7 Pattes de poulet et de canard :**

A l'aide de ciseaux stériles, couper plusieurs unités de pattes de poulet ou de canard (incluant toutes les parties), le long des articulations, en plus petits morceaux. Mélanger et peser la prise d'essai dans un sac en plastique stérile taré.

Pour obtenir une suspension mère au 1 dans 10, ajouter neuf fois sa masse d'un diluant approprié et ce, conformément à la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

Malaxer à la main pendant 1 min. à 2 min.

### **9.2 Mode opératoire pour les produits préemballés :**

La préparation des échantillons de produits préemballés, doit s'effectuer conformément à la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

### **9.3 Mode opératoire pour les produits non congelés :**

#### **9.3.1 Préparation d'échantillons prélevés en profondeur :**

Ces prises d'essai sont utilisées pour analyser uniquement les tissus profonds. Le prélèvement est effectué après cautérisation de la surface. Pour les découpes de viande (présentées avec la peau), retirer préalablement une surface appropriée de peau à l'aide de pinces et de scalpels.

Si l'échantillon est conditionné, le sortir dans des conditions d'asepsie et le placer sur un plateau stérile. Avec un scalpel ou un couteau stérile, éliminer une couche superficielle de 2 mm à 5 mm d'épaisseur sur une zone d'environ 5 cm x 5 cm à l'aide d'une lampe à souder (6.1), cautériser la zone exposée jusqu'à carbonisation de la surface dégagée. Au moyen d'un autre couteau ou scalpel stérile, retirer une couche d'environ 4 cm x 4 cm de la surface carbonisée sur 1 cm d'épaisseur. En utilisant des pinces et des scalpels stériles, prélever la prise d'essai requise de la surface exposée et la placer dans un récipient ou un sac en plastique stérile taré.

Pour obtenir une suspension mère au 1 dans 10, peser la prise d'essai et ajouter neuf fois sa masse d'un diluant approprié et ce, conformément à la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

### **9.3.2 Préparation d'échantillons prélevés à la surface de la viande (technique par excision/destructive) :**

Les échantillons sont prélevés sans cautériser la surface exposée.

Si elle est conditionnée, il peut être nécessaire de sortir la viande dans des conditions d'asepsie et de la placer sur un plateau stérile avec la surface d'essai au-dessus. Utiliser un gabarit (6.2) stérilisé ou désinfecté et l'appliquer sur la surface désignée (schéma indiqué à la fin de la présente méthode).

A l'aide d'un scalpel stérile, inciser le long des bords internes du gabarit (6.2). Utiliser ensuite des pinces stériles pour soulever la prise d'essai, découper la surface délimitée à une profondeur de 2 mm à 3 mm et placer les morceaux dans un récipient ou un sac en plastique stérile taré.

Pour obtenir une suspension mère au 1 dans 10, peser la prise d'essai et ajouter neuf fois sa masse d'un diluant approprié et ce, conformément à la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

Pour ces prélèvements en surface, il convient d'enregistrer à quoi correspond la dilution initiale. Par exemple, à partir d'un échantillon de 25 cm<sup>2</sup> de surface, dilué dans un volume total de 100 ml de diluant, 1 ml de cette suspension mère représente 0,25 cm<sup>2</sup>.

### **9.3.3 Préparation d'échantillons à partir de tranches individuelles :**

Les échantillons sont prélevés sans cautériser la surface exposée.

Si elle est conditionnée, il peut être nécessaire de sortir la viande dans des conditions d'asepsie et de la placer sur un plateau stérile avec la surface d'essai au-dessus.

A l'aide d'une pince et d'un scalpel stériles, découper une bande de 1cm de largeur au centre de la plus grande longueur. Couper la bande en petits morceaux et les placer dans un récipient ou un sac en plastique stérile taré.

Pour obtenir une suspension mère au 1 dans 10, peser la prise d'essai et ajouter neuf fois sa masse d'un diluant approprié et ce, conformément à la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

### **9.3.4 Préparation d'échantillons de carcasses :**

Les modes opératoires de prélèvement de carcasses d'animaux récemment abattus sont donnés dans la méthode de prélèvement d'échantillons sur des carcasses en vue de leur analyse microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur, le cas échéant par les normes reconnues.

### **9.4 Préparation d'échantillons de produits congelés :**

Les modes opératoires de manipulation des petits échantillons de tous types par décongélation avant prélèvement ainsi que ceux relatifs au prélèvement de plus gros blocs de viande et produits carnés sans décongélation préliminaire sont indiqués dans la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

### **9.5 Préparation d'échantillons de viande et d'extraits de viande séchés ou partiellement déshydratés :**

Les modes opératoires relatifs aux produits séchés et partiellement déshydratés sont fixés dans la méthode de prélèvement d'échantillons sur des carcasses en vue de leur analyse microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur, le cas échéant par des normes reconnues.

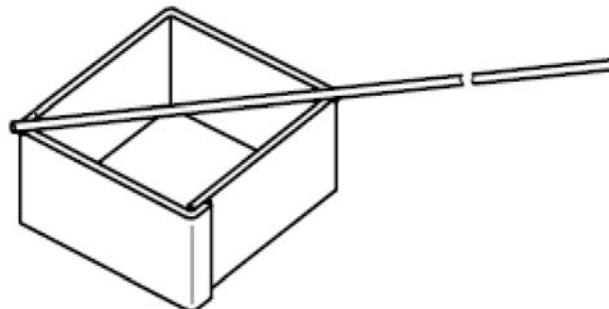
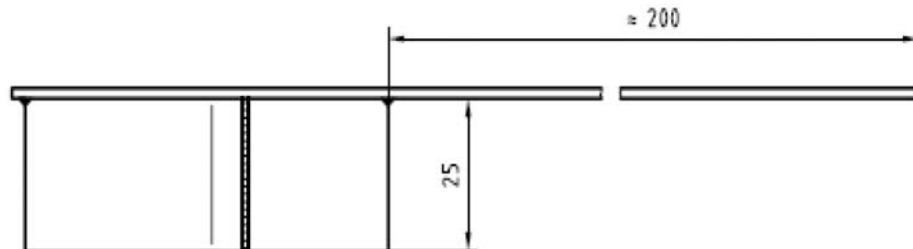
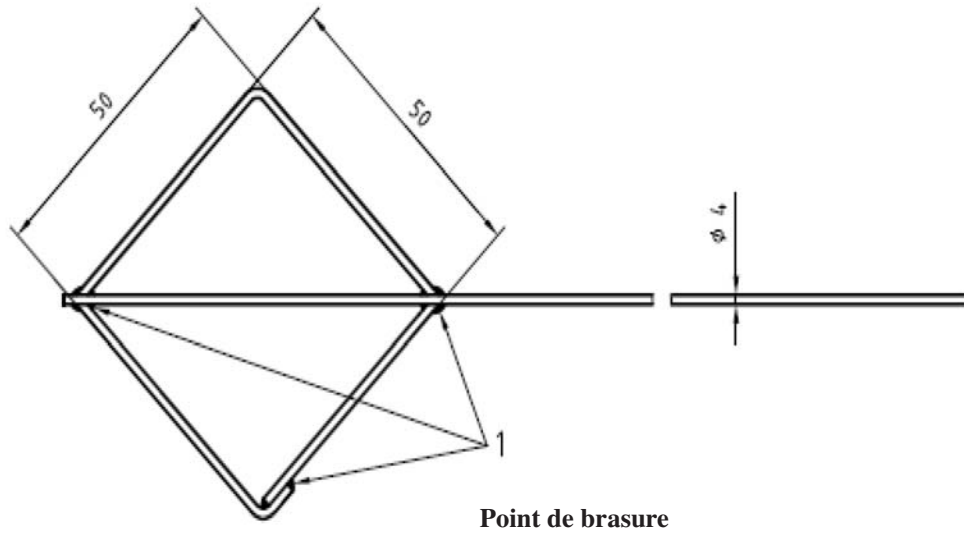
### **9.6 Préparation d'échantillons prélevés en surface (écouvillons et autres dispositifs) :**

Le prélèvement non destructif de carcasses avec des écouvillons ou d'autres dispositifs, doit s'effectuer conformément à la méthode de prélèvement d'échantillons sur des carcasses en vue de leur analyse microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur, le cas échéant par des normes reconnues.

### **10. Dilutions :**

Préparer les dilutions qui suivent conformément à la méthode d'analyse relative à la préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique, fixée par la réglementation en vigueur.

Schéma : Exemple de gabarit de délimitation  
d'une zone de prélèvement en surface



Le dispositif peut être constitué des matériaux suivants :

- **cadre** : feuille en acier inoxydable de 3/10 mm d'épaisseur ;
- **manche** : tige cylindrique en acier inoxydable de 4 mm de diamètre.