الجمهوريــة الجزائريــة الديمقراطيــة الشعبية

République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلم ي

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université de Guelma 8 mai 1945

Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et l'univers

Domaine : SNV

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

Département : Écologie et génie de l'environnement

Etat des lieux du risque microbiologique au niveau de la région de Guelma : performance et innovation

Mémoire soumis en exécution partielle des exigences du Master

Prépare par :

Bouzaoui nesrine

Zaalani soundous

Devant le jury :

Dr. Ramdani K.	**Président**	**Université 8 mai 1945 Guelma**
Pr. Bara M.	**Encadreur**	**Université 8 mai 1945 Guelma**
Dr. Rouabhia K.	**Examinateur**	**Université 8 mai 1945 Guelma**

2024/2025

Dédicace

Au début de ce travail, et en reconnaissance envers ceux qui ont eu une influence profonde à chaque étape de mon parcours, j'adresse mes plus sincères remerciements et ma plus profonde gratitude à tous ceux qui ont été un soutien dans mon cheminement scientifique et humain.

Je dédie ce travail tout d'abord :

À Dieu, le Tout-Puissant, dont la lumière m'a guidée, dont la grâce m'a soutenue, et dont l'aide m'a permis d'arriver jusqu'ici.

Et mon encadreur Bara Mouslium pour sa bienveillance ses consiel éclaires et son accompagnement précieux tout au long de ce chemin.

À ma chère mère, source inépuisable d'amour, âme généreuse qui m'a donné la vie deux fois : une fois en m'enfanter, une autre en m'élevant, me couvrant de ses prières et de son amour. À mon cher père, cet homme de qui j'ai appris la patience, la force et la persévérance… Que tu restes à jamais ma fierté.

À mes frères et sœurs :

À ton âme pure, Amina ma grande sœur ma vie, et NourElhouda que Dieu te couvre de Sa miséricorde et t'accorde Sa vaste demeure au paradis. Tu resteras toujours présente dans mon cœur, avec tout mon amour et ma nostalgie.

À Mohamed, mon frère si cher, ainsi qu'à ma petite famille, toujours au plus profond de mon cœur.

À mon tendre époux, compagnon de l'âme et de route, couronne sur ma tête et pilier de ma vie, dont la présence fut un don inestimable… Merci pour ta patience, ton amour et ta fidélité.

À la joie de ma vie, le battement de mes jours, mes deux chers enfants : Yanis et Alice. Vous êtes la plus belle part de ma vie, la véritable définition de l'espoir. À tous ceux qui m'ont entourée depuis l'enfance : ma tante, mon oncle et leurs enfants. Vous êtes l'extension de ma famille et la chaleur de mes souvenirs. À mes précieuses compagnes de route, celles qui ont partagé avec moi la fatigue des études, les rires des cafés et le stress des examens Yousra, Sophia, Rana, Jihane, Soundas, Hadil, Amina, Vous êtes une partie inoubliable de ce voyage, À mes chers collègues, qui ont fait du travail en groupe une source d'apprentissage et de plaisir, merci pour cet esprit de collaboration et d'amitié qui nous a unis.

Et je remercie becauque mon a vie et mon mari Akram pour la motivation et la force.

À mon estimé encadrant, qui n'a jamais hésité à m'offrir conseils, accompagnement et savoir, je vous adresse ma plus profonde reconnaissance.

Nesrine

Dédicace

À celle qui a semé en mon cœur la force, et versé dans mon âme la patience, à celle dont les prières me parvenaient avant même mes mots, à ma chère mère, tu es la tendresse dans les moments difficiles, la lumière dans l'obscurité. Chaque mot de ce mémoire a été écrit grâce à tes prières, chaque réussite porte ton empreinte. A toi seule, je m'incline avec gratitude et t'offre ce travail comme gage d'un amour incommensurable.

Et mon encadreur Bara Mouslium pour sa bienveillance ses consiel éclaires et son accompagnement précieux tout au long de ce chemin.

À mon cher père malgré tout ce qui nous sépare, tu restes en moi mon premier modèle, ton nom est gravé au plus profond de mon être. De toi, j'ai appris mes premiers pas, et c'est de toi que j'ai hérité la persévérance. J'espère que ces mots te parviendront et que tu sauras à quel point je t'en suis reconnaissant, même dans ton silence. À ma chère grand-mère, au grand cœur et aux douces prières, qui m'a toujours entouré de son amour et de sa patience, je te dédie tout mon amour et mes vœux de longue vie et de santé. À mon unique oncle, toujours présent dans ma vie, je suis fier de toi et t'adresse toute ma gratitude pour ton affection et ton soutien constant. À mes chères tantes, compagnes de ma mère et brises de tendresse dans ma vie, à vous toutes, ma reconnaissance sincère et mon amour profond. À mes chères sœurs : Salma, Iman, Hiba, Alaa, Lina, et Sujoud, zainbe vous êtes la plus belle moitié de ma vie. Merci pour vos rires réconfortants et votre soutien indéfectible. Chaque moment de fatigue a été allégé par votre souvenir. Aux petites fleurs de la famille, mes chers neveux et nièce :

Abdelmouhaimin, Abdeljalil,, et Saja, votre présence emplit ma vie de joie. Je vous souhaite un avenir radieux à l'image de votre innocence. À mes amis qui ont partagé avec moi le chemin du savoir, les rires des études et la lourdeur des jours : Amina, Hadil, Yasmine, Nesrine, sofai, Ayoub, Zinedine, et Wail, vous occupez une place dans ce travail et chaque instant vécu ensemble, dans la fatigue ou la joie, laisse une empreinte inoubliable. Vous avez été, et êtes toujours, la compagnie fidèle, qui rend le chemin, si long soit-il, plus doux à parcourir. À tous mes honorables enseignants qui m'ont soutenu, je vous adresse mes plus profonds remerciements et mon respect. Vous avez été la lumière qui m'a guidé, et le repère qui m'a donné confiance en moi. Du fond du cœur, merci. À tous ceux qui ont traversé ma vie et y ont laissé une empreinte, à ceux qui ont cru en moi, m'ont encouragé et renforcé, ce travail est le fruit d'un labeur qui ne serait complet sans vous.

:

Soundous

Remerciements

Tous d’abord on remercie Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté de Mener à bien notre étude.

On souhaite ainsi, remercier tous les membres de notre jury et solliciter toute leur bienveillance. Monsieur Rouabhia K. de l’université de Guelma (président) et monsieur Ramdani K. de l’université de Guelma (examinateur). On espère, par ce modeste travail, attirer leur attention, afin qu'ils puissent par leurs expériences, conseils et critiques, combler nos lacunes.

On tient à remercier notre encadreur monsieur Bara mouslim (université de Guelma) pour ses conseils et son suivie.

Enfin, on remercie toutes les personnes, qui de prés ou de loin nous ont aidé à réaliser ce projet.

A toutes et A tous un grand Merci …

Résumé

Cette étude, réalisée dans la région de Guelma (Northe de Algérie), évalue le risque microbiologique lié à la consommation de trois matrices alimentaires (eau / lait / viande). Notre démarche expérimentale vise le circuits non conventionnel (marché de rue, ventre sur route et distribution informelle). Une double approche a été adoptée : des analyses bactériologiques pour détecter la présence de bactéries indicatrices et pathogènes, et une enquête par questionnaire pour évaluer la perception du risque. Les résultats révèlent une contamination fréquente de ces aliments, avec la présence de bactéries pathogènes dans plusieurs échantillons. Parallèlement, l'enquête montre une faible perception du danger microbiologique chez la population locale. L'étude souligne l'importance d'une meilleure surveillance sanitaire, d'une sensibilisation accrue des consommateurs et d'un renforcement des mesures d'hygiène, notamment dans les circuits informels de distribution. L'étude met en lumière la nécessité d'améliorer la surveillance sanitaire, de renforcer les mesures d'hygiène, et d'intensifier la sensibilisation des consommateurs, surtout dans les circuits informels de distribution alimentaire. Surtout que la majorité des participants disent s'approvisionner en eau (de source ou de citerne), de lait de vache direct du producteur et de viande dans les marchés de rue pour raison financière. Alors que 29% ont souffert d'un problème lié à la consommation de ces matrices alimentaires. Ainsi, nous proposons une gestion plus efficace pour réduire les intoxications alimentaires, qui restent un problème de santé publique important en Algérie, notamment dans les zones où les contrôles sont insuffisants.

Mots clés : Guelma, consommation, matrice alimentaire, risque microbiologique, santé publique, sensibilisation.

Abstract

This study, conducted in the Guelma region (Algeria), assesses the microbiological risk associated with the consumption of three food items (water / milk / meat). Our experimental approach targets non-conventional distribution channels (street markets, roadside vendors, and informal distribution). A multiapproach was adopted (1) bacteriological analyses to detect the presence of indicator and pathogenic bacteria, and (2) a questionnaire survey to assess risk perception. Our results reveal frequent contamination of these food items, with pathogenic bacteria present in several samples. At the same time, the survey shows a low perception of microbiological hazards among the local population. The study highlights the importance of better health monitoring, increased consumer awareness, and the strengthening of hygiene measures, particularly in informal distribution channels The study emphasizes the need to improve sanitary surveillance, enhance hygiene practices, and intensify consumer education—especially in informal food supply circuits. This is particularly relevant as the majority of participants report sourcing water (from water sources or tanks), cow's milk directly from producers, and meat from street markets due to financial reasons. Furthermore, 29% of respondents reported having experienced serious issues related to the consumption of these food items. We recommended more effective management strategy to reduce foodborne illnesses, which remain a significant public health issue in Algeria, particularly in areas with insufficient regulatory control.

Keywords: awareness, consumption, food items, Guelma, microbiological risk, public health.

.

البحث

تقيّم هذه الدراسة، التي أجُريت في منطقة قالمة (الجزائر)، الخطر الميكروبيولوجي المرتبط باستهلاك ثلاث مواد غذائية (الماء / الحليب / اللحم). تستهدف مقاربتنا التجريبية قنوات التوزيع غير التقليدية (الأسواق العشوائية، البيع على الطرقات
،والتوزيع غير الرسمي). وقد تم اعتماد نهج مزدوج: تحاليل بكتريولوجية للكشف عن وجود البكتيريا الدالة والممرضة، واستبيان لتقييم إدراك السكان للمخاطر.
كشفت النتائج عن تلوث متكرر في هذه الأغذية، مع وجود بكتيريا ممرضة في عدة عينات. وفي المقابل، أظهر الاستبيان أن السكان المحليين لديهم إدراك ضعيف لخطر التلوث الميكروبيولوجي. وتبرُز الدراسة أهمية تعزيز الرقابة الصحية، وزيادة وعي المستهلكين، وتشديد إجراءات النظافة، خاصة في قنوات التوزيع غير الرسمية .
وتؤكد الدراسة على ضرورة تحسين المراقبة الصحية، وتعزيز إجراءات النظافة، وتكثيف جهود التوعية لدى المستهلكين ،لا سيما في سلاسل التوزيع غير الرسمية. ويكتسب ذلك أهمية خاصة بالنظر إلى أن غالبية المشاركين أفادوا بأنهم يحصلون على المياه (من الينابيع أو الصهاريج)، وعلى الحليب مباشرة من منتجي الأبقار، وعلى اللحوم من الأسواق العشوائية لأسباب مالية. كما صرّح 29% منهم أنهم عانوا من مشكلات صحية مرتبطة باستهلاك هذه المواد الغذائية .
وبناءً على ذلك، نقترح اعتماد استراتيجية إدارة أكثر فاعلية للحد من حالات التسمم الغذائي، والتي لا تزال تمثل مشكلة صحية عامة كبيرة في الجزائر، خاصة في المناطق التي تفتقر إلى الرقابة الكافية.
الكلمات المفتاحية: الاستهلاك، قالمة، مصفوفة غذائية، الخطر الميكروبيولوجي، الصحة العامة، التوعية.

Liste des abréviations

- **ASR :** Anaérobies sulfito-réducteurs
- **BCPL** : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol
- **CF** : Coliformes fécaux
- **CT** : Coliformes totaux
- **D/C** : Double concentration
- **EPAI** : eau peptone exempte d indole
- **NPP** : Nombre le plus probable
- **OMS** : Organisation mondiale de santé
- **S/C** : Simple concentration
- **SF** : Streptocoques fécaux
- **SS** : Salmonella Shigella
- **T** : Température moyennes annuelles
- **UFC** : Unité formant colonie
- **UFC/ml** : Unité formant colonie par millimètre
- **VF** : Viande Foie

Liste des figures

Figure	Titre	Pages
1	Protocol de quantification des coliformes totaux et fécaux dans les trois matrices alimentaires	13
2	Protocol de quantification des streptocoque fécaux dans les trois matrices alimentaires	14
3	Protocol de quantification des spores des ASR dans les trois matrices alimentaires	15
4	Pourcentage des réponses selon le genre de la région de Guelma	17
5	Pourcentage des réponses selon l'âge de la région de Guelma	17
6	Pourcentage des réponses selon les maladies de la région de Guelma	18
7	Pourcentage des réponses selon les maladies de la région de Guelma	18
8	Pourcentage des réponses selon les sources d'approvisionnement de la région de Guelma	19
9	Pourcentage des réponses selon le lieu d'Achate du lait de la région de Guelma	19
10	Pourcentage des réponses selon le lieu d'Achate de la viande de la région de Guelma	19
11	Pourcentage des réponses selon perception du prix de la région de Guelma	20
12	Pourcentage des réponses selon les sources suspectées de la maladie de la région de Guelma	20
13	Pourcentage des réponses selon traitements de la maladie de la région de Guelma	21
14	Pourcentage des réponses selon le risque microbiologique de le lait (route) de la région de Guelma	21
15	Pourcentage des réponses selon le risque microbiologique de l eau (citerne)de la région de Guelma	22
16	Pourcentage des réponses selon le risque microbiologique de la viande (marché) de la région de Guelma	22
17	Pourcentage des réponses selon l'estimation de degré de risque microbiologique (faible, modéré, forte) de la région de Guelma	22

18	Pourcentage des réponses selon la mesure préventive contre le risque microbiologique de la région de Guelma	23
19	Variation du nombre totaux dans les trois matrices au niveau de la région de Guelma	24
20	Variations du nombre de coliformes fécaux dans les trois matrices au niveau de la région de Guelma	25
21	Quelques photos des résultats de la croissance des coliformes	25
22	Variations du nombre de streptocoque fécaux dans les trois matrices au niveau de la région de Guelma	26
23	Quelques photos des résultats de la croissance des streptocoques fécaux	26
24	Variations du nombre d'anaérobie sulfito réducteur dans les trois matrices au niveau de la région de Guelma	27
25	. Quelques photos des résultats de la croissance de ASR	27
26	Quelques photos des résultats de la croissance de des bactéries dans les milieux sélectifs	28
27	Quelques photos des résultats de la coloration de Gram	29
28	Quelques photos des résultats de L'API système	30

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Pages
1	1 Liste des souches bactériennes isolés à partir des matrices alimentaires 26 au niveau de la région de Guelma	29

Table des matières		Page
Dédicaces		
Remerciements		
Liste des abréviations		
Liste des figures		
Liste des tableaux		
Résumés		
Introduction		1
Chapitre 1 : Rappel Bibliographique		
Les microorganismes véhiculés par l eau		5
Les microorganismes véhiculés par le viande		6
Les microorganismes véhiculés par le lait		7
Chapitre 2 : Matériel et Méthodes		
1.	Objectif de l'étude	10
2.	Matrices d'échantillonnage	10
3.	Zone d'étude	11
4.	Modalité et Fréquences d'échantillonnage	11
5.	Questionnaire sur terrain	11
6.	Plan expérimentale	12
6.1	Quantification de la pollution biologique	12
6.1.1	Quantification de la pollution biologique par colométrie	12
6.1.2	Quantification de la pollution biologique par streptométrie	13
6.1.3	Quantification des anaérobies sulfito_Réducteurs	14
6.2	Recherche qualitative des germes pathogènes	15
Chapitre 3 : Résultats et Discussion		
1	Analyse de la perception des consommateurs au risque microbiologique	17
1.1	Genre, Age, Scolarité et antécédents médicales des participants	17
1.2	Sources d'approvisionnement	18
1.3	Motifs « comportement consommateurs » et Motivation	19
1.4	Incidences liées aux trois matrices alimentaires	20
1.5	Évaluation du risque microbiologique (ERM)	21
1.6	Mesures de prévention au risque microbiologique	23
2.	Évaluation quantitative du risque microbiologique	24
2.1Évaluation des coliformes totaux		24
2.2Évaluation des coliformes fécaux		25
2.3	Évaluation des streptocoques fécaux	25
2.4	Évaluation des Anaérobies Sulfito Réducteurs	26
3.	Évaluation qualitative du risque microbiologique	27
3.1	Caractérisation macroscopique des colonies	27
3.1.1	Matrice alimentaire <<lait>>	27
3.1.2	Matrice alimentaire <<Eau>>	28
3.1.3	Matrice alimentaire<<viande>>	28
3.2	Caractérisation microscopique par coloration de Gram	28
3.3	Caractérisation biochimique des souches par API système	29

Discussion	31
Conclusion	36
Références bibliographiques	/

Introduction

Introduction :

La sécurité alimentaire est essentielle pour la santé publique et représente un enjeu crucial dans la vie quotidienne des individus, notamment dans un contexte où les choix alimentaires ont un impact direct sur la nutrition, le bien-être et le savoir-faire des consommateurs (CIRAD, 2002).

Parmi les menaces les plus préoccupantes pour la santé humaine figurent les risques microbiens, qui affectent la qualité des aliments consommés. À cet égard, la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) et l'OMS (Organisation mondiale de la santé) ont établi des programmes normatifs visant à évaluer, gérer et communiquer sur les risques alimentaires microbiens. Ces programmes reposent sur trois étapes fondamentales : l'évaluation des risques, la gestion des risques et la communication sur les risques. Leur objectif est de limiter la propagation des intoxications alimentaires d'origine microbienne (CIRAD, 2002).

L'évaluation du risque microbiologique est une discipline relativement récente et en constante évolution. Bien que les analyses dans ce domaine se multiplient, le nombre d'articles scientifiques reste limité aux recherches systématiques portant sur la présence ou l'absence d'un pathogène (CIRAD, 2002).

Les perspectives nécessitent la standardisation pour faciliter les échanges internationaux et garantir une gestion des risques plus efficace. Toutefois, malgré l'existence de règles et de contrôles rigoureux, la confiance des consommateurs dans la sécurité des aliments à tendance à diminuer, phénomène souvent désigné sous le terme « effet Boomerang ». Selon ce concept développé par le sociologue Jean-Pierre Poulain, plus les discours sur la sécurité et la qualité des aliments sont insistants, plus l'inquiétude des consommateurs grandit (CIRAD, 2002).

Les comportements alimentaires des consommateurs sont influencés par de multiples critères, allant au-delà de la simple sécurité alimentaire. Ils incluent des aspects financiers, traditionnels, culturels, éthiques, et sociaux. On peut inclure des aspects de tradition, culture, éthiques, social et financier. La compréhension du risque est essentielle pour comprendre comment les consommateurs réagissent aux dangers potentiels. Les études montrent que les consommateurs conscients sont souvent influencés par des considérations de confort, de disponibilité des produits et de respect de valeurs stricte des aliments alimentaire.

Un plan pour comprendre ces perceptions et de renforcer la transparence et la communication autour de la sécurité alimentaire est fortement recommandé (Pierrine, 2019).

Il existe certains aliments essentiels pour le consommateur, mais sont très sensibles aux variations du milieu, d'où leur conservation implique des mesures et des stratégies complexes. On cite le cas de trois aliments indispensables au quotidien du consommateurs (eau, lait, viande).

Les méthodes, mesures et stratégies appliquées à la chaîne conventionnelle sont multiples. Parmi elles, on peut citer la chloration, la surveillance microbiologique, le traitement UHT, la pasteurisation et la chaîne du froid. Ces pratiques contribuent à protéger la santé publique contre le risque microbiologique (Pierrine, 2019).

Une question s'impose : *le marché informel, les sources non conventionnelles et les méthodes non contrôlées d'approvisionnement en aliments indispensables présentent-ils un risque microbiologique pour le consommateur ?*

Les microorganismes pathogènes présents dans l'eau sont essentiellement d'origine fécale. Leur présence est principalement due aux activités anthropiques, telles que les rejets d'eaux usées, les activités industrielles et les eaux pluviales (Delhalle et al 2008). De nombreuses études scientifiques rapportent le risque microbiologique lié à la consommation d'eau non traitée. Les bactéries incriminées sont celles résultant de la pollution fécale humaine (coliformes) ou animale (streptocoques). On note aussi : les cyanobactéries, *Legionella*, *Aeromonas*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Burkholderia pseudomallei* (Baudrat et Paniel, 2014).

Les germes totaux et fécaux sont majoritairement présents dans le lait cru. La consommation du lait non traité qui provient d'une source non conventionnelle représente un risque microbiologique. Le lait peut aussi véhiculer les spores des bactéries butyriques pathogènes [1]. Plusieurs bactéries peuvent êtres véhiculés par les aliments crus. Les trois matrices alimentaires eau, lait et viandes sont une source de contamination microbiologique pour le consommateur. Ces matrices représentent un risque microbiologique dans le cas non conventionnel. Les bactéries à forte représentation dans ces matrices sont : les staphylocoques, les streptocoques, les entérobactéries et colibacilles, les Salmonelles, les Listéria et Escherichia coli (Adogoni et al 2021).

La viande est probablement la première source responsable d'une grande proportion des cas constatés due à *Salmonella* sp (Adogoni et al 2021). Les Campylobacter et *Yersinia enterocolitica* sont aussi véhiculé par la viande mais dose infectieuse faible par rapport à Salmonella. E. Coli reste la bactérie la plus incriminé dans le risque microbiologique. Cette

bactérie est véhiculée par la majeurs parties des matrices alimentaires surtout dans le cas d'une pollution fécale (Adogoni et al 2021).

« *Quelle(s) sont les bactéries potentiellement véhiculées par l'eau, le lait et la viande ? Peuton parler d'un risque microbiologique réel ? Comment peut-on évaluer ce risque ?* ».

Suite aux accords internationaux, l'analyse du risque est devenue une démarche systématique pour la maîtrise de la sécurité alimentaire dans les pays développés (Europe et Amérique du Nord). Les parties prenantes, notamment la FAO et l'OMS, proposent chaque année des plans et des modèles pour la gestion du risque microbiologique ainsi que son évaluation quantitative. L'intérêt de trois modèles est qu'ils abordent les options de gestion du risque pour limiter la propagation d'infections d'origine alimentaire. Ils donnent également la valeur du risque final pour une population suite à la consommation des denrées concernées. Ces modèles sont des outils précieux pour les praticiens de la santé et les industries alimentaires [2].

« *Les pays en voie de développement tardent à adopter ces démarches, en raison de plusieurs facteurs limitant l'application de ces modèles. L'Algérie peut-elle appliquer ces modèles de gestion ? Peut-on affirmer qu'il existe actuellement en Algérie des stratégies d'évaluation du risque microbiologique ?* ».

Cette étude a pour objectif :

1. D'établir un état des lieux des bactéries présentes dans trois matrices alimentaires (eau, lait, viande) consommées dans la wilaya de Guelma ;
2. D'évaluer la possibilité d'un risque microbiologique lié à la consommation de ces aliments et réaliser une éventuelle évaluation quantitative ;
3. D'analyser la perception des consommateurs vis-à-vis du risque microbiologique Associé à ces trois aliments ;

Notre document sera présenté selon une structure classique, articulée en trois parties :

- ✓ La première partie exposera le contexte de l'étude à travers un état de l'art (revue de littérature).
- ✓ La deuxième partie décrira la méthodologie appliquée, incluant l'échantillonnage, le plan expérimental et l'enquête de terrain.
- ✓ La troisième partie présentera les

Chapitre 1

Rappel Bibliographique

1. Les microorganismes véhiculés par l'eau :

L'eau contaminée est un vecteur majeur de transmission de nombreuses maladies infectieuses, principalement dues à des microorganismes pathogènes d'origine fécale. Ces maladies touchent particulièrement les populations ayant un accès limité à l'eau potable et à l'assainissement (Bonnassieux & Gangneron, 2011 ; Rostant, 2022 ; Poda, 2007 ; Sanders, 2005).

- **Choléra** : Provoqué par la bactérie *Vibrio cholerae*, il se transmet par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. Il cause une diarrhée aiguë et une déshydratation rapide, pouvant être mortelle sans traitement ;

- **Fièvre typhoïde** : Due à *Salmonella typhi*, elle se propage via l'eau ou les aliments souillés par des matières fécales humaines. Les symptômes incluent fièvre élevée, douleurs abdominales et troubles digestifs ;

- **Dysenterie** : Peut être d'origine bactérienne (*Shigella*) ou amibienne (*Entamoeba histolytica*), provoquant diarrhée sanglante et douleurs abdominales ;

- **Hépatite A et E** : Ces virus se transmettent par l'eau contaminée et provoquent des inflammations du foie, avec fatigue, jaunisse et douleurs abdominales ;

- **Poliomyélite** : Le poliovirus, transmis par l'eau souillée, peut entraîner une paralysie irréversible ;

- **Giardiase** : Infection parasitaire causée par *Giardia lamblia*, présente dans l'eau contaminée, responsable de diarrhées et de troubles digestifs ;

- **Cryptosporidiose** : Due au parasite *Cryptospridium*, elle provoque des diarrhées sévères, surtout chez les immunodéprimés ;

- **Schistosomiase (bilharziose)** : Maladie parasitaire contractée lors du contact avec de l'eau douce contaminée par des larves de schistosomes ;

Diarrhées diverses : Causées par de nombreux agents pathogènes, elles sont la principale conséquence sanitaire de l'eau contaminée, particulièrement dangereuses pour les enfants.

2. Les microorganismes véhiculés par le vainde :

Les maladies transmises par la viande sont principalement causées par des microorganismes pathogènes présents dans les produits carnés contaminés (Boukhlouf & Bouzid, 2020 ; Malet, 2018 ; Tourdjman et al., 2014 ; Chourouk, 2021 ; Chaudhury, 2025). Les principaux pathogènes d'origine carnée sont :

2.1. Bactéries :

- **Salmonella** : Responsable de gastro-entérites et de fièvres typhoïdes. En 2020, 1,3 % des viandes de volaille analysées en Suisse contenaient des salmonelles ;
- **Campylobacter** : Cause majeure de diarrhées bactériennes, souvent liée à la volaille crue ;
- **Staphylococcus aureus** : Troisième cause mondiale d'intoxications alimentaires, avec des souches multirésistantes détectées dans 60 % des viandes rouges ;
- **Escherichia coli** : Souches pathogènes comme O157:H7, associées à des contaminations fécales ;
- **Listeria monocytogenes** : Particulièrement dangereuse pour les femmes enceintes et immunodéprimés ;
- **Clostridium botulinum** : Producteur de neurotoxines dans les conserves mal stérilisées.

2.2. Parasites :

• **Trichinella** : Nématode responsable de la trichinellose, contracté via la viande de porc ou de gibier insuffisamment cuite. Symptômes incluant myalgies et complications cardiaques.

3. Les microorganismes véhiculés par le lait :

La consommation de lait, en particulier lait cru ou insuffisamment traité, peut transmettre diverses maladies d'origine bactérienne, virale ou parasitaire. Le lait constitue un milieu très favorable à la croissance de nombreux microorganismes pathogènes, ce qui en fait un vecteur important de toxi-infections alimentaires et de zoonoses (Tebbah & Zebar, 2017 ; Le Loir & Lortal, 2022 ; Tourdjman et al., 2014 ; Afif, 2008 ; Baaziz & Benghodbane, 2009). Les Principales maladies transmises par le lait sont :

- **Brucellose** : Provoquée par *Brucella abortus* ou *Brucella melitensis*, elle se transmet à l'homme par la consommation de lait cru ou de produits laitiers non pasteurisés provenant d'animaux infectés. Elle provoque fièvre, sueurs, douleurs articulaires et complications chroniques ;

- **Tuberculose** : Due à *Mycobacterium bovis*, elle peut contaminer le lait des bovins infectés et provoquer chez l'homme une tuberculose extra-pulmonaire ;

- **Listériose** : Causée par *Listeria monocytogenes*, elle touche particulièrement les femmes enceintes, les personnes âgées et immunodéprimées, et peut entraîner des septicémies et des méningites ;

- **Salmonellose** : Infection gastro-intestinale provoquée par *Salmonella spp.*, fréquente après ingestion de lait ou produits laitiers contaminés ;

- **Fièvre typhoïde et paratyphoïde** : Provoquées par *Salmonella Typhi* et *Paratyphi*, elles peuvent être transmises par le lait ;

- **Colibacillose** : Certaines souches pathogènes d'*Escherichia coli* (notamment E. coli O157:H7) sont responsables de diarrhées sévères, parfois hémorragiques ;

- **Staphylococcies** : *Staphylococcus aureus* peut produire des entérotoxines résistantes à la chaleur, responsables d'intoxications alimentaires aiguës ;
- **Leptospirose** : Maladie bactérienne transmise par le lait contaminé, plus rare, mais possible ;
- **Yersiniose** : Due à *Yersinia enterocolitica*, provoquant des troubles digestifs, parfois graves ;
- **Botulisme** : Rare mais grave, causé par *Clostridium botulinum* ;
- **Bacillus cereus** : Responsable d'intoxications alimentaires par production de toxines ;
- **Entérobactéries :** *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, etc., peuvent contaminer le lait et provoquer des infections opportunistes ;
- **Levures et moisissures** : Peuvent altérer le lait, mais sont rarement responsables de maladies graves chez l'homme.

Chapitre 2

Matériel & Méthodes

1. Objectif de l'étude :

Les microorganismes sont une source de maladies pouvant évoluer en un problème de santé publique. De nombreuses études indiquent que les bactéries, les champignons microscopiques (levures et moisissures), ainsi que les protozoaires et les virus, peuvent être véhiculés par les aliments.

Le risque microbiologique n'est pas négligeable, en particulier dans les pays en voie de développement, où la consommation d'aliments constitue toujours une source potentielle de pathogènes (Verhille 2013). Trois niveaux du risque microbien sont connus dans la littérature scientifique « mineur », « modéré », « forte » (Guillier et Sanaa 2023).

Notre étude vise à évaluer le risque microbiologique en focalisant nos analyses sur les bactéries présentes dans trois matrices alimentaires essentielles (Falkinham III et al 2015, Bastam et al 2021, MorMur et Yuste 2010, Li et al 2020).

Les objectifs de cette étude sont divisés en deux axes principaux : (1) analyse systématique de trois matrices alimentaires (eau, lait, viande), (2) enquête par questionnaire auprès des consommateurs de ces trois matrices alimentaires.

Les principales bactéries recherchées sont :

1. Les coliformes totaux ;
2. Les coliformes fécaux ;
3. Les streptocoques fécaux ;
4. Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) ;
5. Les Salmonella et Shigella.

2. Matrices d'échantillonnage :

Durant notre échantillonnage, nous avons sélectionné trois types de matrices alimentaires. Ces matrices sont brutes et ne subissent aucune transformation. Nous avons choisi : l'eau (matrice 1), le lait (matrice 2) et la viande (matrice 3). La viande analysée est de type viande blanche, très consommée par la population locale.

Les raisons de ce choix sont multiples :

- Ces trois matrices sont disponibles toute l'année.
- Elles sont largement utilisées par les consommateurs dans leur alimentation quotidienne.
- Elles constituent un milieu favorable à la prolifération bactérienne et sont donc susceptibles de présenter un risque microbiologique.
- L'échantillonnage a été réalisé dans la wilaya de Guelma, une région à vocation hydrologique (présence de nombreuses sources d'eau) et agricole (production élevée de lait et de viande, élevage intensif de bovins et d'ovins).

•

3. Zone d'étude :

La wilaya de Guelma (36° 27' 43.70" N - 7° 25' 33.89" E) est une province du nord-est de l'Algérie, située à 60 km de la mer Méditerranée, à 100 km de la ville métropolitaine de Constantine et à 150 km de la frontière tunisienne (Figure 1). Elle couvre une superficie de 3.686 km² avec une population de 570.114 habitants, ce qui donne une densité de population moyenne de 155 habitants par km² en 2021 (ONS, 2017). Cette province est située au centre de la partie nord-est du pays, reliant les villes côtières du nord (Annaba et Skikda) aux villes des hauts plateaux du sud (Oum El-Bouaghi et Souk Ahras). Guelma est une région agricole par excellence, elle est constituée par de vaste terres agricoles destinées aux pâturages et la production agricoles (fruits et légumes). De plus, Guelma est la ville de l'eau (son nom viens probablement du mot Amazigh A*goulmim* qui signifie Eau), avec un potentielle hydrique souterrain important et plusieurs sources d'eau chaude ou froide utilisé par la population locale comme eau de consommation (Benmarce et al 2023).

4. Modalité et Fréquences d'échantillonnage :

Afin de limiter notre analyse aux sources potentielles de risque microbiologique (dans le cas de cette étude, bactériologique), nous avons restreint notre échantillonnage aux sources non contrôlées par la chaîne formelle, c'est-à-dire ne faisant pas l'objet de contrôles systématiques par les autorités compétentes.

- L'eau est prélevée à partir de sources sauvages non contrôlées par les autorités.
- Le lait est collecté sur la route (du producteur au consommateur).
- La viande est échantillonnée sur les marchés informels hebdomadaires de la ville de Guelma.

Pour chaque matrice, nous avons réalisé une seule analyse en raison de la disponibilité limitée des réactifs. L'augmentation de l'effort d'échantillonnage permettrait d'améliorer la pertinence de cette évaluation quantitative du risque microbiologique (EQRM).

Le questionnaire a été administré selon une méthode aléatoire. Le choix des répondants a été fait au hasard afin de mieux comprendre la perception du risque microbiologique. La population échantillonnée a été sélectionnée dans la wilaya de Guelma. L'identité des participants reste anonyme, et les questions sont posées en arabe ou en français.

5. Questionnaire sur terrain :

La conception de notre questionnaire est faite afin de bien localiser la perception des consommateurs de la ville de Guelma envers les potentialités d'un risque microbiologique due à la consommation de certains produits essentielles (eau, lait, viande). Notre questionnaire est divisé en trois sections, chaque section comporte des questions.

La section 1 consiste à voir un aperçu sur l'aspect sociale du consommateur (gendre, âge, résidence, antécédents médicale, scolarité). La section 2 consiste à voir les motivations du consommateur vers l'utilisation de ces trois matrices alimentaires. La section 3 consiste à voir des éventuels épisodes d'un risque réel microbiologique (évaluation quantitative).

Nous avons réalisé questionnaires auprès des consommateurs de la wilaya de Guelma. Le modèle du 180 questionnaire est attaché en annexe. Les réponses des consommateurs sont présentées en forme de secteur pour une bonne appréciation. On applique le test du Khi-2 pour comparer entre les classes. La signification est rapportée par rapport à α= 5%. Le test statistique est effectué à l'aide du logiciel XLSTAT (5.3.2014).

6. Plan expérimentale :

Nous avons appliqué deux méthodes de microbiologie pour évaluer le niveau du risque microbiologique (EQRM) de nos matrices alimentaires (eau, lait et viande). Notre plan expérimental consiste à faire (1) une quantification du risque par des méthodes d'évaluation de la pollution biologique des matrices alimentaires, et (2) une recherche qualitative des germes pathogènes.

6.1. Quantification de la pollution biologique :

Cette approche consiste à faire une colimétrie (quantification des coliformes totaux et les coliformes fécaux), une streptométrie (quantification des streptocoques fécaux), et une quantification des spores des anaérobie sulfito-réducteurs (ASR).

6.1.1. Quantification de la pollution biologique par colimétrie :

La méthode présomptive consiste à utiliser le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol (BCPL) en simple et double concentrations. Tous les tubes sont munis d'une cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel du gaz dans le milieu. Le test de confirmation ou test de Mac Kenzi est basé sur la recherche de coliformes fécaux (Escherichia Coli). Les tubes de BCPL Positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche ou l'eau peptonée exempte d'indole.

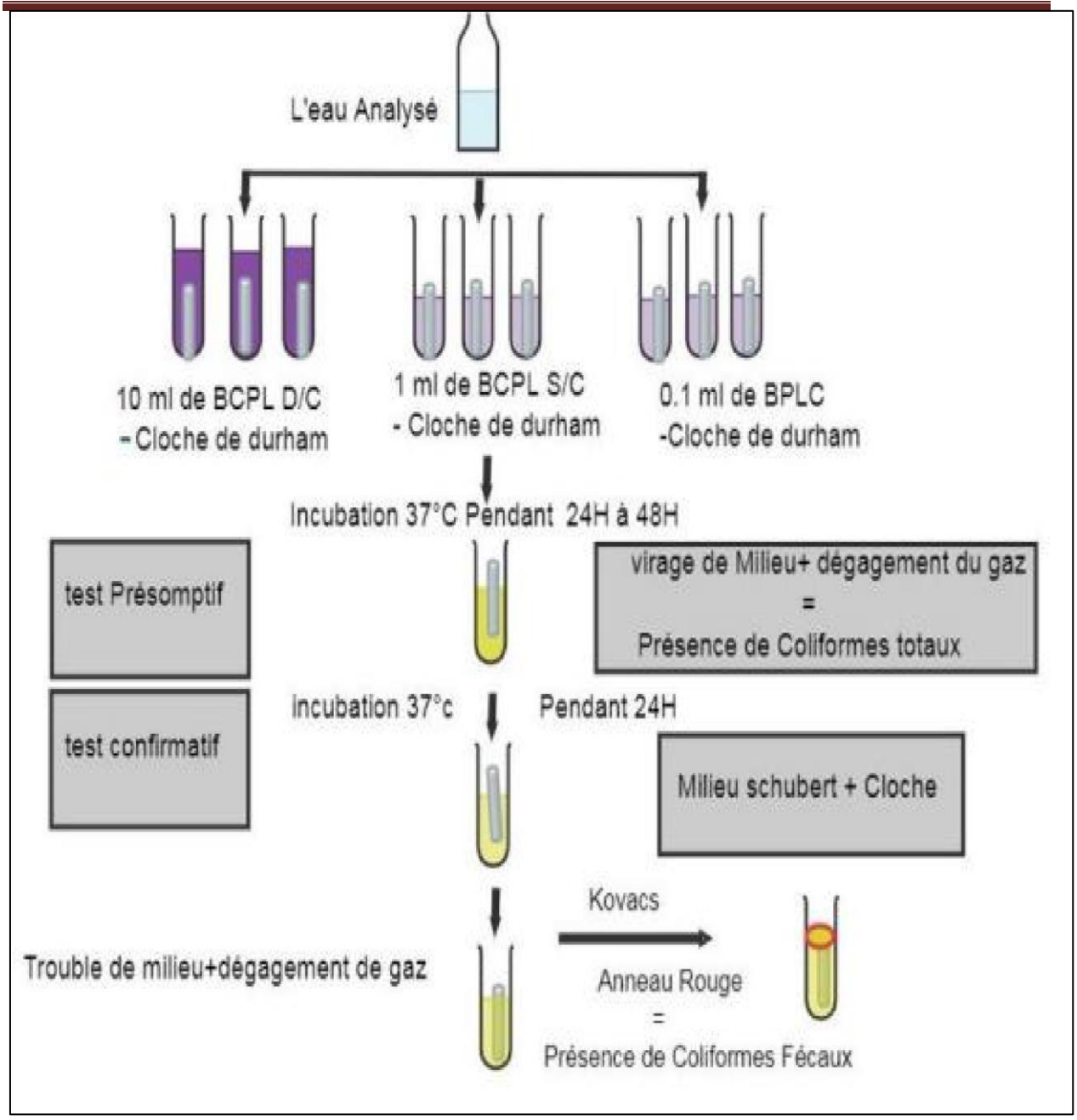

Figure 1 Protocol de quantification des coliformes totaux et fécaux dans les trois matrices alimentaires.

6.1.2. Quantification de la pollution biologique par streptométrie :

La méthode de présomption consiste à utiliser le milieu Roth et le milieu Eva-Litsky en cas d'obtention d'un résultat positif dans le premier test. Ensemencement de trois séries (3 ou 5 dilutions) de tubes contenant le milieu de Rothe. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant un trouble microbien accompagné d'un virage de couleur du milieu qui confirme la présence des streptocoques fécaux.

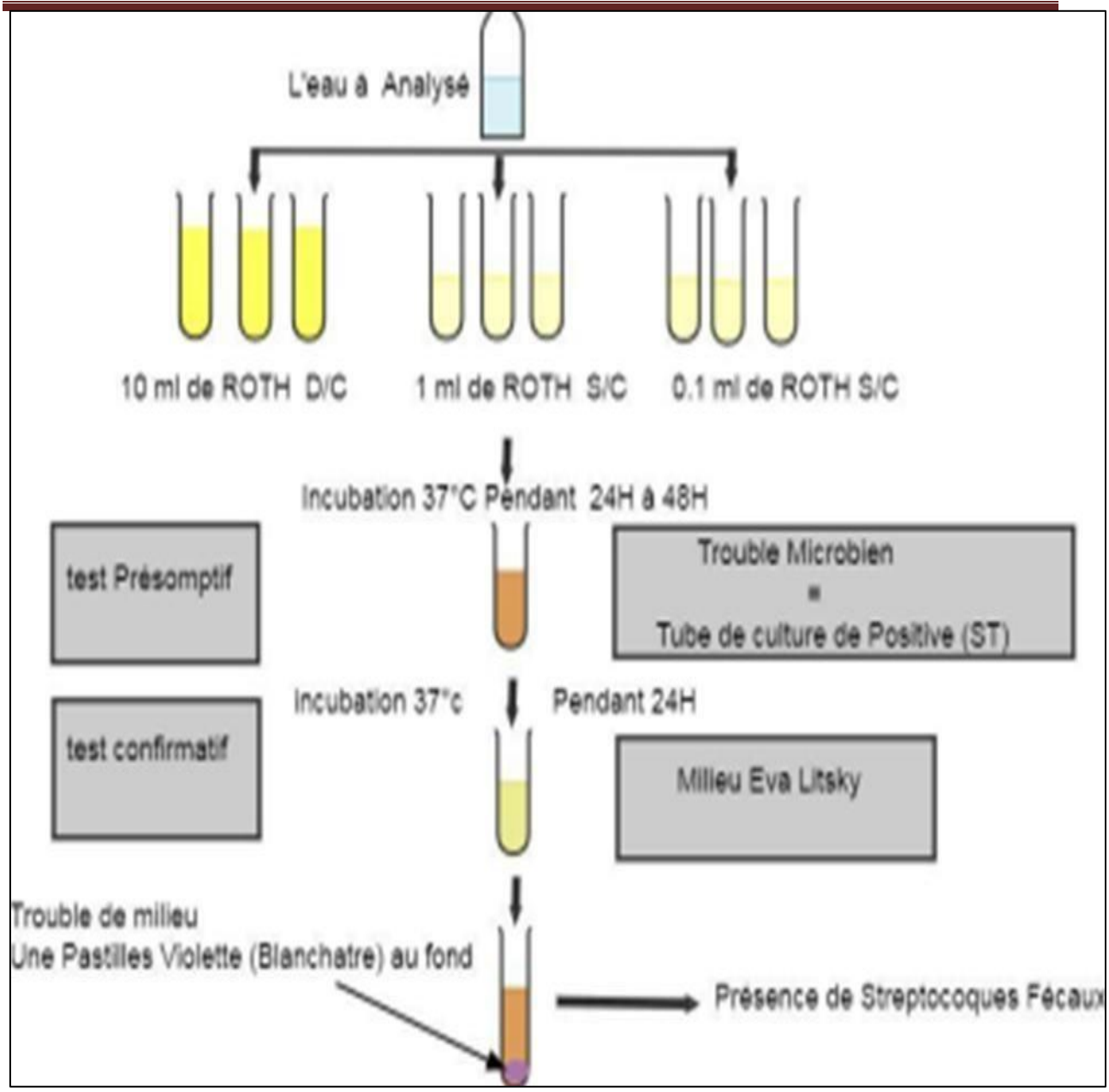

Figure 2 Protocol de quantification des streptocoque fécaux dans les trois matrices alimentaires.

6.1.3. Quantification des Anaérobies Sulfito-Réducteurs :

La quantification des anaérobies sulfito-réducteurs indique généralement une pollution ancienne. Les ASR se présentent sous forme de spores de couleur noire sur une gélose viande de foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne le sulfure de fer.

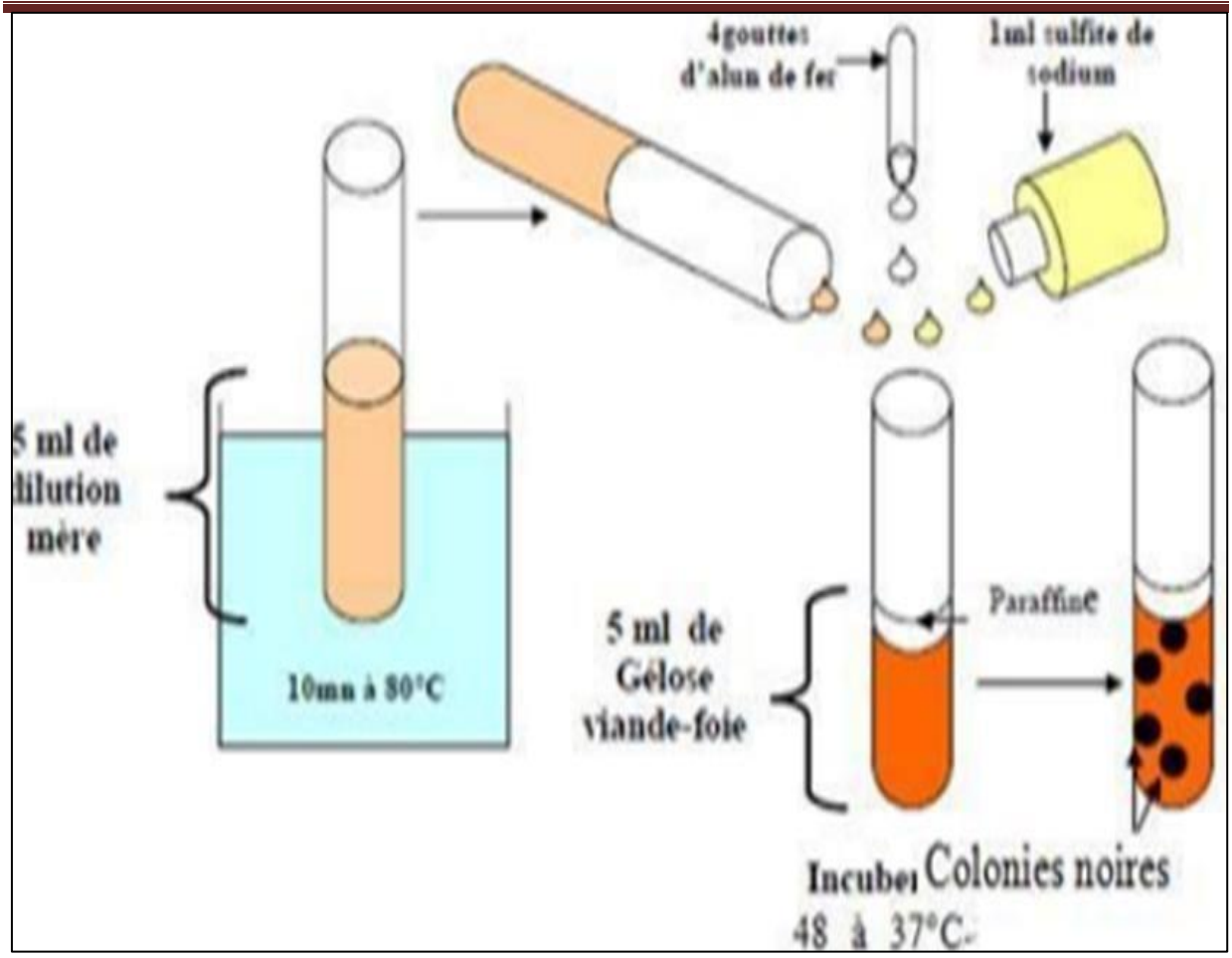

Figure 3 Protocol de quantification des spores des ASR dans les trois matrices alimentaires.

6.2. Recherche qualitative des germes pathogènes :

Cette approche consiste à faire une identification des germes potentielles présents dans nos trois matrices alimentaires. Nous avons focalisé notre recherche sur deux germes excréments pathogène et présentent un risque microbiologique (*Salmonella* sp et *Shigella* sp). L'identification est faite selon trois étapes : identification macroscopique des colonies (forme, couleur, texture, aspect), une coloration de Gram et une identification biochimique (par le dispositif API système Bio Mérieux ©). L'enrichissement s'effectue à partir du milieu de pré-enrichissement (un bouillon Sélénite-Cystéine qui sera incubé à 37°C pendant 20 heures). À partir du bouillon Sélénite-Cystéine on fait l'ensemencement en surface (par la méthode du Râteau) de deux boites contenant le milieu d'isolement sélectif SS et le milieu sélectif Hektoen. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Chapitre 3

Résultats & Discussion

1. Analyse de la perception des consommateurs au risque microbiologique :

1.1. Genre, Age, Scolarité et antécédents médicales des participants :

La majorité des consommateurs interrogés sont de sexe féminin (62%) contre 38% de sexe masculin. La tranche d'âge la plus représentée parmi les consommateurs est celle de 19 à 25 ans, avec 76 individus, suivie des tranches de 25 à 35 ans (49 individus) et de 35 à 60 ans (40 individus) (Figure 4 et 5). La figure 6 nous renseignent que 68% des personnes interrogées ont un niveau académique, tandis que 32% sont non universitaire. 28% des participants interrogées ont un antécédent médical (diabète, hyper tension ou autres), tandis que 72 % sont en bonne forme (Figure 7).

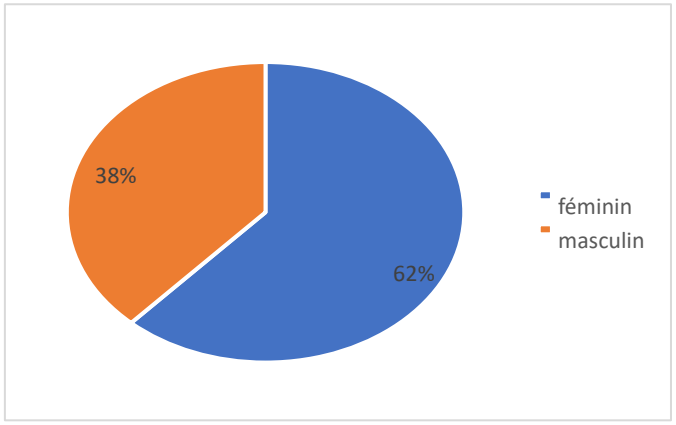

Figure 4 pourcentage des réponses selon le genre de la région de Guelma

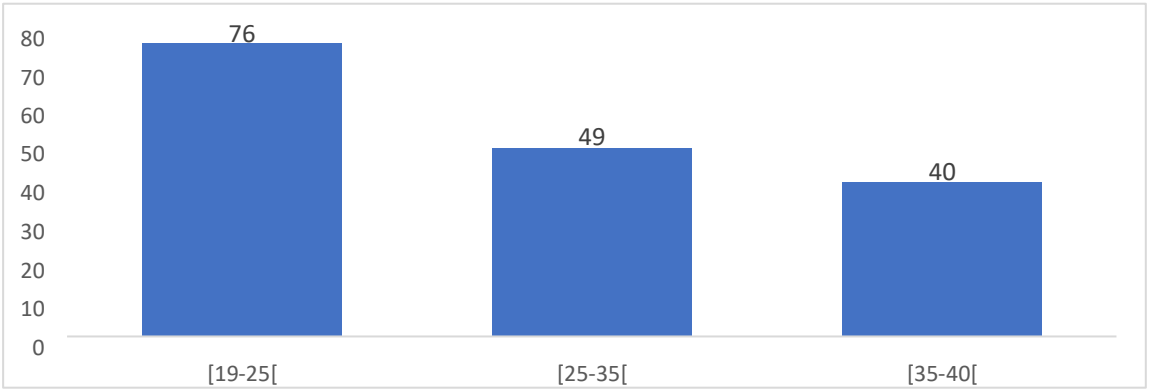

Figure 5 pourcentage des réponses selon l'âge de la région de Guelma

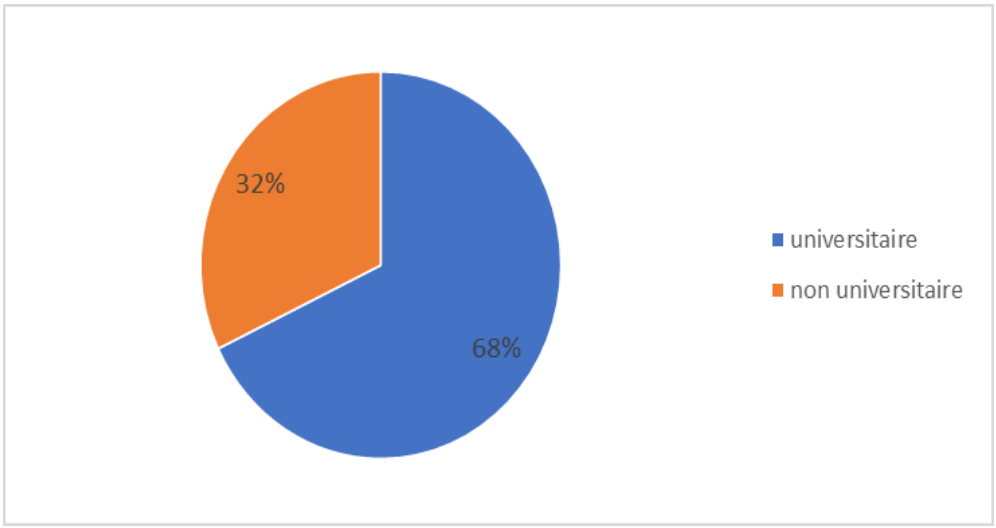

Figure 6 pourcentage des réponses selon la scolarités de la région de Guelma

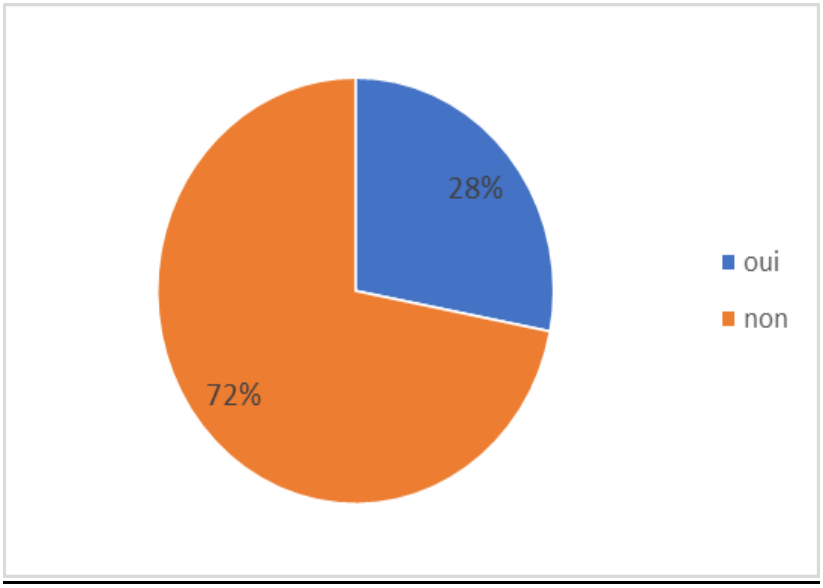

Figure 7 pourcentage des réponses selon les maladies de la région de Guelma

1.2. Sources d'approvisionnement :

Les différentes sources d'approvisionnement en eau montrent une préférence marquée pour l'eau de source (66) et les citernes de distribution (64), suivis d'eau minérale et de l'eau du robinet (46) (Figure 8). La majorité des personnes achètent le lait en magasin (95%), tandis qu'une minorité l'achètent en bord de route (5) %, ce comportement augmente lors du moi sacré (Figure 9). La totalité des consommateurs achètent leur viande en magasin, contre un quart qui choisissent le marché de rue « *street food* » comme lieu d'achat (Figure 10).

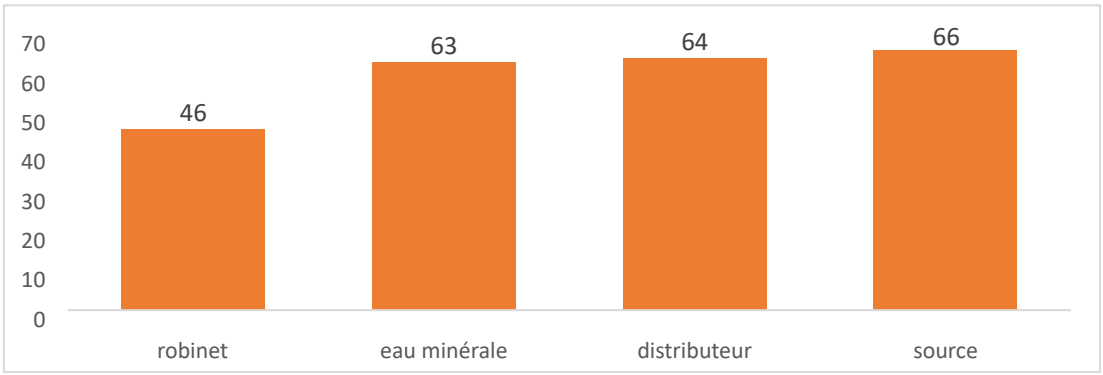

Figure 8 pourcentage des réponses selon les sources d'approvisionnement d'eau de la région de Guelma

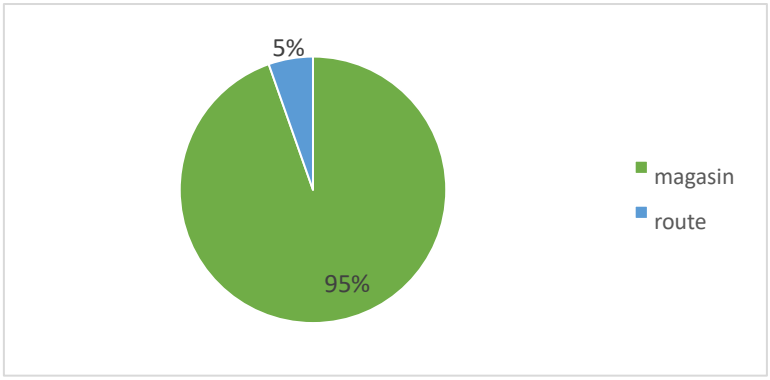

Figure 9 pourcentage des réponses selon le lieu d'Achate du lait de la région de Guelma

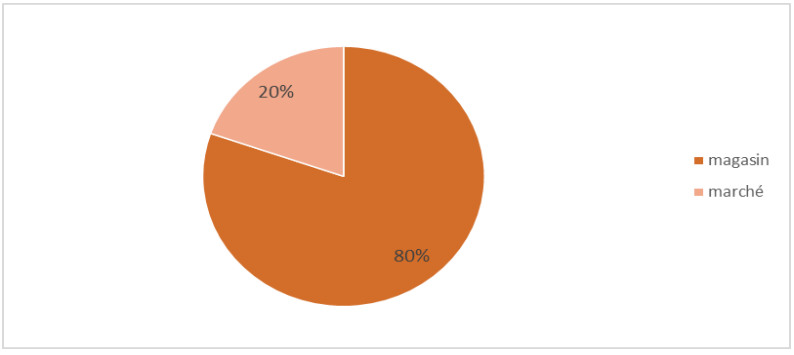

Figure 10 pourcentage des réponses selon le lieu d'achat de la viande de la région de Guelma

1.3. Motifs « *comportement consommateurs* » et Motivation

Le prix est le principal motif d'achat de la viande, influençant les décisions de 76 à 100 % des consommateurs. La plupart des personnes interrogées (141) perçoivent le prix comme un facteur

important, contre seulement 22 qui ne le considèrent pas comme tel. La qualité du produit est perçue comme un critère important de second degré (Figure 11).

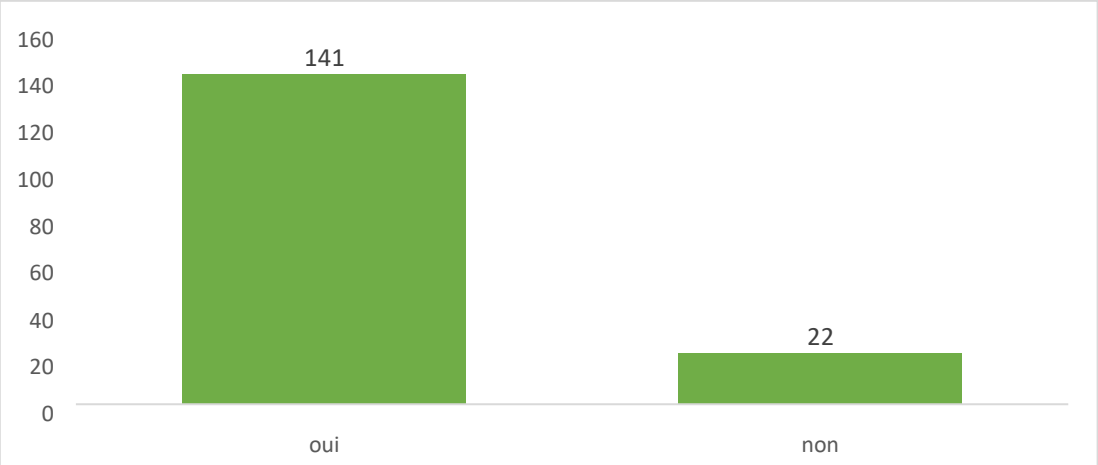

Figure 11 pourcentage des réponses selon perception du prix de la région de Guelma

1.4. Incidences liées aux trois matrices alimentaires :

L'analyse du questionnaire montre que 29% (1/3) des personnes interrogées déclarent avoir déjà souffert dune maladie liée à l'eau, au lait ou à la viande (Figure 12). Parmi les personnes ayant signalé une maladie, 30% soupçonnent le lait comme source, 25% l'eau, et 22% la viande. Une proportion non négligeable (35%) se soignent par automédication, tandis que 65% consultent un hôpital pour leur traitement (Figure 13).

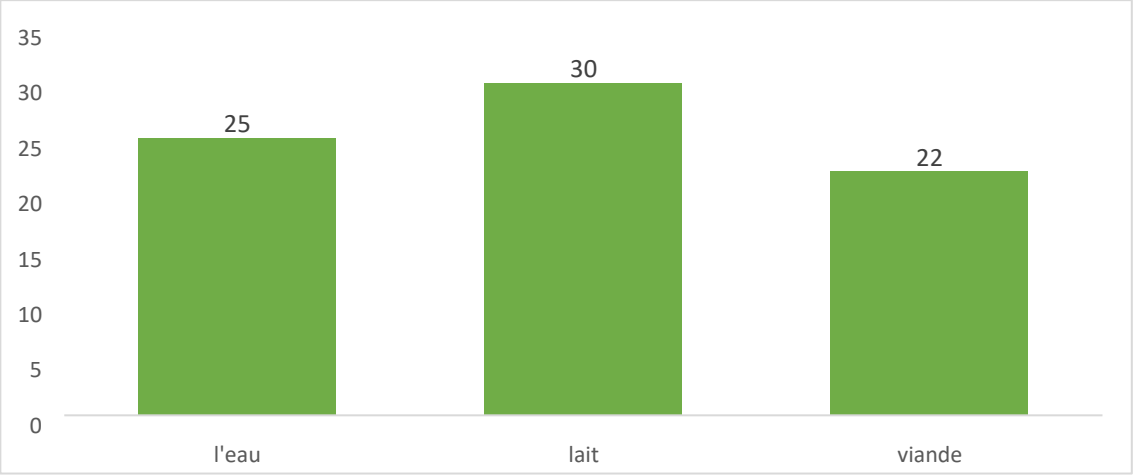

Figure 12 pourcentage des réponses selon les sources suspectées de la maladie de la région de Guelma

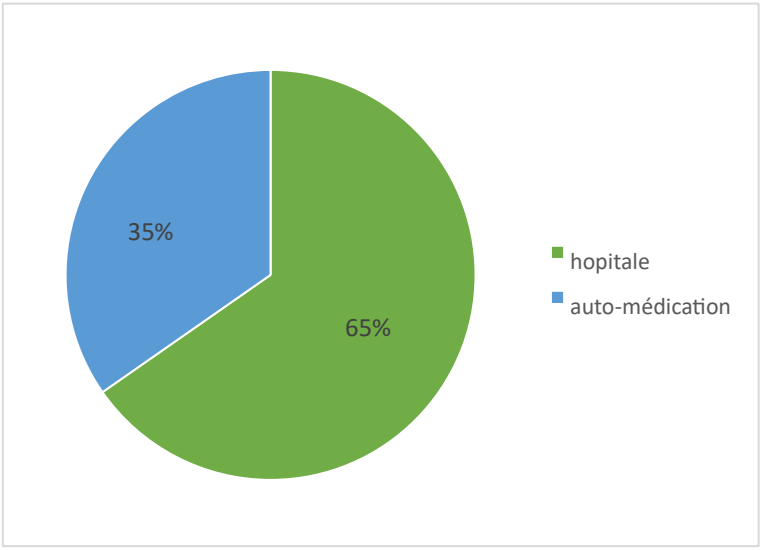

Figure 13 pourcentage des réponses selon traitements de la maladie de la région de Guelma

1.5. Evaluation du risque microbiologique (ERM)

Une minorité (15%) des personnes interrogées est consciente du risque microbiologique potentiels dans les produits laitiers, alors que la grande majorité (85%) ne perçoit aucun risque (Figure 14). Seulement 34% des consommateurs considèrent un risque lors de l'approvisionnement en eau de citerne (Figure 15). Le risque microbiologique liées à la viande de marché est perçu chez uniquement 13% de la totalité des participants de cette enquête (Figure 16). En revanche, l'estimation du degré de risque microbiologique due à ces trois matrices alimentaires change entre le niveau modéré et fort (13 perçoivent un risque faible, 100 modéré et 67 fort) (Figure 17).

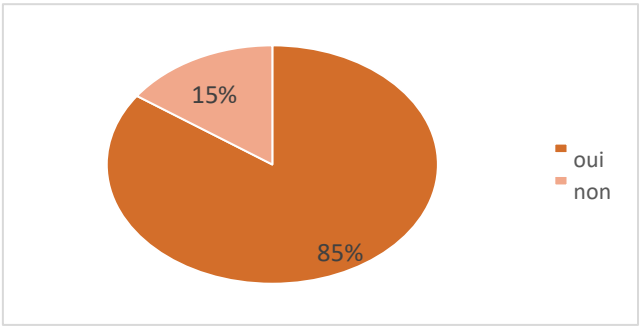

Figure 14 pourcentage des réponses selon le risque microbiologique de le lait (route) de

la région de Guelma

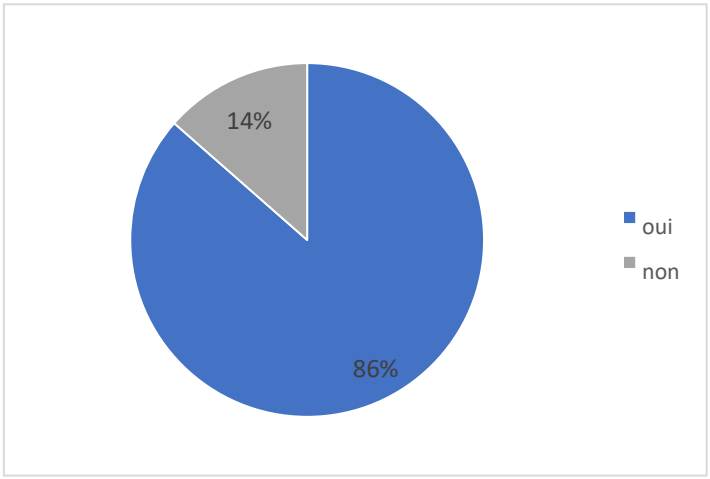

Figure 15 pourcentage des réponses selon le risque microbiologique de l'eau (citerne)de la région de Guelma

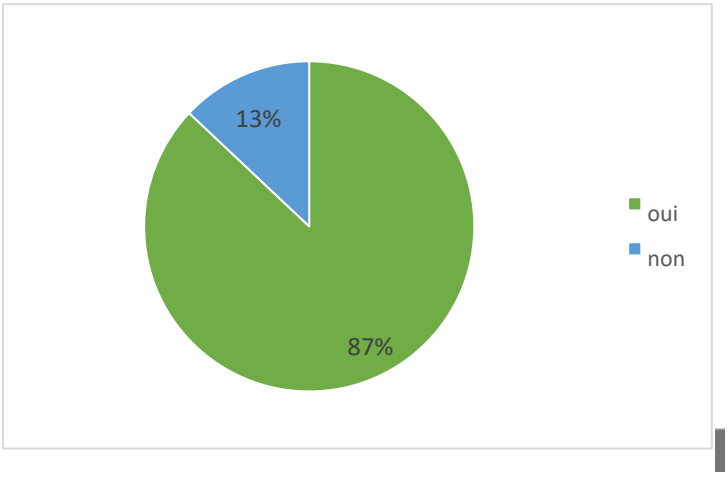

Figure 16 pourcentage des réponses selon le risque microbiologique de la viande(marché) de la région de Guelma

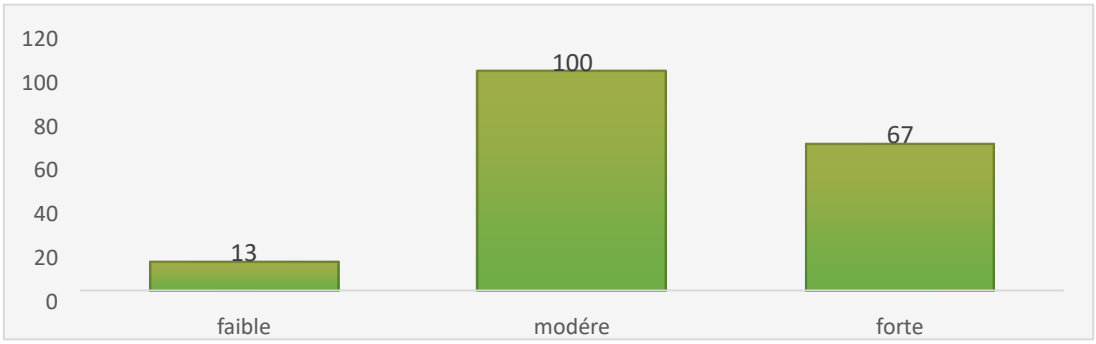

Figure 17 pourcentage des réponses selon l'estimation de degré de risque microbiologique (faible, modéré, forte) de la région de Guelma

1.6. Mesures de prévention au risque microbiologique :

Presque le un tier des participants de cette enquête disent ne pas adopter des mesures pour réduire le risque microbiologique de ces trois matrices alimentaires (29%) (Figure 18).

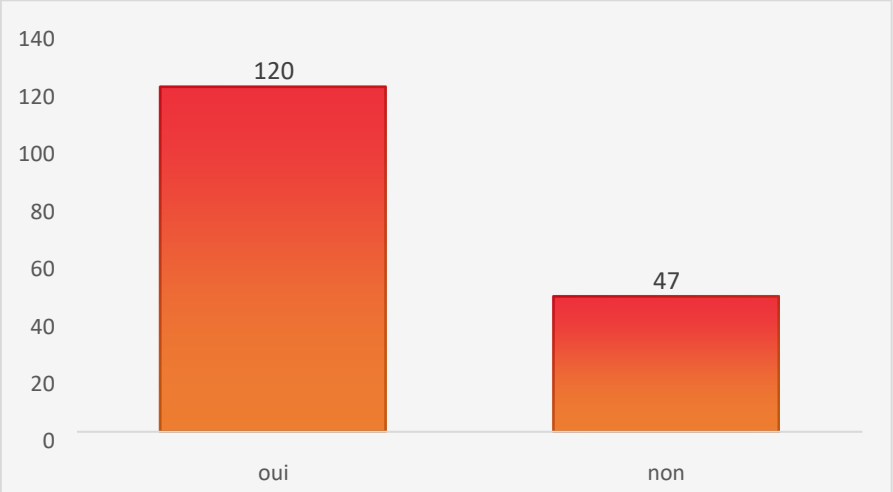

Figure 18 pourcentage des réponses selon la mesure préventive contre le risque microbiologique de la région de Guelma

2. Evaluation quantitative du risque microbiologique :

2.1. Evaluation des coliformes totaux :

Nos résultats révèlent une contamination bactérienne variable selon la matrice échantillonnée dans la région de Guelma, avec un dénombrement de coliformes totaux significativement forte correspondons à un NPP(coliforme) de 180×10^{-5} CT/ml dans le lait, une présence plus significative dans l'eau_2 (35×10^{-3} CT/ml), et une contamination nettement plus élevée dans l'eau_1 (140×10^{3} CT/ml) (Figure 19).

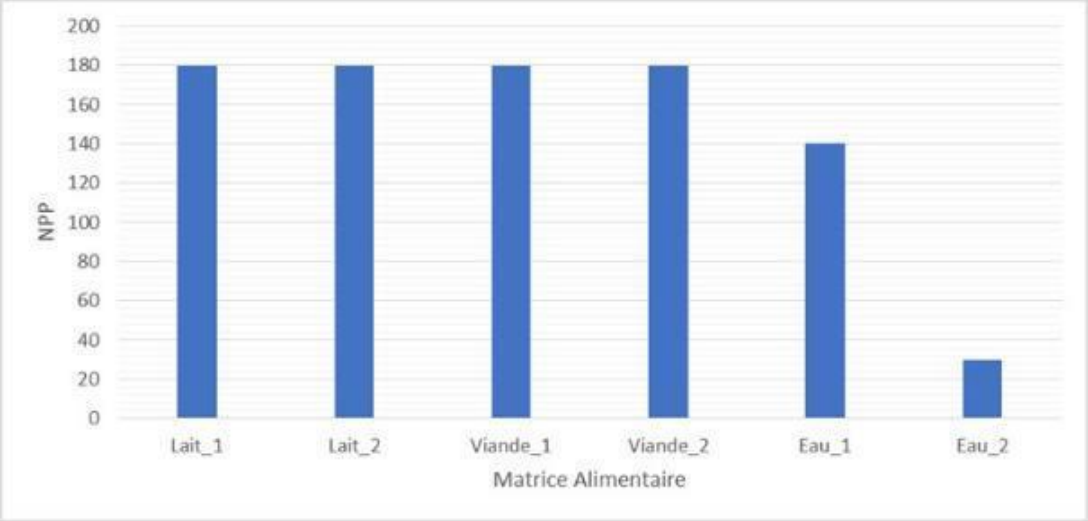

Figure 19 variations du nombre de coliformes totaux dans les trois matrices au niveau de la région de Guelma

2.2. Evaluation des coliformes fécaux :

Les données montrent que la présence des coliformes fécaux varie entre 2,5 – 180×10^{-5} CT/ml dans l'échantillon de lait, et entre 1,7 – 180×10^{-5} CT/ml dans l'échantillon de viande, et entre 0 – 140×10^{-3} CT/ml dans l'échantillon d'eau (Figure 20).

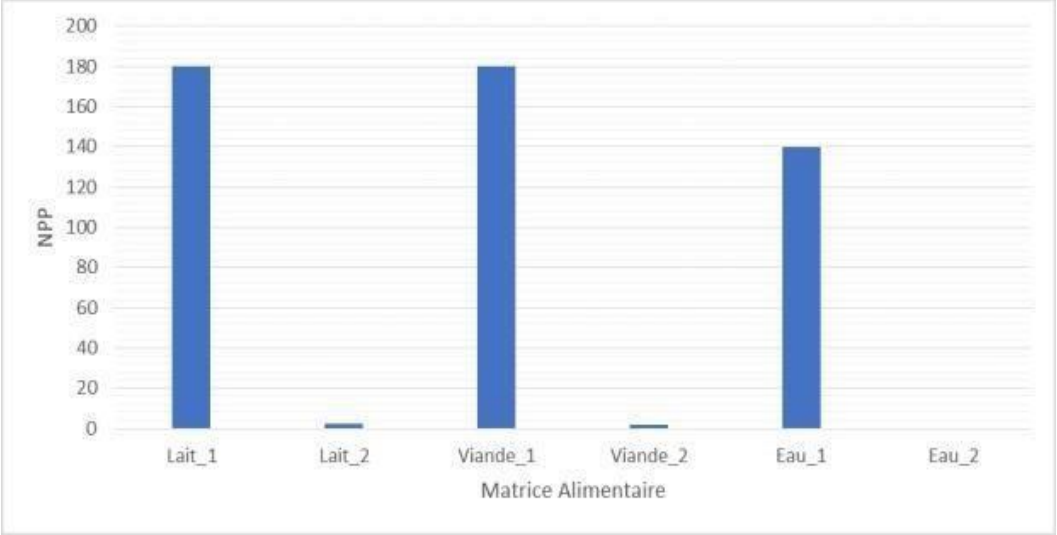

Figure 20 variations du nombre de coliformes fécaux dans les trois matrices au niveau de la région de Guelma

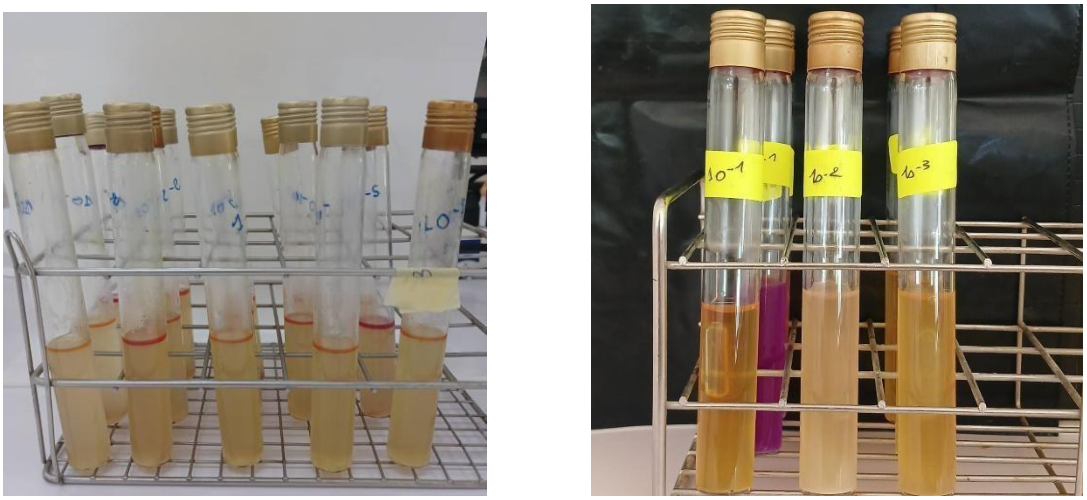

Figure 21 Quelques photos des résultats de la croissance des coliformes.

2.3. Evaluation des streptocoques fécaux :

Nos résultats de la région de Guelma montrent une variation hautement significative dans le nombre des streptocoques fécaux. Le nombre le plus probable de ces indicateurs dans le lait varie entre 0 et 0,6 × 10^{-5} SF/ml respectivement. L'échantillon viande équivalent à un nombre probable stable de 1,2 × 10^{-5} SF/ml pour les deux échantillons. Alors que pour l'eau le NPP correspond à 0,3 pour l'échantillons 1 (Eau_1) et 1,1 × 10^{-3} SF/ml pour l'échantillon 2 (Eau_2) (Figure 21).

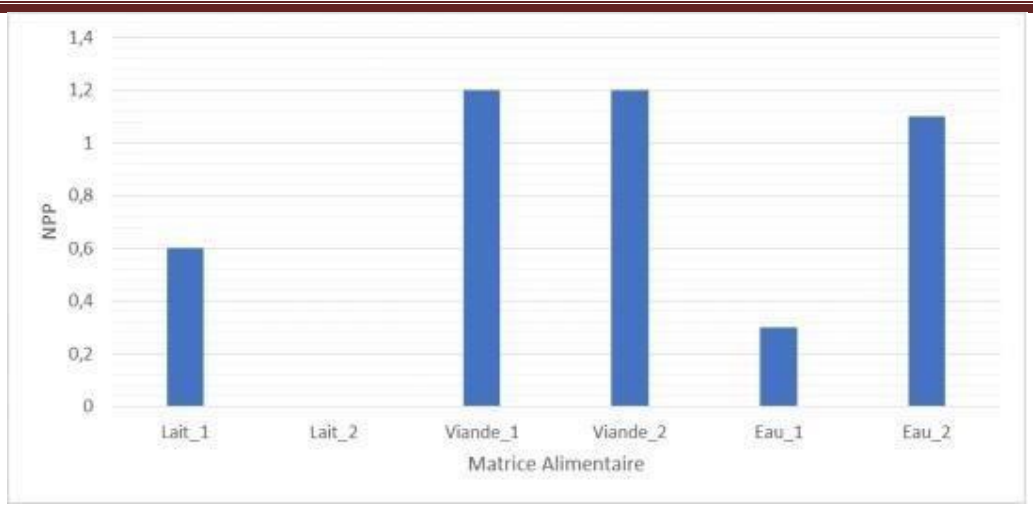

Figure 22 variations du nombre de streptocoque fécaux dans les trois matrices au niveau de la région de Guelma

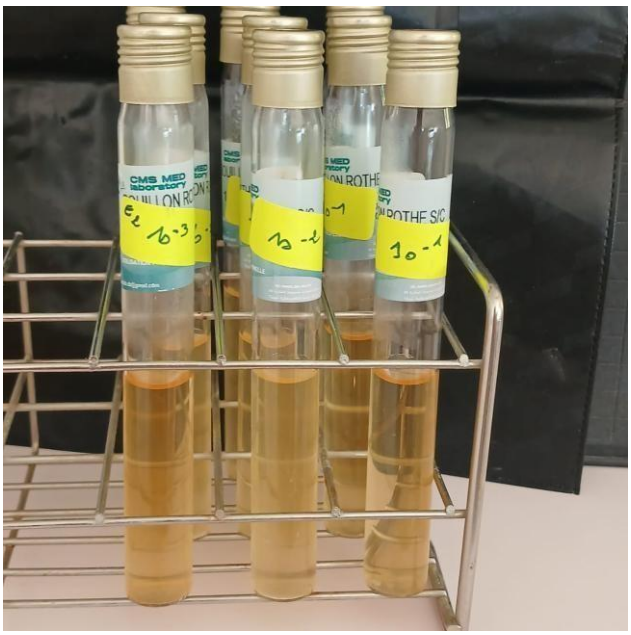

Figure 23 Quelques photos des résultats de la croissance des streptocoques fécaux

2.4. Evaluation des Anaérobies Sulfito Réducteurs :

La variation du nombre de spore des ASR dans les trois matrices alimentaires de la région de Guelma montre que les échantillons de lait_1 et lait_2 présentent respectivement un chiffre de 1 et 25 spores / 20ml, tandis que les échantillons de viande_1 et viande_2 affichent une valeur similaire de 100 spores / 20 ml. Dans l'eau_1 et l'eau_2 le nombre de spore correspond à 100 et 0 spores / 20 ml respectivement (Figure 22).

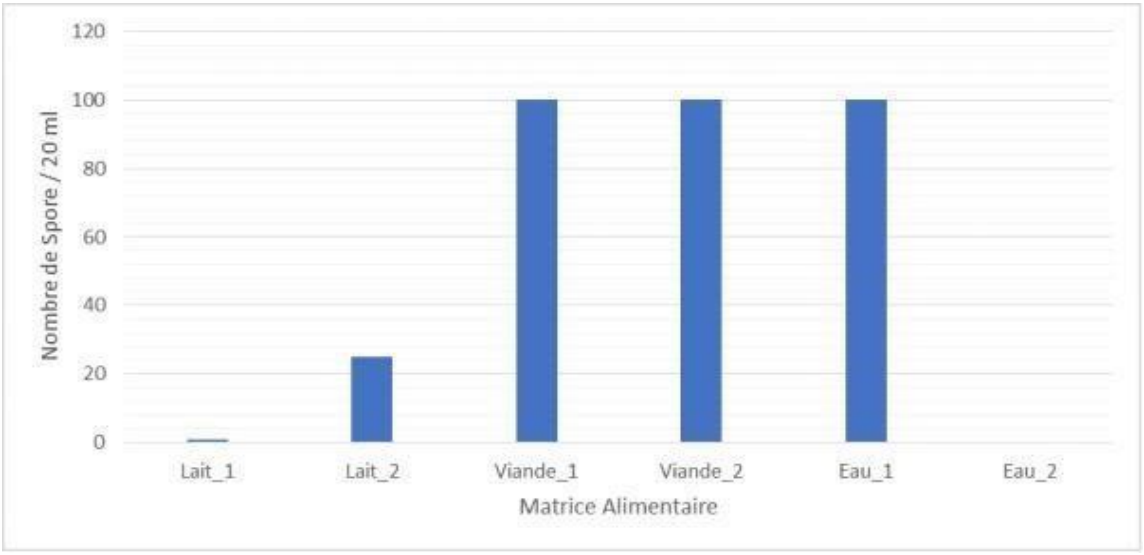

Figure 24 variations du nombre d'anaérobie sulfito réducteur dans les trois matrices au niveau de la région de Guelma

Figure 25 Quelques photos des résultats de la croissance des ASR.

3. Evaluation qualitative du risque microbiologique :

3.1. Caractérisation macroscopique des colonies :

3.1.1. Matrice alimentaire « Lait » :

Sur le milieu Hekton Nous avons remarqué un virage de la couleur du vert au rouge (fermentation de sucre), et formation des colonies de couleur jaune, plate avec contour irrégulier et un aspect crémeux.

Sur le milieu SS nous avons observés deux types de colonies, (1) de couleurs rose de petite taille et circulaire et (2) avec un centre noir, petite et irrégulière.

3.1.2. Matrice alimentaire « Eau » :

Sur le milieu Hekton on note 2 types de colonies jaune et rose, de petite taille. Alor que sur le milieu SS, les colonies sont de couleur rose et absence de centre noir.

3.1.3. Matrice alimentaire « Viande » :

Sur le milieu Hekton nous avons observé un virage de la couleur ver le jaune et la formation de 2 types de colonies rose et noire, de petite taille, lisse et circulaire. Sur le milieu SS les colonies sont de petite taille.

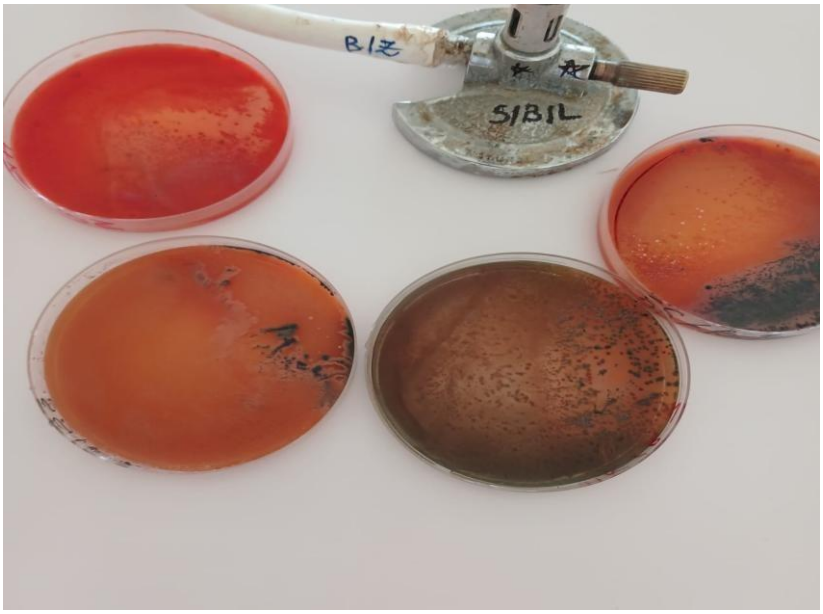

Figure 26 Quelques photos des résultats de la croissance des bactéries dans les milieux sélectifs.

3.2. Caractérisation microscopique par coloration de Gram :

La plupart des cellules bactériennes isolés sur les trois matrices alimentaires sont soit des coccobacille Gram – ou des bacilles Gram -. Cela confirme probablement la présence d'entérobactéries (Figure 24).

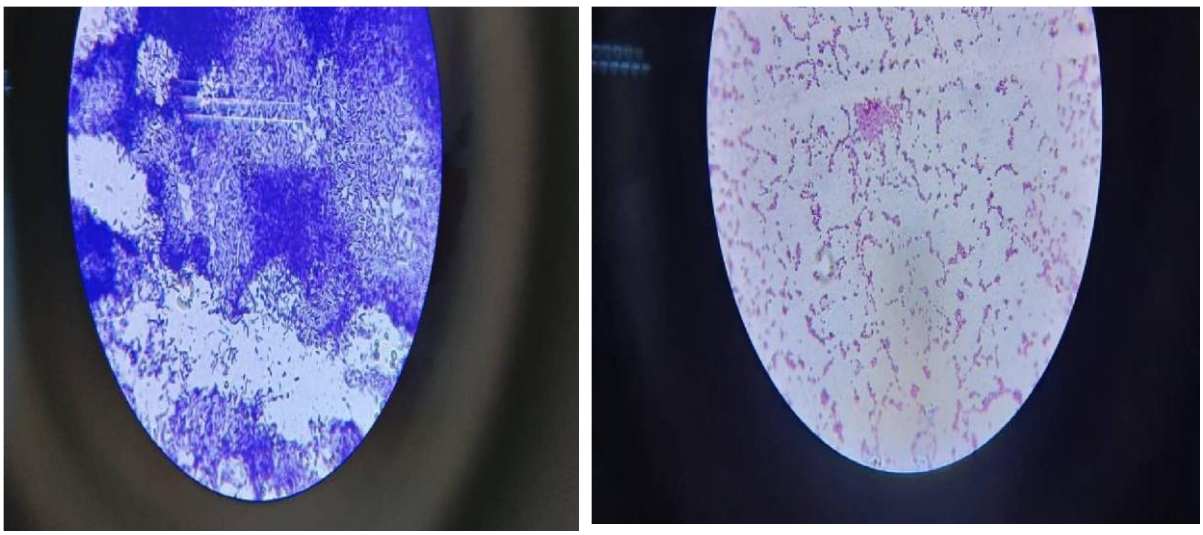

Figure 27 Quelques photos des résultats de la coloration de Gram.

3.3. Caractérisation biochimique des souches par API système :

Notre étude sur les trois matrices alimentaires (Lait, Viande et Eau) nous a permet d'isoler 7 profiles biochimiques bactérien (voir tableau suivant).

Tableau 1 Liste des souches bactériennes isolés à partir des matrices alimentaires au niveau de la région de Guelma

Souche bactérienne	Code de référence
Enterobacter cloacae	2202332
Pantoea Spp	1212232
Enterobacter cloacae	2201332
Soratia oderifera	2332332
Klebsilla onitlirolytica	3312332
Aeromonas hydnphila	3233231
Enterobacter Cloacae	2303232

Figure 28 Quelques photos des résultats de l'API système.

Discussion :

L'approvisionnement en eau potable, avec des pénuries sévères affectant les habitants. Les habitants n'ont plus accès à l'eau courante, provoquant des difficultés dans la vie quotidienne. Cette crise met en évidence la dépendance accrue des populations aux sources d'eau alternatives, telles que les citernes, en l'absence d'une distribution régulière d'eau potable (Tamazouzt et al 2022).

Une étude sur la perception de la qualité des produits laitiers et le comportement des consommateurs algériens montre que la majorité des consommateurs achètent leur lait en magasin (95%), tandis qu'une minorité (5%) l'achète en bord de route, notamment pendant le mois sacré du Ramadan. Les consommateurs perçoivent une différence de qualité entre les produits laitiers industriels et artisanaux, influençant ainsi leurs choix d'achat (Chargue 2019). De plus, une analyse de la politique laitière en Algérie souligne l'importance du circuit informel dans la commercialisation du lait, avec des crémeries et des ventes directes par les éleveurs contribuant à une part significative de l'offre. Cependant, ce circuit échappe souvent aux contrôles sanitaires, posant des enjeux de santé publique (Mamine et al 2016).

Une étude sur la production et la mise sur le marché du lait en Algérie révèle que, bien que certains commerces soient inscrits au registre du commerce, les ventes se font souvent sans aucun contrôle. Les circuits de collecte et de transformation artisanale demeurent non contrôlés et informels, écoulant chaque année une quantité de produits laitiers supérieure à celle des circuits formels (Sami et al 2017).

Les contraintes économiques dominent les choix alimentaires, ce qui peut limiter l'attention portée aux risques microbiologiques, noté par le prix est le facteur d'achat principal suivi par la qualité (Joint, 2001). Près d'un tiers des participants de notre enquête ont déjà souffert d'une maladie liée à l'eau, le lait ou à la viande. Ces chiffres sont en accord avec la littérature indiquant que les maladies d'origine alimentaire sont fréquentes, mais souvent sous-estimées ou mal diagnostiquées, avec une part importante d'automédication. Une faible proportion perçoit un risque microbiologique dans les produits laitiers, l'eau de citerne, et la viande dans les marchés de rue. Alors que la sous-estimation du risque microbiologique est classique chez les

consommateurs, qui ont souvent une perception moindre de ce risque par rapport aux risques chimiques ou nutritionnels, comme montré dans plusieurs études (Joint, 2001).

Les participants ne prennent aucune mesure pour réduire le risque microbiologique lié à ces trois matrices alimentaires. Ce comportement peut s'expliquer par un manque de sensibilisation ou de connaissances spécifiques sur les risques microbiologiques (Ait Mammar & Ben Chikh 2016).

Les coliformes totaux et fécaux sont largement utilisés comme indicateurs de contamination microbiologique dans les matrices alimentaires. Bien qu'ils ne soient pas nécessairement pathogènes, leur présence en quantité significative est fortement corrélée à une possible contamination fécale, notamment d'origine humaine ou animale, ce qui constitue un risque pour la santé publique (WHO, 2017 ; Leclerc et al., 2001). Dans cette étude, des concentrations élevées indique une contamination probable des sources alimentaires, possiblement due à un ruissellement d'eaux usées, à un défaut d'assainissement ou à une mauvaise gestion des déchets à proximité des captages (Cabral, 2010). La contamination de l'eau potable est une préoccupation majeure, car elle peut servir de vecteur à de nombreux agents pathogènes entériques. Dans la matrice viande, les normes de la FAO/OMS, témoigne d'un défaut d'hygiène à plusieurs niveaux de la chaîne agroalimentaire surtout dans les marchés informelles et non conventionnelles. Ces résultats suggèrent des pratiques inappropriées lors de la traite, de l'abattage ou encore lors du transport et de la vente au détail (García et al., 2019 ; Jay et al., 2005). Or, selon les directives microbiologiques de la FAO/OMS (2002), les produits prêts à consommer ne doivent contenir aucune trace de coliformes fécaux. Leur détection dans les échantillons de lait et de viande démontre que ces produits sont potentiellement impropres à la consommation, en raison du risque de transmission d'agents pathogènes, cela provoque des infections gastro-intestinales sévères.

Ainsi, la présence de coliformes ne doit pas être sous-estimée, même si leur identification n'est pas systématiquement corrélée à la présence d'un pathogène spécifique. En résumé, les résultats obtenus démontrent une qualité microbiologique préoccupante des échantillons étudiés. Ils soulignent l'urgence de mettre en œuvre des mesures d'assainissement efficaces, de former le personnel aux bonnes pratiques d'hygiène, et d'instaurer un contrôle rigoureux des produits alimentaires et de l'eau selon les standards internationaux (Codex Alimentarius, 2022).

La détection des streptocoques fécaux dans des matrices alimentaires ou environnementales, comme l'eau, le lait ou la viande, reflète souvent une défaillance dans les pratiques d'hygiène tout au long de la chaîne de production, cela leur confère une spécificité supérieure en tant qu'indicateurs de pollution fécale (Harwood et al., 2022). Bien que la concentration retrouvée dans le lait et la viande soient plus faibles, leur présence témoigne d'une contamination secondaire. Cela suggère un manquement dans les bonnes pratiques d'hygiène, possiblement lors de la traite, de la manipulation ou du stockage (Zhang et al., 2022). Enfin, la présence de streptocoques fécaux dans des produits destinés à la consommation humaine pose un double risque : sanitaire, en tant que vecteurs potentiels de pathogènes ou de résistances aux antibiotiques (Miller et al., 2021), et réglementaire, car leur détection au-delà de certains seuils constitue un non-respect des normes de sécurité alimentaire.

Les ASR sont reconnues comme des témoins d'une pollution fécale ancienne ou environnementale, du fait de leur capacité à former des spores hautement résistantes aux conditions défavorables et aux traitements classiques de désinfection (Neveux et al., 2022). La persistance des spores dans l'environnement est bien documentée : elles peuvent survivre pendant des mois, voire des années (Li et al., 2023). Les risques associés à leur présence est important. L'implication dans des cas d'épidémies alimentaires a été largement rapportée, notamment dans des collectivités (cantines, hôpitaux, etc.) ***(EFSA, 2023***). Les données récentes soulignent également l'inadéquation de certains traitements de désinfection couramment utilisés dans l'industrie agroalimentaire ou pour le traitement de l'eau (Neveux et al., 2022 ; Zhao et al., 2024).

Les entérobactéries sont fréquemment impliquées dans des gastro-entérites et, dans certains cas, des infections systémiques sévères, en particulier chez les personnes vulnérables telles que les enfants, les personnes âgées ou les individus immunodéprimés (Nouichi & Hamdi, 2021). Des études récentes menées en Algérie confirment cette tendance. Belabed et al. (2022) ont mis en évidence une prévalence élevée de *Salmonella* et *E. coli* pathogènes dans des produits alimentaires d'origine animale, soulignant un risque sanitaire notable. Cette diversité et cette pathogénicité soulignent l'importance de mettre en place des stratégies de surveillance microbiologique régulières ainsi qu'une gestion rigoureuse de la chaîne alimentaire pour prévenir les risques épidémiologiques (WHO, 2022).

Une étude menée entre 2019 et 2021 sur des fermes, abattoirs et boucheries en Algérie a révélé des taux élevés de contamination par Escherichia coli (63,4 %) et Salmonella spp. (18,5 %). Ces pathogènes ont été détectés dans divers échantillons, notamment la viande, l'eau et les surfaces de travail. Les facteurs de risque incluent une densité élevée, une hygiène insuffisante des litières, un stockage inadéquat, une mauvaise gestion de l'eau et la présence de bactérie pathogène (Ghougal et al., 2012). Des analyses du lait cru commercialisé dans la région de Mostaganem ont mis en évidence une non-conformité aux normes sanitaires, attribuée à des conditions de stockage et de transport inadéquates (Rechidi-Sidhoum et al., 2021. Dans la région de Blida, une étude sur le lait pasteurisé a révélé que 90 % des échantillons de lait cru et 43 % des laits reconstitués pasteurisés présentaient une qualité microbiologique médiocre, souvent due à une contamination post-pasteurisation (Hachemi et al., 2019).

La littérature scientifique mis en évidence la production primaire des trois matrices alimentaires eau/viande/lait, qui constitue un enjeu crucial pour le risque microbiologique et son évaluation quantitative (Delhalle et al., 2008).

Plusieurs méthodes technologiques avancées sont disponibles pour réduire le risque microbiologique dans les matrices alimentaires. Actuellement l'évaluation quantitative du risque microbiologique est inégale entre pays développés et pays en voie de développement. La réduction du risque consiste à appliquer des démarches sur la source. Les stratégies intégrées et l'innovations (Eau/Lait/Viande) sont essentielle pour la diminution de ce risque microbiologique :

- Floculation bio-organique (Zeoturb), Oxydation avancée (Genclean) et Filtration nanométrique (Marest, 2013) ;
- Électrocoagulation et Procédés d'oxydation avancée (AOP) (Chergui–Bouafia & Alloune, 2007) ;
- Emballage sous atmosphère modifiée (MAP) et Utilisation d'agents

  antimicrobiens naturels (huiles essentielles, extraits de plantes) et contrôle des points critiques. (Kwoba et al. 2023) ;
- Robots de traite, Traitements antimicrobiens et Modélisation prédictive (Freiss, 2009) ;

- Augmentation du rendement des techniques de pasteurisation (HTST ou LTLT), Stérilisation UHT et Microfiltration combinée à pasteurisation (Kamana et al., 2014).

Conclusion

Conclusion

Cette étude centrée autour du risque microbiologique associé à trois matrices alimentaires (Eau, Lait et Viande) met en évidence une problématique majeure de santé publique en lien avec la sécurité alimentaire.

Nos résultats dans la région de Guelma ont démontré que des germes indicateurs ainsi que des pathogènes potentiels sont présents dans les échantillons issus de circuits non conventionnels (marché de rue, réseau routier et distribution partuciliére).

Ces résultats confirment la vulnérabilité des filières informelles à la contamination microbiologique et soulignent la nécessité de renforcer les mesures de contrôle et de prévention. La consommation de produits issus de sources non surveillées représente un risque réel, notamment pour les populations les plus sensibles (enfants, personnes âgées, malades). Ce constat est en accord avec les travaux de Verhille (2013) et Guillier & Sanaa (2023), qui insistent sur la responsabilité des pouvoirs publics à intégrer l'analyse du risque microbiologique dans leurs stratégies de sécurité sanitaire.

L'approche combinée, basée sur une analyse microbiologique et une enquête auprès des consommateurs, a également révélé un déficit de sensibilisation sur les dangers liés aux aliments contaminés. En effet, bien que 29 % des répondants aient déjà souffert d'une pathologie liée à la consommation d'eau, de lait ou de viande, la majorité sous-estime encore le risque microbiologique.

Ces résultats montrent l'urgence d'améliorer la gouvernance sanitaire, en particulier dans les zones rurales et semi-urbaines. Une coordination entre les institutions publiques, les professionnels de l'agroalimentaire et les communautés locales est essentielle pour garantir la qualité microbiologique des aliments. L'intégration progressive de modèles d'évaluation quantitative du risque (EQRM), utilisés par la FAO et l'OMS dans les pays développés, pourrait être adaptée à la réalité algérienne, malgré les contraintes logistiques et institutionnelles (FAO 2006 ; FAO/OMS 2008).

Enfin, cette recherche ouvre la voie à d'autres études complémentaires portant sur une surveillance à long terme, une analyse saisonnière des contaminants, et une évaluation économique des impacts sanitaires liés aux toxi-infections alimentaires. Elle rappelle que l'accès

à une alimentation saine et sûre est un droit fondamental et que la lutte contre le risque microbiologique nécessite des efforts durables, pluridisciplinaires et contextualisés.

Recommandation :

Les recommandations internationales récentes (depuis 2020) pour la gestion des risques microbiologiques dans les matrices alimentaires (eau, lait, viande) s'appuient sur une approche intégrée de maîtrise des dangers tout au long de la chaîne alimentaire, conformément aux principes du Codex Alimentarius et aux directives de la FAO/OMS (Abed & Mahi 2020 ; Khelaifia 2021 ; Khirouni 2021 ; Zhao et al 2021).

- Mettre en œuvre des traitements adaptés dès la production primaire pour réduire la charge microbienne, notamment coliformes et pathogènes comme les *Salmonella* et *Shigella* ;
- Contrôle stricte de la production primaire et assurerence du suivi régulier de la qualité microbiologique, en particulier dans les circuits non conventionnels ou informels, où la contamination est plus fréquente ;
- Mise en place des plans de surveillance microbiologique afin d'identifier et maîtriser les risques ;
- Intégrer des modèles d'évaluation quantitative des risques microbiologiques (EQRM) adaptés aux contextes locaux, comme proposé par la FAO/OMS ;
- Renforcer la gouvernance sanitaire par une coordination entre pouvoirs publics, professionnels et communautés locales, notamment dans les zones rurales et semiurbaines ;
- Éducation et sensibilisation des consommateurs pour améliorer la connaissance des risques microbiologiques auprès des consommateurs, en particulier les populations vulnérables ;
- Détection rapide de pathogènes dans les aliments par les nouvelles technologies pour améliorer la traçabilité.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Abed, A., & Mahi, K. (2020). Effet de la durée de congélation sur la qualité microbiologique de la viande rouge ovine et du lait de vache cru (Doctoral dissertation, université ibn Khaldoun Tiaret).

Adogoni, M. B., Dotché, I., Ahouanse, G. A. G., & Youssao, I. A. K. (2021). Evaluation of good hygienic practices and slaughter processes for rabbit carcass production and distribution in South Benin. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 9(1), 39-47.

Adogoni, M. B., Dotché, I., Ahouanse, G. A. G., & Youssao, I. A. K. (2021). Evaluation of good hygienic practices and slaughter processes for rabbit carcass production and distribution in South Benin. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 9(1), 39-47.

Afif, A., Faid, M., & Najimi, M. (2008). Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. Reviews in Biology and Biotechnology, 7(1), 2-7.

Ait Mammar, T., & Ben Chikh, D. (2016). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique du pâté et cachir de volaille fabriquée à l'ORAC Taboukert Tizi-Ouzou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri)

Alvarez-Salgado, X. A., Doval, M. D., Borges, A. V., Joint, I., Frankignoulle, M., Woodward, E. M. S., & Figueiras, F. G. (2001). Off-shelf fluxes of labile materials by an upwelling filament in the NW Iberian Upwelling System. Progress in Oceanography, 51(2-4), 321-337.

Baaziz, S., & Benghodbane, H. (2009). Les maladies transmises par le lait. Ecotoxicologie, Université Badji Mokhtar, Annaba-biologie, 128p.

Bastam, M. M., Jalili, M., Pakzad, I., Maleki, A., & Ghafourian, S. (2021). Pathogenic bacteria in cheese, Raw and pasteurised milk. Vétérinaire Medicine and Science, 7(6), 2445-2449.

Baudrat, J, & Paniel, N. (2014). Sources et devenir des micro-organismes pathogènes dans les environnements aquatiques. Revue francophone des laboratoires,2014(459),29-39

Belhadia, M., Yakhlef, H., Bourbouze, A., & Djermoun, A. (2014). Production et mise sur le marché du lait en Algérie, entre formel et informel : stratégies des éleveurs du périmètre irrigué du Haut-Cheliff. New medit, 13(1), 41-50.

Benmarce, K., Hadji, R., Hamed, Y., Zahri, F., Zighmi, K., Hamad, A., et al. (2023). Hydrogeological and water quality analysis of thermal springs in the Guelma region of NorthEastern Algeria : A study using hydrochemical, statistical, and isotopic approaches. Journal of African Earth Sciences, 205, 105011.

Bonnassieux, A., & Gangneron, F. (2011). Des mini-réseaux d'eau potable: entre enjeux politiques et arrangements locaux. Le cas de la commune de Djougou au Bénin. Mondes en développement, 155(3), 77-92.

Boukhlouf, S., & Bouzid, R. (2020). Isolement et dénombrement des bactéries pathogènes de la viande cameline vendue au niveau des boucheries de la ville de Ouargla : Contamination superficielle (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA).

Cabral, J. P. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. International journal of environmental research and public health, 7(10), 3657-3703.

Cabral, J. P. S. (2010). Water microbiology. Fecal indicator bacteria : the mainstay of microbiological monitoring ? International Journal of Environmental Research and Public Health, 7(11), 4179–4205

Chaudhury, A. (2025). Trichinellose. In Lehrbuch der parasitären Zoonosen (pp. 463-476). Singapore : Springer Nature Singapore.

Chergui–Bouafia, S., & Alloune, R. (2007). Procédé d'oxydation avancée pour le traitement des eaux usées : Principe et applications. Rev. Energ. Renouvelables ICRESD-07 Tlemcen, 163170.

Chourouk, T (2021). Staphylococcus aureus dans les viandes rouges et résistance aux antibiotiques.

Delhalle, L., Saegerman, C., Farnir, F., Korsak Koulagenko, N., & Daube, G. (2008). L'évaluation quantitative du risque microbiologique : revue de trois modèles liés à Salmonella dans les aliments. In Annales De Médecine Vétérinaire (Vol. 152). ULg-Université de Liège, Liège, Belgium

Delhalle, L., Saegerman, C., Farnir, F., Korsak Koulagenko, N., & Daube, G. (2008). L'évaluation quantitative du risque microbiologique : revue de trois modèles liés à Salmonella

dans les aliments. In Annales De Médecine Vétérinaire (Vol. 152). ULg-Université de Liège, Liège, Belgium

Delhalle, L., Saegerman, C., Farnir, F., Korsak Koulagenko, N., & Daube, G. (2008). L'évaluation quantitative du risque microbiologique : revue de trois modèles liés à Salmonella dans les aliments. In Annales De Médecine Vétérinaire (Vol. 152). ULg-Université de Liège, Liège, Belgium

EFSA (European Food Safety Autorité) (2023). The European Union One Health 2022 Zoonoses Report. EFSA Journal, 21(12), e08056.

Falkinham III, J. O., Prudent, A., & Edwards, M. (2015). Opportunistic premise plumbing pathogens : increasingly important pathogens in drinking water. Pathogens, 4(2), 373-386.

FAO. (2006). Analyse des risques pour la sécurité sanitaire des aliments. Guide destiné aux autorités nationales de sécurité sanitaire des aliments. Rome.

FAO/OMS. (2008). Évaluation des risques microbiologiques – Principes et lignes directrices. Série d'évaluation des risques microbiologiques n° 6. Rome.

Freiss, J. (2009). Evolution de la qualité du lait lors de l'installation d'un robot de traite : description et facteurs de variation (Doctoral dissertation, Ecole nationale vétérinaire de Nantes).

Ghougal, K., et al. (2021). Risk factors related to bacterial contamination by Enterobacteriacea and fécal coliforms... AIMS Agriculture and Food, 6(3), 768-785.

Guillier, L., & Sanaa, M. (2023). Évaluation quantitative du risque microbiologique : concepts, méthodes et applications. Éditions Quae.

Guillier, L., & Sanaa, M. (2023). Un guide pour la caractérisation des risques microbiologiques. Évaluation des risques microbiologiques, 185.

Hachemi, A., Zenia, S., Denia, M. F., Guessoum, M., Hachemi, M. M., & Ait-Oudhia, K. (2019). Epidemiological study of sausage in Algeria : Prevalence, quality assessment, and antibiotic resistance of Staphylococcus aureus isolates and the risk factors associated with consumer habits affecting foodborne poisoning. Veterinary World, 12(8), 1240.

Harwood, V. J., et al. (2022). Microbial Source Tracking : Applications and Advances in Water Quality Investigations. Environmental Science & Technology, 56(3), 1234–1246.

Kamana, O., Ceuppens, S., Jacxsens, L., Kimonyo, A., & Uyttendaele, M. (2014). Microbiological quality and safety assessment of the Rwandan milk and dairy chain. Journal of Food Protection, 77(2), 299-307.

Khelaifia D. M. N. (2021). Microflore pathogène du lait cru de vache et dangers sanitaires.

Khirouni R. B. C. (2021). Evaluation de la qualité microbiologique et physico-chimique du lait UHT et lait en poudre.

Kwoba, E., Oduori, D. O., Lambertini, E., Thomas, L. F., Grace, D., & Mutua, F. (2023). Food safety interventions in low-and middle-income countries in Asia : A systematic review. Zoonoses and public Heath, 70(3), 187-200.

Le Loir, Y., & Lortal, S. (2022). Le lait, un concentré de bienfaits ? 50 clés pour comprendre les produits laitiers.

Leclerc, H., Schwartzbrod, L., & Dei-Cas, E. (2002). Micro-organismes pathogènes dans l'eau et les aliments : transmission, surveillance et risques pour la santé. Revue Scientifique et Technique (OIE), 21(1), 117–131.

Li, H., Sun, X., Liao, X., & Gänzle, M. (2020). Control of pathogenic and spoilage bacteria in méat and méat products by high pressure : Challenges and future perspective. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19(6), 3476-3500.

Li, X., Huang, R., & Chen, G. (2023). Environmental persistence of Clostridium perfringens spores : mechanisms and control strategies. Journal of Food Safety, 43(2), e13012.

Malet, A. (2018). Développement d'un outil de PCR multiplex en temps réel pour la recherche de pathogènes alimentaires bactériens lors d'investigations de foyers de Toxi-Infection Alimentaire (Collective) (TIA (C)).

Mamine, F., Montaigne, E., & Boutonnet, J. P. (2016). Perception de la qualité des produits laitiers et comportement du consommateur algérien. Économie rurale, 355(5), 49-65.

Marest, P. (2013). L'eau courante et le consommateur : comprendre les défis pour le gestionnaire de services au regard de l'expérience de Nantes Métropole. Sciences Eaux & Territoires, (10), 6-13.

Miller, W. R., Munita, J. M., & Arias, C. A. (2021). Enterococci as resistant pathogènes : mechanisms and clinical implications. Annual Review of Microbiology, 75, 275–295.

Mor-Mur, M., & Yuste, J. (2010). Rémering bacterial pathogens in meat and poultry : an overview. Food and Bioprocess Technology2, 3, 24-35.

Neveux, J., Durand, A., & Lévesque, T. (2022). Survie et résistance des spores de Clostridium perfringens dans les chaînes agroalimentaires. Revue Francophone de Microbiologie Appliquée, 18(3), 145-153.

Nouichi, S., & Hamdi, T.M. (2021). Bacterial contamination of meat in Algeria : Public health implications. Veterinary World, 14(, 2053-2059.

Pierrine, D. (2019). La construction de la sécurité sanitaire des aliments en milieu domestique en France (Maine-et-Loire). Socio-anthropologie, (39), 25-38.

Poda, J. N. (2007). Les maladies liées à l'eau dans le bassin de la Volta : état des lieux et perspectives.

Rechidi-Sidhoum, N., Bounaama, K., Dahou, A. E. A., & Homrani, A. (2021). Management practices on dairy cattle breeding farms in northwest of Algeria. SCIENTIFIC PAPERS ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGIES, 54(1), 237-237.

Rostant, M. M. (2022). Risques hydro-sanitaires liés à la multiplication des sources d'approvisionnement en eau dans les ménages à BERTOUA (Est-Cameroun). Espace Géographique et Société Marocaine, 1(56).

Sami, S., Hafsaoui, H., & Amani, Y. (2017). Impact Environnementale Des Entreprises Laitiere En Algerie. Cas De La Wilaya De Tiaret (Doctoral dissertation, université ibn Khaldoun Tiaret).

Sanders, P. (2005). L'antibiorésistance en médecine vétérinaire : enjeux de santé publique et de santé animale. Bulletin de l'Académie vétérinaire de France, 158(2), 137-143.

Schlundt, J. (2002). L'évaluation du risque comme outil de gestion de risque : le cas des contaminants microbiens. CIRAD.

Tamazouzt, S., Adel-Patient, K., Deschildre, A., Roduit, C., Charles, M. A., de Lauzon-Guillain, B., & Divaret-Chauveau, A. (2022). Prevalence of food allergy in France up to 5.5 years of age: results from the ELFE cohort. Nutrients, 14(17), 3624

Tebbah, H., & Zebar, H. (2017). Impact économique de la brucellose bovine dans la région de Tiaret (Doctoral dissertation, université ibn khaldoun-tiaret).

Tourdjman, M., Laurent, É., & Leclercq, A. (2014). Listériose humaine : une zoonose d'origine alimentaire. Revue francophone des laboratoires, 2014(464), 37-44.

Verhille, S. (2013). Bactéries pathogènes d'origine hydrique : émergentes et persistantes. Techniques de l'Ingénieur, J2820.

Verhille, S. (2013). Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable : interpréter les résultats de laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique. Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 13.

World Health Organization (WHO). (2022). Foodborne diseases : A global review of burden and trends. Geneva.

Zhang, Y., Liu, H., & Wang, J. (2022). Bacterial contamination in milk and meat : Sources and prevention strategies. Food Control, 136, 108832.

Zhao, M., Wang, Y., & Zhang, L. (2024). Advances in spore inactivation Methods for foodborne Clostridia. Trends in Food Science & Technology, 141, 234-245

Zhao, X. et al. (2021). Application of blockchain technology in Food safety : A review. Trends in Food Science & Technology, 109, 83–94.

Webographie :

[1] https://www.cchst.ca/oshanswers/hsprograms/hazard/risk_assessment.html

[2] https://www.neolait.fr/la-qualite-microbiologique-du-lait/