ÉVALUATION DE LA SALUBRITÉ MICROBIOLOGIQUE DE REPAS SERVIS PAR DIFFÉRENTS RESTAURANTS DE LA RÉGION MÉTROPOLITAINE DU GRAND MONCTON

THÈSE PRÉSENTÉE À LA FACULTÉ DES ÉTUDES SUPÉRIEURES ET DE LA RECHERCHE POUR L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE ÈS SCIENCES (NUTRITION-ALIMENTATION)

SITRAKA VOLOLONIAINA ANDRIAMANDIMBY

ÉCOLES DES SCIENCES DES ALIMENTS, DE NUTRITION ET D'ÉTUDES FAMILIALES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA SANTÉ ET DES SERVICES COMMUNAUTAIRES

UNIVERSITÉ DE MONCTON

SEPTEMBRE 2024

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à glorifier Dieu pour sa grâce infinie, sa bénédiction et la force qu'il m'a données tout au long de l'élaboration de ce travail.

Mes sincères remerciements vont également aux membres du jury :

- Le professeur Etienne Dako et la professeure Carole C. Tranchant, directeur de thèse et co-directrice de thèse, pour n'avoir ménagé aucun de leurs efforts durant leur supervision, en partageant leurs compétences et leurs conseils tout au long de ces deux années à l'Université de Moncton ;
- La professeure Caroline P. LeBlanc, de l'École des sciences des aliments, de nutrition et d'études familiales (ÉSANEF) de l'Université de Moncton, présidente du jury, pour avoir accepté d'accorder de son temps précieux ;
- Le professeur Slimane Belbraouet, ÉSANEF, Université de Moncton, examinateur interne, et le professeur Mathias Oulé de l'Université Saint-Boniface, examinateur externe, pour avoir accepté d'examiner ce travail et d'apporter des points de vue cruciaux dans l'optique d'une amélioration ;

Je suis reconnaissante également envers l'ensemble du personnel du Centre de Recherche sur les Aliments (CRA) de l'Université de Moncton, entre autres : Mesdames Yasmine Belbraouet, Assitan dite Atta Diallo et Denrene Christiana A. Cole pour leur encadrement, leur aide et leurs conseils précieux lors des manipulations au laboratoire.

Une gratitude éternelle est adressée à mes parents pour leur soutien constant dans la réalisation de mes rêves et ambitions, à mon époux pour son amour inconditionnel et son engagement à mon épanouissement académique, ainsi qu'à mes amies et amis proches qui m'ont accueillie comme un membre de leur famille et ont toujours été présent(e)s lorsque j'avais besoin d'elles et eux.

Enfin, un grand remerciement pour toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de cette thèse.

SOMMAIRE

La sécurité sanitaire des aliments est cruciale pour la santé publique, avec des millions de personnes touchées par des maladies d'origine alimentaire chaque année. Au Canada, les toxi-infections alimentaires, engendrées par des pathogènes et des pratiques d'hygiène alimentaire inadéquates, sont identifiées comme un problème sérieux affectant les consommateurs, en particulier la clientèle des restaurants. La question de recherche principale dans cette étude est de savoir quelle est la qualité microbiologique des repas servis dans les établissements de restauration du Grand Moncton et quels sont les facteurs influençant cette qualité ? Cette étude vise ainsi à explorer l'état de la salubrité microbiologique des repas dans les restaurants du Grand Moncton ayant été échantillonnés. Avec la croissance démographique rapide, il est crucial d'évaluer préventivement la sécurité sanitaire dans les établissements de restauration de la région afin de garantir à la clientèle des aliments salubres et une expérience gastronomique sécuritaire.

À travers une méthodologie transversale combinant des approches descriptives et explicatives, cette étude explore la qualité microbiologique d'aliments vendus dans des restaurants du Grand Moncton afin d'apprécier si les pratiques d'hygiène alimentaire sont respectées. Selon les critères d'inclusion définis, la population accessible comprend 330 restaurants situés dans trois villes du Grand Moncton (Dieppe, Moncton, Riverview), offrant une diversité représentative en termes d'offre alimentaire et de pratiques culinaires. Un échantillon représentatif de 66 repas, prélevé à partir du 01er au 30 novembre 2023, provenant de 33 restaurants dans les 3 villes, a été sélectionné à l'aide d'un échantillonnage probabiliste adoptant une approche aléatoire simple et stratifiée. Les variables dépendantes portaient sur la détection de germes indicateurs de salubrité alimentaire, en l'occurrence les bactéries aérobies mésophiles, les coliformes totaux et *Escherichia coli* dans les repas, fournissant des informations cruciales sur la qualité microbiologique des aliments analysés. Les variables indépendantes étaient la catégorie de repas (catégories 1 à 3), le type de service offert (complet ou restreint), le type de cuisine offert (diverses traditions culinaires), ainsi que l'emplacement géographique (trois villes). Les analyses microbiologiques ont été réalisées en utilisant des milieux sélectifs spécifiques et des protocoles bien définis. Un plan d'échantillonnage à 3 classes

distinguant trois niveaux de contamination a été utilisé pour interpréter les résultats. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS 26.0.

Les résultats révèlent une conformité relativement élevée aux normes établies, malgré la présence de risques microbiologiques décelables, notamment liés à la contamination par les bactéries aérobies. Trois catégories de repas ont été analysées dont les repas dits de deuxième catégorie se sont révélés être les plus contaminés (*p=0.007*) tant par les bactéries aérobies (< 10 à $2{,}3 \times 10^7$ UFC/g), que par les coliformes totaux (< 1 à >$1{,}6 \times 10^1$ UFC/g), mettant en évidence des défis persistants en matière de maîtrise du risque de contamination microbiologique. Bien que des différences de qualité microbiologique des repas aient été observées entre les villes étudiées, elles ne sont pas statistiquement significatives dans l'ensemble (*p = 0,631*). Cela indique des préoccupations communes à l'ensemble des établissements de restauration plutôt que des problèmes isolés à une ville en particulier. Les restaurants offrant un service complet maintiennent des normes d'hygiène plus strictes que ceux à service restreint, avec une association significative entre le type de service et la qualité microbiologique des repas (*p*=0,035), différences qui pourraient s'expliquer par divers facteurs entre autres les attentes élevées de la clientèle dans les restaurants avec un service complet pouvant inciter à investir davantage dans des pratiques d'hygiène rigoureuses. Des différences significatives (*p<0,001*) ont également été observées entre les types de cuisine, certains affichant une qualité microbiologique satisfaisante ; tandis que d'autres présentent principalement des repas de qualité médiocre. Les repas offerts dans les fast-foods franchisés étaient les plus contaminés, ce qui pourrait être attribué à des pratiques de transformation et de manipulation alimentaire inadéquates, au nettoyage insuffisant des locaux et des équipements ou encore à un manque de formation du personnel. Nos résultats soulignent l'importance de maintenir des normes d'hygiène élevées dans les établissements de restauration pour garantir la salubrité des repas et protéger la santé publique, en particulier les populations vulnérables. Ils mettent en évidence la nécessité de mesures proactives pour améliorer la conformité aux normes établies et d'un accompagnement spécifique pour remédier aux failles persistantes malgré l'existence de ces normes.

Mots clés : salubrité, repas, bactéries aérobies, coliformes totaux, *E. coli*, santé publique, contamination microbienne, services de restauration.

TABLES DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS ii

SOMMAIRE iii

TABLES DES MATIERES v

LISTE DES FIGURES vii

LISTE DES TABLEAUX viii

LISTE DES ABREVIATIONS x

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTÉRATURE 3

1.1. Tendances actuelles de consommation alimentaire au Canada 4

1.2. Établissements de restauration 4

1.3. Modèles, normes et programmes de contrôle du secteur de la restauration 6

1.4. Maladies d'origine alimentaire 7

1.5. États de connaissances sur des microorganismes à l'étude et leur impact sur la santé 10

1.5.1. Bactéries aérobies 11

1.5.2. Coliformes totaux 12

1.5.3. *Escherichia coli* 13

1.6. Potentialité de la région du Grand Moncton 15

Conclusion partielle 16

CHAPITRE 2 : HYPOTHÈSES ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 18

2.1. Hypothèses de l'étude 19

2.2. Objectifs de l'étude 20

2.3. Variables étudiées 20

CHAPITRE 3 : MATÉRIELS ET MÉTHODES 22

3.1. Conception de la recherche 23

3.1.1. Population à l'étude et devis de recherche 23

3.1.2. Collecte des échantillons 24

3.2. Méthode d'échantillonnage 26

3.3. Matériels et méthodes expérimentales 28

3.3.1. Première étape : préparation de la solution mère 28

3.3.2. Deuxième étape : Analyses des microorganismes 30

3.3.2.1. Détermination des Bactéries aérobies mésophiles 30

3.3.2.2. Détermination des coliformes totaux 31

3.3.2.3. Détermination des *Escherichia coli* 33

3.3.3. Troisième étape : Dénombrement des microorganismes 34

3.3.3.1. Dénombrement des colonies de bactéries aérobies mésophiles 35

3.3.3.2. Dénombrement de Coliformes Totaux et *Escherichia coli* 36

3.4. Interprétation et critères microbiologiques retenus 38

3.5. Analyses statistiques 40

Conclusion partielle 41

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS ET DISCUSSION 43

4.1. Profil de contamination microbienne des échantillons 44

4.2. Prévalence des niveaux de contamination pour les catégories de repas 47

4.3. Évaluation des niveaux de contamination selon les villes 50

4.4. Évaluation des niveaux de contamination entre les restaurants 56

4.4.1. Association entre la qualité microbienne et le niveau de service 62

4.4.2. Association entre la qualité microbienne et le type de cuisine 64

4.5. Forces et recommandations 68

4.5.1. Implications de l'étude 68

4.5.2. Recommandations et perspectives 69

4.6. Limites de l'étude 70

Conclusion partielle 74

CONCLUSION GÉNÉRALE 76

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 80

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Aliments contaminés 8
Figure 1.2 : Infection digestive 8
Figure 1.3 : Structure de la cellule d'*E. coli* 14
Figure 1.4 : Contamination par *E. coli* sur gélose EMB 14

Figure 3.1 : Critères d'inclusion et exclusion 24
Figure 3.2 : Échantillonnage proportionnel et stratifié des restaurants du Grand Moncton 27
Figure 3.3 : Série de dilutions décimales à partir de la solution mère 29
Figure 3.4 : Répartition de chaque dilution dans les boîtes de Pétri 30
Figure 3.5 : Interprétation suivant le plan à 3 classes 38

Figure 4.1 : Qualité microbiologique générale des repas 44
Figure 4.2 : Répartition des niveaux de contamination dans les 3 villes du Grand Moncton 53
Figure 4.3 : Répartition du niveau de qualité des repas dans les 3 villes 55
Figure 4.4 : Pourcentage de restaurants offrant un service complet et restreint 58
Figure 4.5 : Répartition des types de cuisines selon l'échantillonnage effectué 59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1 : Composition des séries d'éprouvettes lors de la détermination des coliformes totaux.....31
Tableau 3.2 : Quantité d'échantillons ensemencés dans les éprouvettes de BLST pour chaque dilution.....32
Tableau 3.3 : Détermination du nombre le plus probable.....37
Tableau 3.4 : Lecture du nombre le plus probable (NPP) de bactéries par 100 g de produit 100 g (mL) de produit à l'essai en utilisant 5 éprouvettes contenant 10, 1 et 0,1 mL ou g de produit à l'essai 37
Tableau 3.5 : Critères microbiologiques de références pour chaque catégorie de repas 39

Tableau 4.1 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 1.....43
Tableau 4.2 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 1 (suite) 44
Tableau 4.3 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 2.....45
Tableau 4.4 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 2 (suite) 46
Tableau 4.5 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 3.....47
Tableau 4.6 : Fréquence de non-conformité des repas selon les microorganismes étudiés 47
Tableau 4.7 : Pourcentages de repas non conforme pour les 3 microorganismes dans chaque catégorie de repas 48
Tableau 4.8 : Résultats du test exact de Fisher entre les catégories de repas et leur qualité microbiologique 49
Tableau 4.9 : Résultats du croisement des échantillons des 3 villes avec les microorganismes analysés.....52
Tableau 4.10 : Résultats du croisement entre la ville (A, B et C) et la qualité microbiologique générale des repas.....54

Tableau 4.11 : Résultats du test exact de Fisher entre la qualité des repas et les 3 villes 56
Tableau 4.12 : Proportion de repas contaminés selon les restaurants et les villes correspondantes 57
Tableau 4.13 : Caractéristiques des échantillons 60
Tableau 4.14 : Caractéristiques des échantillons (suite) 61
Tableau 4.15 : Résultat du croisement entre le type de service offert par les restaurants et la qualité microbiologique des repas 62
Tableau 4.16 : Résultats du test exact de Fisher entre le type de service et la qualité microbiologique des repas 63
Tableau 4.17 : Résultat du croisement entre le type de cuisine et le niveau de qualité microbiologique des repas 65
Tableau 4.18 : Résultats du test exact de Fisher entre le type de cuisine et la qualité microbiologique des repas 66

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACIA	Agence Canadienne d'inspection des aliments
BEC	Bouillon d'*Escherichia coli*
BGLB	Bouillon lactosé bilié au vert brillant à 2 %
BLST	Bouillon tryptosé au Lauryl-sulfate
BNQ	Bureau de normalisation du Québec
BPF	Bonnes Pratiques de Fabrication
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CRA	Centre de recherche sur les aliments
CT	Coliformes totaux
CTA	Compte total aérobie
ECDC	European Center for Disease Control and Prevention
ECEP	*E. coli* entéro-pathogène
ECET	*E. coli* entéro-toxigène
EFSA	European Food Safety Authority
EPT	Eau peptonée stérile
FAO	Food and Agriculture Organization
H_0	Hypothèse nulle
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
ISO	International Organization for Standardization
L-EMB	Eosine et bleu de méthylène de Levine
MALDI-TOF	Maltrix Assisted Laser Desorption Ionization Time of Flight
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
NPA	Numération des plaques aérobies
NPP	Nombre le plus probable
PCA	Plate count agar
PTT	Purpura thrombotique et thrombocytopénique
s.o	Sans objet
SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
SHU	Syndrome hémolytique et urémique
STEC	Shigatoxin-producing *E. coli*

TIA	Toxi-infection alimentaire
UFC	Unité formatrice de colonie

INTRODUCTION

Dans le domaine de la santé, la sécurité sanitaire des aliments est l'un des sujets les plus importants. À l'échelle mondiale, les maladies issues de la consommation des aliments contaminés touchent environ 600 millions de personnes dont, près de 420 000 en meurent chaque année (Organisation Mondiale de la Santé, 2022). Dans de nombreuses régions du monde, les agents pathogènes d'origine alimentaire et les maladies associées sont fréquents et entraînent une morbidité, une mortalité et des pertes économiques(Havelaar *et al*., 2015). Les différents modèles de production et systèmes alimentaires exposent les produits alimentaires à un risque de contamination par des micro-organismes pathogènes, (Van Berkum *et al*., 2017) accentué par des pratiques de manipulation inadéquates. En effet, les différentes étapes de la manipulation contaminent fréquemment les aliments par diverses espèces bactériennes et populations fongiques (Noor, 2019). Différents micro-organismes sont connus pour provoquer une intoxication alimentaire avec des symptômes communément connus pour ses complications graves de par la pénétration dans différents groupes d'aliments (Heredia & García, 2018 ; Khan *et al*., 2014). Les principaux types de bactéries sources de maladies d'origine alimentaire comprennent *Escherichia* spp., contaminant du lait et des jus de fruits non pasteurisés ainsi que des fruits et légumes (Noor *et al.*, 2014), *Salmonella* spp., contaminant de la volaille, des fruits de mer, des produits laitiers (Noor & Maniha, 2019) ou des produits aux œufs (Ryan *et al*., 2004); Brock *et al.*, 2000) ; *Listeria monocytogènes*, contaminant des fromages à pâte molle et du lait non pasteurisé(Toyofuku, 2024), *Staphylococcus* spp., contaminant principal des aliments prêts à manger (Sutra & de Buyser, 2005). Ces bactéries figurent parmi les principaux contaminants des viandes crues ou peu cuites. D'autres types, comme *Vibrio* spp, contaminent principalement les poissons ou les crustacés (Todd, 2014), et *Clostridium* spp, contaminent les aliments en conserve, les poissons fumés et salés (Noor *et al*., 2012).

La tendance actuelle des recherches et des mesures de sécurité sanitaire se concentre souvent sur l'étude des micro-organismes pathogènes dans les pays développés, tels que le Canada, en raison de leur potentiel à causer des maladies graves. Cependant, il est crucial de reconnaître que les bactéries indicatrices, telles que *E. coli*, les coliformes totaux et les bactéries aérobies, jouent également un rôle

significatif dans une analyse sanitaire complète. Ces bactéries, bien que souvent considérées comme des indicateurs de mauvaises pratiques de manipulation alimentaire, peuvent fournir des informations précieuses sur la qualité microbiologique et la sécurité des repas. Dans le cadre de la présente étude, il est primordial de souligner l'importance de ces germes indicateurs dans une analyse de la qualité sanitaire des aliments vendus, en mettant en lumière leur potentiel à révéler des risques pour la santé, associés à la consommation alimentaire.

L'assurance de l'innocuité des aliments pour prévenir les risques de toxi-infections d'origine alimentaires et assurer la santé des consommateurs repose sur tous les acteurs de la filière et non seulement des divers organismes de contrôles des denrées alimentaires. Les autocontrôles à travers un processus de routine de production et les contrôles officiels par la supervision de la conformité à la législation alimentaire, contribuent à la maîtrise de la sécurité sanitaire des aliments (Loukiadis *et al.*, 2012). Ainsi, la question de recherche qui émerge est la suivante : quelle est la qualité microbiologique des repas servis dans les établissements de restauration du Grand Moncton et quels sont les facteurs influençant cette qualité ?

Pour répondre à cette question, cette thèse a pour objectif général de décrire et explorer l'état de la salubrité microbiologique des échantillons alimentaires prélevés dans les restaurants du Grand Moncton en commençant par examiner quelques notions importantes sur les établissements de restauration, les maladies d'origine alimentaire et la justification de réaliser l'étude dans la région du Grand Moncton. Ensuite, elle explorera les différents équipements et méthodes utilisés pour évaluer la qualité microbiologique des repas fournis par ces établissements. Enfin, la dernière partie mettra en évidence les résultats de l'étude, leur interprétation, l'impact de cette étude, ainsi que ses limites et ses forces, suivis de quelques recommandations et d'une conclusion générale.

CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTÉRATURE

1.1. Tendances actuelles de consommation alimentaire au Canada

Ces dernières années, la nutrition et la santé sont deux notions souvent au centre des discussions au sein des industries agroalimentaires et des établissements de restauration. En matière d'alimentation, les choix de la clientèle reposent sur différents facteurs individuels allant du coût des aliments, de la préférence sensorielle, des déterminants socioculturels et économiques, des connaissances en nutrition et compétences culinaires ainsi que des facteurs environnementaux (Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), 2023 ; Gouvernement du Québec, 2002). Au Canada, la consommation d'aliments à l'extérieur du domicile fait partie des habitudes alimentaires de la population. L'étude nationale sur la nutrition et la santé dans les collectivités canadiennes réalisée en 2015 a montré qu'environ 1 personne sur 5 avait consommé un aliment cuisiné dans un restaurant la veille de l'enquête (Polsky et Garriguet, 2021). Il est noté qu'actuellement, les établissements de restauration et les chaînes de restauration rapide se multiplient de jour en jour. Selon les statistiques, en moyenne, les visites quotidiennes dans les 97 000 restaurants recensés au Canada en 2018 sont estimées à 22 millions (Gouvernement du Canada, 2021) et l'enquête mensuelle sur les services de restauration et les débits de boissons a révélé que les ventes pour ces services ont affiché une augmentation de 12,9% en 2023 (Gouvernement du Canada, 2024).

Cette tendance croissante de la consommation alimentaire à l'extérieur du domicile se révèle être une réalité de plus en plus courante dans l'ensemble des provinces et territoires du pays. En 2021, environ 21,4 % du budget alimentaire des ménages canadiens sont alloués aux collations et breuvages ainsi qu'aux repas achetés au restaurant avec un pourcentage de 20,86 % pour la province du Nouveau-Brunswick (Statistique Canada, 2012). La compréhension des habitudes alimentaires des individus permet de réaliser l'importance de l'évaluation de la qualité des repas proposés dans les restaurants afin de promouvoir des choix alimentaires sains.

1.2. Établissements de restauration

Selon Fisseha *et al*. (1999), un établissement de restauration désigne toute entité commerciale qui sert ou vend des aliments et des boissons, indépendamment de son statut juridique. Quelques études ont montré que la qualité de la nourriture, l'ambiance, la convivialité de l'environnement et le service des employés sont des composantes

essentielles de l'expérience en restaurant, jouant un rôle clé dans la perception de la qualité du service et distinguant les établissements de restauration entre eux (Ryu *et al*., 2012 ; Liu et Jang, 2009 ; Powers & Barrows, 2006). Les restaurants offrent une large gamme de prix, différents types de cuisine et des styles de services variés (Powers & Barrows, 2006). Certains offrent même la livraison de nourriture à domicile, un type de service qui s'est rapidement répandu depuis la pandémie de COVID-19 en 2020 (Statista, 2024).

L'ensemble des types d'établissements offrant ces services communément appelé « établissements de restauration », comprenant entre autres les restaurants, les cantines (par exemple les restaurants universitaires ou restaurants d'entreprises), les cafés, les bars, les traiteurs et les services de livraison de repas à domicile (Kivela *et al.,* 1999*)*. Le but étant de satisfaire les besoins alimentaires et sociaux des consommateurs, ces établissements se diffèrent par leur taille, la spécialisation culinaire et le type de service (Walker, 2016).

Le secteur de la restauration est en perpétuelle évolution. Les définitions présentées ci-dessous décrivent dans une certaine mesure le concept. Il faut toutefois noter que suite aux changements actuels, différents modèles et tendances ont vu le jour et gagnent en popularité. La restauration a historiquement été vue comme un modèle où la consommation de la nourriture en général se fait sur place. Or, de nos jours, les services de livraison des repas dont les commandes se font seulement en ligne ou à l'auto prennent, de plus en plus d'ampleur. Certains établissements n'ont même plus de salle en soi pour accueillir la clientèle.

Au Canada, le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) permet de classer les entreprises selon leur secteur d'activité économique. Il existe par exemple deux catégories de restaurants (Statistique Canada, 2017) :

- Services de restaurations à service complet (code 722511) : les repas sont servis aux clients assis avec une sélection variée de plats élaborés sur place.
- Services de restaurations à service restreint (code 722512) : cette 2ème catégorie dont les services sont limités pour les consommations sur place offre des repas généralement à emporter.

1.3. Modèles, normes et programmes de contrôle du secteur de la restauration

Plusieurs modèles et normes régissent le secteur de la restauration en l'occurrence en matière de qualité, d'hygiène et de service. Parmi ceux-ci, il peut être distingué :

- Les normes HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points)

Selon le Bureau de Normalisation du Québec (BNQ), c'est un système de gestion de la sécurité alimentaire, qui peut être appliqué à tout acteur ou secteur de cette chaine (BNQ, 2023). Il permet de définir, d'évaluer et de contrôler les dangers chimiques, physiques et microbiologiques liés à la production, au stockage et à la distribution des aliments qui pourraient menacer la salubrité des aliments (BNQ, 2023 ; Ropkins & Beck, 2021).

- La norme ISO 22000 ou système de management de la sécurité des denrées alimentaires

Ce système intègre les normes ISO 9001, pour toute activité de production d'aliments (BNQ, 2023). C'est une norme internationale qui non seulement met en exergue les exigences relatives au système de management de la sécurité des denrées alimentaires, mais aussi, prend en compte la planification, la communication et la mise en œuvre des processus de sécurité alimentaire (ISO, 2018).

En général, ces deux systèmes de normes sont les plus adaptés à tous les modèles de production alimentaire. Toutefois, leur adoption et leur respect dans le secteur de la restauration peuvent s'avérer complexes et coûteux. La mise en œuvre de ces normes, ainsi que leur conformité, nécessitent souvent des conseils et un encadrement supplémentaires (Bole, 2022). Cependant, elles ne prennent pas suffisamment en compte les responsabilités sociales, telles que les conditions de travail des employés, les pratiques éthiques au sein de la chaîne d'approvisionnement, l'impact environnemental, et la contribution à la communauté locale alors que ces aspects devraient également être intégrés dans une approche de gestion durable des établissements de restauration.

Au Canada, le contrôle de la salubrité des aliments à l'échelle nationale est assuré par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), une agence fédérale. Le ministre de la Santé est responsable de l'élaboration et de la mise en œuvre

des normes et des politiques régissant la salubrité des aliments, ainsi que de l'orientation générale de l'ACIA (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2014). Cette dernière veille à la conformité réglementaire et à l'application de la loi, mène des enquêtes sur la salubrité des aliments, évalue les risques, émet des avis de rappel et vérifie l'efficacité des mesures mises en place (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2022). Cependant, elle ne supervise pas directement les établissements de restauration, puisque ceci relève plus de la compétence des gouvernements provinciaux et territoriaux. La province du Nouveau-Brunswick par exemple est autonome. Dans cette province, la réglementation et la supervision de la salubrité des aliments des établissements sont effectuées par la Direction générale de la protection de la santé du ministère de la Santé (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2014). Le respect des normes et des exigences est contrôlé par les inspectrices et inspecteurs de la santé publique (Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2021b). Une formation en salubrité alimentaire pour les gestionnaires des restaurants et les employés et employées à travers le programme de certification *FoodSafe* est aussi exigée par la province (Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2021a).

1.4. Maladies d'origine alimentaire

Malgré l'existence des programmes d'inspections alimentaires, les établissements de restauration se retrouvent souvent face à des défis pour maintenir de façon continue la qualité de leurs services et des repas qu'ils fournissent en assurant aux consommateurs la salubrité des aliments.

Les sources de contaminations des aliments sont multiples et constituent l'une des principales préoccupations de la clientèle et des établissements de restaurations. En effet, les producteurs doivent constamment améliorer les propriétés organoleptiques des aliments en fonction des besoins des consommateurs, en tenant compte non seulement des aspects nutritionnels, mais aussi des aspects de sécurité des aliments (Gaybor Quitio, 2022). Par ailleurs, les consommateurs ne se soucient plus seulement de consommer des aliments savoureux et en quantités généreuses, mais également de la qualité et des bienfaits de ces aliments pour la santé (Gaybor Quitio, 2022).

Pour les Canadiens et Canadiennes, la sécurité alimentaire est un sujet de grande envergure (Santé Canada, 2009). Dans les établissements de restauration, il arrive quelquefois que les normes ne soient pas suivies ou soient partiellement respectées par le personnel et ceci expose non seulement les consommateurs, mais aussi les employés aux maladies d'origine alimentaire. Ces dernières peuvent résulter d'une intoxication, d'une infection ou d'une toxi-infection.

Une intoxication alimentaire ou empoisonnement (Santé Canada, 2023) se produit par ingestion de toxines produites par les microorganismes présents dans les aliments contaminés (figure 1.1) et entraînant une réaction toxique dans l'organisme. Une infection alimentaire par contre est une maladie provoquée par la consommation d'aliments contaminés par des agents entéro-pathogènes viables dans les aliments, pouvant se multiplier dans le tractus digestif (figure 1.2), voire envahir d'autres organes et tissus. Enfin, une toxi-infection alimentaire (TIA) résulte de la combinaison des deux notions préalablement citées. Elle se produit lorsque la contamination des aliments ou de boissons se fait par les virus, les bactéries ou les parasites ou encore par un grand nombre de cellules viables de certaines souches bactériennes pathogènes ou non, capables de causer des gastro-entérites chez les individus sensibles (Dubois-Brissonnet & Guilliet, 2020).

Figure 1.1 : Aliments contaminés

(Académie Saint-Bernard, non daté)

INGESTION

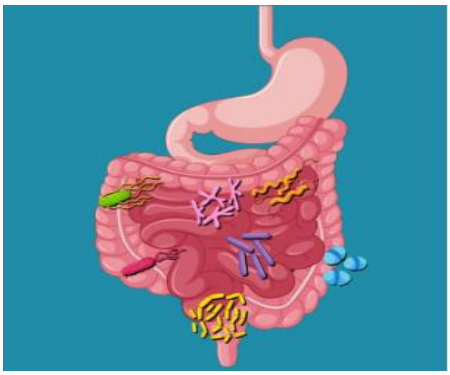


Figure 1.2 : Infection digestive

(Diébakhat, 2023)

Par ailleurs, l'ingestion de ces aliments contaminés peut entraîner la consommation d'agents pathogènes qui produisent des toxines dans le corps après ingestion. Les symptômes associés peuvent être dus à la présence directe de l'agent

pathogène ainsi qu'aux toxines qu'il libère dans l'organisme (Dubois-Brissonnet & Guilliet, 2020).

La présente recherche se penche plus spécifiquement sur le risque de toxi-infection alimentaire. Les manifestations de la toxi-infection diffèrent en fonction de l'agent pathogène responsable, mais peuvent se présenter généralement avec des nausées, de la diarrhée, des vomissements, des douleurs abdominales, et quelquefois de la fièvre et des frissons (World Health Organization, 2022).

Dans les pays développés comme ceux d'Europe ou encore les Etats-Unis, les maladies d'origine alimentaire figurent parmi les problèmes de santé publique les plus préoccupants (CDC, 2018 ; EFSA & ECDC, 2021).

Dans les pays européens, un rapport conjoint du Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (ECDC), et de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA), montre en 2019, environ 5000 foyers de maladies d'origine alimentaire ayant fait 60 décès, auxquels sont souvent impliqués les établissements de restauration (EFSA & ECDC, 2021).

Aux Etats-Unis, les cas en relation avec les éclosions de toxi-infections alimentaires sont liés fréquemment aux restaurants et les pratiques inadéquates de manipulation et contamination croisée des aliments. Selon les « Centers for Disease Control and Prevention (CDC) », les personnes atteintes de maladies issues d'origine alimentaire sont estimées à 48 millions dont 3000 décès et 128 000 hospitalisées, chaque année (CDC, 2018).

Comme ces autres pays développés, au Canada, environ 4 millions de Canadiens sont atteints chaque année de maladie d'origine alimentaire selon le gouvernement (Santé Canada, 2023). Ainsi, l'analyse de la sécurité alimentaire des repas dans les restaurants aide à repérer les dangers pour la santé liée à la consommation alimentaire à l'extérieur, comme la toxi-infection alimentaire, les allergènes, et les proportions excessives d'ingrédients potentiellement à risque dans les repas. En anticipant ces menaces, des actions préventives peuvent être instaurées pour préserver la santé des clients.

1.5. États de connaissances sur des microorganismes à l'étude et leur impact sur la santé

Les principales sources de maladies d'origine alimentaire sont le *Clostridium botulinum*, le *Campylobacter*, le *Cronobacter*, la *Cyclospora*, l'*E. coli*, les virus de l'Hépatite A et E, la *Listeria*, le *Norovirus*, la *Salmonelle*, le *Shigella* et le *Vibrio* (Santé Canada, 2023). Parmi ces bactéries et virus, certains sont d'origine fécale et peuvent survivre dans des conditions aérobies, entre autres le *Campylobacter* (Agence de la santé publique du Canada, 2012a), *E. coli* (Agence de la santé publique du Canada, 2012b), *Salmonella* (Agence de la santé publique du Canada, 2011c), *Shigella* (Agence de la santé publique du Canada, 2001) et les virus Hépatite A et E (Agence de la santé publique du Canada, 2011a) et (Agence de la santé publique du Canada, 2011b).

Les pratiques d'hygiène alimentaire inadéquates, telles que la manipulation inappropriée des aliments ou le non-respect des normes de température de conservation, sont souvent associées à la propagation de microorganismes pathogènes dans les restaurants (Scallan *et al.*, 2011 ; Todd *et al*., 2010 ; Green *et al.*, 2006). Par ailleurs, les connaissances et pratiques en matière de salubrité alimentaire peuvent varier en fonction des différences culturelles et des spécificités culinaires régionales. Par exemple, des plats traditionnels à base d'ingrédients crus ou légèrement cuits sont courants dans certaines cultures et peuvent être perçus différemment en matière de risques sanitaires (Allafi *et al.*, 2020) . Cependant, la préparation de ces aliments présente un risque élevé de contamination croisée. Ainsi, cette étude se concentre sur la détermination de bactéries indicatrices de ces mauvaises manipulations des aliments, qui ne sont pas souvent considérées comme des menaces potentielles alors qu'elles peuvent affecter la santé publique. En effet, les coliformes totaux, *E. coli* et les bactéries aérobies, lorsqu'elles sont présentes en quantités excessives dans les aliments, peuvent être à l'origine d'une toxi-infection. Ces bactéries peuvent contaminer les aliments tout au long de la chaîne de production (manipulation et transformation) ou du stockage, et des traitements incorrects ou une mauvaise cuisson des aliments contaminés avant la consommation peut entraîner des maladies chez les personnes qui les consomment (MAPAQ, 2019).

1.5.1. Bactéries aérobies

Les bactéries aérobies prospèrent et se multiplient exclusivement en présence d'oxygène dans leur environnement. Elles sont adaptées à vivre dans un milieu constitué d'air ambiant, caractérisé par une concentration d'oxygène de 21 % et de dioxyde de carbone de 0,03 %. Ces micro-organismes utilisent activement l'oxygène pour leur croissance et leur métabolisme. Selon leurs exigences en oxygène, les populations bactériennes sont classées en plusieurs catégories distinctes. Les aérobies obligatoires tels que *Bacillus*, *Mycobacterium* et *Pseudomonas*, sont incapables de survivre en l'absence d'oxygène, tandis que les aérobies facultatifs comme les Enterobacteriaceae ne sont pas totalement tributaires de sa disponibilité dans leur milieu. Les microaérophiles, comme le *Campylobacter* par exemple, nécessitent seulement une petite quantité d'oxygène pour produire de l'énergie, mais une concentration excessive peut leur être nuisible. Enfin, les aérobies aérotolérants entre autres les lactobacilles et les streptocoques ne tirent pas parti de l'oxygène pour leurs activités métaboliques et énergétiques, mais ils ne subissent pas non plus d'effets négatifs de sa présence (Anonyme, 2021).

Le compte total aérobie (CTA), communément appelé numération aérobie sur plaque, représente un outil essentiel pour estimer la population bactérienne présente dans un échantillon alimentaire. Cette méthode, bien qu'elle ne prétende pas offrir une vision exhaustive de la diversité bactérienne ni distinguer les différents types de micro-organismes dans un produit alimentaire, vise principalement à fournir une estimation du nombre de bactéries capables de prospérer dans un environnement aérobie (Mendonca *et al*., 2020) à des températures définies telles que pour les bactéries psychrophiles (0°C à 20°C), mésophiles (20°C à 45°C), thermophiles (supérieure à 45°C) (Santé Canada, 2020).

Par ailleurs, l’analyse du CTA trouve une application significative dans l'évaluation de la salubrité alimentaire, de l'appréciation sensorielle, ainsi que de la conformité aux Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF). Les données obtenues grâce à cette analyse sont d'une importance capitale pour les transformateurs d'aliments, leur fournissant des informations cruciales sur la qualité des matières premières utilisées, les conditions de transformation et de stockage des produits alimentaires, ainsi que sur la manipulation du produit fini. En outre, elle s'avère précieuse pour anticiper la durée

de conservation et les éventuels changements des caractéristiques organoleptiques d'un produit alimentaire si le compte détecté atteint les 10^6 - 10^7 UFC par g ou ml (Mendonca *et al*., 2020).

Les études de Mendonca *et al*. (2020) et (Cason *et al*., 1997) ont montré que l'estimation du nombre de bactéries aérobies dans un aliment ne constitue pas un indicateur absolu de la sécurité alimentaire microbiologique, car elle ne permet pas de détecter directement la présence d'agents pathogènes ou de toxines. Un faible nombre de colonies observées ne garantit pas nécessairement l'absence d'agents pathogènes. Mais la présence inhabituellement élevée de colonies peut être indicateur d'un risque pour la santé publique, nécessitant des analyses supplémentaires pour détecter la présence d'agents pathogènes. Ainsi, l'interprétation des résultats du compte total aérobies doit être nuancée, en tenant compte du type spécifique de produit alimentaire et de la normalité ou de l'anomalie d'un nombre élevé de colonies pour ce produit (Mendonca *et al*., 2020).

1.5.2. Coliformes totaux

Les coliformes totaux, groupe d'entérobactéries comprennent des espèces bactériennes présentes dans l'intestin des animaux homéothermes et dans divers environnements tels que les sols, la végétation et l'eau (Groupe scientifique sur l'eau, 2017). Ils se caractérisent par leur structure Gram négative, l'absence de spores, leur forme en bâtonnet, leur capacité motile variable, leur capacité de réduire les nitrates en nitrites dans des conditions anaérobies et leur métabolisme respiratoire et fermentaire (MAPAQ, 2019). Leur capacité préférentielle à fermenter le lactose pour produire de l'acide et du CO_2 à 35°C les distingue particulièrement. Parmi les principaux genres bactériens inclus dans ce groupe, certaines souches d'*Escherichia coli* et de rares bactéries pathogènes opportunistes (MAPAQ, 2019) sont pathogènes, notamment les genres tels que *Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella* (World Health Organization, 2008) et *Serratia* (MAPAQ, 2019). Mais en général, outre ces exceptions, les coliformes totaux ne sont pas pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé (World Health Organization, 2008)

La présence de coliformes totaux dans les aliments peut indiquer un traitement thermique inefficace, une contamination post-traitement ou des problèmes de nettoyage et de désinfection des équipements (MAPAQ, 2019). Aussi, ils jouent un

rôle crucial en tant qu'indicateur de la qualité microbienne de l'eau notamment en raison de la présence de bactéries fécales telles qu'*Escherichia coli* (Groupe scientifique sur l'eau, 2017).

1.5.3. *Escherichia coli*

Escherichia coli est une bactérie intestinale des mammifères, appelée colibacille et qui est très commune chez l'être humain (Ratsimba, 2012). Appartenant à la famille des *Enterobacteriacea*, cette espèce figure dans un sous-groupe de bactéries des coliformes totaux en l'occurrence les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants. *E. coli* joue un rôle prépondérant en tant qu'indicateur de contamination d'origine fécale, du fait de sa présence dans le tractus digestif des animaux et des êtres humains. Elle se distingue en tant que seule représentante du groupe des coliformes à être exclusivement associé à une origine fécale (MAPAQ, 2019).

Deux souches d'*E. coli* sont reconnues d'être responsables de toxi-infection alimentaire : les souches *E. coli* entéro-pathogène (ECEP) et *E. coli* entéro-toxinogène (ECET) (Dubois-Brissonnet & Guillier, 2020). Lorsque la souche est isolée d'un aliment, on parle de Shiga toxin-producing *E. coli* ou STEC c'est-à-dire *E. coli* producteurs de shigatoxines et qui sont des pathogènes majeurs en santé publique du fait de la sévérité des affections qu'ils engendrent, et pouvant être mortelles (Loukiadis *et al*., 2012). Les voies de transmission de ces infections à STEC à l'homme sont principalement la consommation d'aliments contaminés, l'ingestion d'eau contaminée, la transmission de personne à personne et le contact avec des animaux (en l'occurrence les bovins) et leur environnement (Daube *et al*., 2007).

Selon la nature de l'aliment, la présence d'*E. coli* peut être interprétée de manière différente en ce qui concerne le risque pour la santé humaine, par exemple, entre la viande crue et les aliments cuits prêts-à-manger. Sa détection dans ces derniers est inacceptable, même si une certaine tolérance est parfois admise. La présence d'*E. coli* dans ces aliments indique la présence possible de microorganismes pathogènes entériques, qui se trouvent être une menace potentielle pour la consommation humaine, car aucun traitement ultérieur ne sera appliqué. Il convient toutefois de souligner que la résistance d'*E. coli* est moindre par rapport à certains autres microorganismes pathogènes entériques, tels que la *Salmonelle* et le *Norovirus* (MAPAQ, 2019). Ainsi, l'absence d'*E. coli* ne garantit pas nécessairement l'absence totale de ces

microorganismes pathogènes entériques surtout si un échantillon affiche une présence de bactéries coliformes (Neilson Research Corporation, 2024). La détection d'*E. coli* dans les aliments peut signaler une contamination fécale des matières premières, un traitement thermique insuffisant, un contrôle inadéquat de la température des aliments, une contamination croisée ou une hygiène défaillante (MAPAQ, 2019).

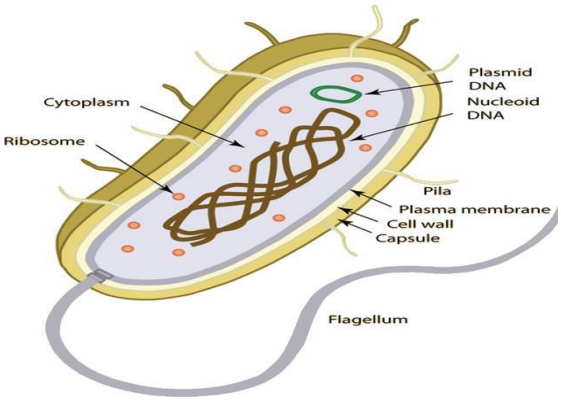


Figure 1.3 : Structure de la cellule d'*E. coli*

(Basavaraju *et al*., 2022)

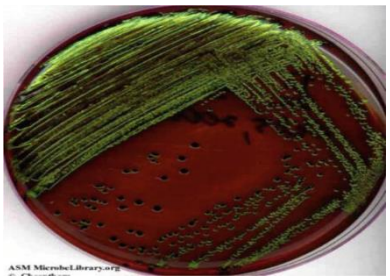


Figure 1.4 : Contamination par *E. coli* sur gélose EMB

(Basavaraju *et al*., 2022)

En général, l'incubation d'*E. coli* dure 3 à 9 jours et conduit à de violentes diarrhées aqueuses associées à des crampes abdominales, pouvant quelquefois devenir hémorragiques (Ratsimba, 2012) après ingestion d'une dose infectieuse faible (inférieure à 100 unités formant colonies) (Caprioli, 2005). Les pathologies liées à une haute présence de bactéries aérobies, des niveaux de coliformes totaux excédant les normes acceptables et à la présence d'*E. coli* englobent diverses infections gastro-intestinales et autres maladies, potentiellement fatales dans certains cas. Ces affections peuvent entraîner parfois des complications (Daube *et al*., 2007) comme le syndrome hémolytique et urémique (SHU) (Ratsimba, 2012) ou encore plus rarement le purpura thrombotique et thrombocytopénique (PTT), pouvant provoquer la mort (Griffin & Tauxe, 1991). Ces deux pathologies ont en commun des lésions des cellules endothéliales de la microcirculation avec un gonflement cellulaire, une thrombose et une agrégation plaquettaire, suivant le lit vasculaire le plus atteint tel que celui des reins pour le SHU et celui du système nerveux pour les PTT (Anonyme, 2003).

1.6. Potentialité de la région du Grand Moncton

En termes de population, le Grand Moncton, regroupant les municipalités de Moncton, Riverview et Dieppe, représente environ 21% du total de la population de la province du Nouveau Brunswick (Watson & Associates, 2024). En 2024, la population est estimée à 86 110 habitants faisant du grand Moncton la plus grande région métropolitaine de la province (World Population Review, 2024). Cette dernière décennie a été marquée par une augmentation significative de la population du Grand Moncton avec un taux de 20% et la région a affiché une croissance de 5,4% en juillet 2022, représentant la croissance démographique la plus rapide au Canada. Sur les cinq dernières années, environ les deux tiers de la migration, principale cause de cette expansion, vers le Grand Moncton ont été attribués à la migration internationale.

En outre, la diversité culturelle de la ville de Moncton est remarquable. Des individus venant des quatre coins du globe ont choisi de s'y établir (Culture Moncton, 2016). Cette diversité se reflète également dans la variété de restaurants ethniques proposés, enrichissant ainsi le paysage culinaire de la ville.

Plusieurs études se sont concentrées sur les éclosions de maladies d'origine alimentaire au Canada, dues principalement à des agents pathogènes tels que *Salmonella* (Bélanger *et al.*, 2015) et sur la recherche de méthode de détection d'agents pathogènes dans les aliments (Kakese Mukosa, 2024). D'autres études, entre autres celle de Shedleur-Bourguignon (2024) a étayé une meilleure compréhension des mécanismes de contamination liés à *Listeria monocytogenes* dans les environnements de découpe en abattoir porcin, en vue de prévenir la contamination des produits prêts à consommer et le risque de toxi-infection alimentaire. Cependant, aucune étude à ce jour ne semble avoir été effectuée sur une évaluation préventive de la sécurité sanitaire des aliments des établissements de restauration, notamment dans le Grand Moncton, par rapport à ces germes décrit antérieurement. En effet, les agences d'inspections des aliments effectuent des contrôles fréquents, pour s'assurer que ces établissements suivent les normes préétablies. Cependant, avec la demande croissante des consommateurs, il est connu que les restaurateurs se trouvent souvent face à des défis qui ne leur permettent pas de toujours suivre les protocoles.

Dans le contexte dynamique du Grand Moncton, cette thèse vise à explorer les opportunités offertes par cette région florissante. Elle s'engage à identifier et à évaluer

les risques potentiels pour la santé, liés à la consommation alimentaire dans les multiples restaurants de la zone. L'objectif primordial est de prévenir les maladies avant même qu'elles ne surviennent, en proposant des mesures préventives pour atténuer ces risques. En offrant ainsi un environnement culinaire sécurisé, cette étude aspire à permettre aux consommateurs de jouir pleinement d'une expérience gastronomique sans souci.

Conclusion partielle

Afin d'évaluer les pratiques d'hygiène et les normes de sécurité alimentaire dans les restaurants du Grand Moncton, les défis liés à la qualité et à la sécurité alimentaire dans les établissements de restauration ont été abordés à travers cette étude. Les normes et programmes existants visent à garantir la salubrité des aliments, mais des lacunes persistent. Les normes telles que HACCP et ISO 22000 sont essentielles pour garantir la sécurité alimentaire. Cependant, l'application de ces normes peut être complexe pour le secteur de la restauration, nécessitant souvent des conseils supplémentaires.

Les toxi-infections alimentaires sont un problème sérieux, causé par des pratiques d'hygiène inadéquates. Ces infections peuvent entraîner divers symptômes et représentent un défi majeur pour la santé publique dans de nombreux pays développés, y compris le Canada.

Plusieurs microorganismes pathogènes peuvent être à l'origine de maladies d'origine alimentaire. Cette étude se concentre sur les bactéries indicatrices de mauvaises manipulations alimentaires, comme les coliformes totaux, *E. coli* et les bactéries aérobies, pouvant causer également des toxi-infections alimentaires. Ces bactéries peuvent contaminer les aliments tout au long de leur traitement et stockage, et leur consommation sans une manipulation correcte peut entraîner des maladies.

Le compte total aérobie est un outil crucial pour estimer la population bactérienne dans les aliments, offrant des informations essentielles sur la qualité des matières premières, les conditions de transformation et de stockage, ainsi que la conformité aux Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF). Bien que le CTA ne puisse pas détecter directement la présence d'agents pathogènes, un nombre élevé de colonies peut signaler un risque potentiel pour la santé publique, nécessitant des analyses supplémentaires. La présence de coliformes totaux et d'*E. coli* peut indiquer des

problèmes tels qu'un traitement thermique inadéquat, une contamination post-traitement ou des lacunes dans le nettoyage des équipements. Certaines souches d'*E. coli* peuvent causer des toxi-infections alimentaires sévères, potentiellement mortelles, nécessitant une attention particulière en matière de sécurité alimentaire. La détection d'*E. coli* dans les aliments peut signaler une contamination fécale, un traitement thermique insuffisant, une hygiène inadéquate ou une contamination croisée.

Cette présente étude a pour but de décrire l'état de la salubrité microbiologique des repas servis dans les restaurants du Grand Moncton et d'évaluer les risques potentiels pour la santé. Par ailleurs, la croissance démographique rapide et la diversité culturelle de la région mettent en lumière le besoin d'évaluer préventivement la sécurité sanitaire des aliments dans les établissements de restauration de la région. En explorant ces risques potentiels et en proposant des mesures préventives, l'objectif est d'offrir une expérience culinaire où la sécurité sanitaire est prioritaire, ce qui contribue à améliorer la confiance et la satisfaction de la clientèle.

Afin de mener à bien cette recherche, la partie suivante décrit certains fondements à la base de cette étude en mettant en avant les différentes hypothèses et objectifs choisis.

CHAPITRE 2 : HYPOTHÈSES ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les acteurs du secteur alimentaire, bien qu'ayant reçu une formation en sécurité alimentaire, ne sont pas toujours pleinement conscients des risques microbiologiques ou des bonnes pratiques d'hygiène nécessaires (Worsfold *et al*., 2004). Selon certaines études, il existe une variabilité du point de vue local ou régional. Or, les défis rencontrés et les particularités des restaurants ne sont pas souvent bien définis et compris puisque les études existantes sur la salubrité des aliments se font plutôt à l'échelle nationale ou internationale (Da Cunha *et al.*, 2014).

De ce fait, la présente étude vise à fournir un portrait de la qualité microbiologique de l'offre alimentaire proposée dans divers restaurants de la région métropolitaine du Grand Moncton afin d'émettre des recommandations pour assurer l'innocuité des repas offerts.

2.1. Hypothèses de l'étude

En réponse à notre question de recherche, qui est la suivante : quelle est la qualité microbiologique des repas servis dans les établissements de restauration du Grand Moncton et quels sont les facteurs influençant cette qualité ? nous avons formulé et choisi de tester les hypothèses suivantes :

- Hypothèse 1 : De façon générale, la qualité microbiologique des repas servis est satisfaisante, démontrant un niveau élevé de conformité aux normes ou aux seuils d'acceptabilité microbiologiques correspondants ;
- Hypothèse 2 : Les niveaux de contamination microbienne varient selon la nature des microorganismes indicateurs considérés ;
- Hypothèse 3 : La qualité microbiologique des repas varie selon la catégorie de repas, le type de service offert ainsi que certaines caractéristiques des restaurants tels que le type de cuisine servie et leur emplacement géographique ;
- Hypothèse 4 : La qualité microbiologique des repas est supérieure dans les restaurants ayant démontré un niveau de conformité élevé tel qu'avéré par les résultats d'inspection sanitaire de l'ACIA.

2.2. Objectifs de l'étude

Afin de vérifier ces hypothèses, trois objectifs spécifiques (OS) ont été fixés à savoir :

- OS1 : Prélever des échantillons de repas dans un nombre de restaurants et effectuer pour chaque échantillon des analyses microbiologiques pour évaluer sa salubrité microbiologique ;
- OS2 : Évaluer les tendances de contaminations potentielles par rapport à différents facteurs tels que les catégories de repas, le type de service offert, le type de cuisine servie et l'emplacement géographique, et évaluer leur significativité statistique ;
- OS 3 : Proposer si nécessaire des recommandations pour optimiser la conformité des repas suivant les problèmes rencontrés par rapport aux résultats des analyses.

2.3. Variables étudiées

L'étude du profil de contamination microbienne des échantillons s'est concentrée sur la détection de la présence des bactéries aérobies mésophiles, des coliformes totaux et des *E. coli* dans les repas des restaurants échantillonnés. Ces microorganismes sont les principaux indicateurs pour évaluer la qualité microbiologique des repas et représentent les variables dépendantes de l'étude. Leur présence ou leur absence offre des informations cruciales sur la sécurité sanitaire des aliments analysés.

D'autre part, les variables indépendantes sont les catégories de repas (catégories 1, 2 et 3), le type de service offert (service complet ou restreint), le type de cuisine servie (pour avoir une diversité de traditions culinaires), ainsi que l'emplacement géographique (villes A, B et C).

Pour cette étude, les 3 catégories de repas se diffèrent selon leur composition :

- Catégorie 1 : repas prêts à manger cuits
- Catégorie 2 : repas prêts à manger composés de multiples ingrédients cuits et crus
- Catégorie 3 : repas prêts à manger qualifiés de produit de boulangerie.

Cette approche permet de déterminer le niveau de contamination microbiologique des échantillons étudiés, fournissant ainsi des données pertinentes pour évaluer la qualité des pratiques d'hygiène alimentaire dans les établissements considérés en se basant sur différents facteurs.

L’évaluation microbiologique de la salubrité des repas fournis par les établissements de restauration nécessite une méthodologie bien établie. Ainsi, le chapitre suivant présentera le protocole de recherche et les matériels et méthodes utilisés durant l’étude.

CHAPITRE 3 : MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1. Conception de la recherche

3.1.1. Population à l'étude et devis de recherche

Pour établir une portée théorique solide de cette étude et pour explorer en profondeur les facteurs sous-jacents qui pourraient influencer les résultats, le devis de l'étude a été défini comme étant transversal, à la fois descriptif et explicatif. Cela permettra d'obtenir une vision globale des pratiques d'hygiène alimentaire dans la région de l'étude, tout en examinant les raisons et les mécanismes qui sous-tendent ces pratiques.

La démarche prévue pour mener à bien la recherche est de délimiter en premier la population cible. La zone d'étude est définie comme la région métropolitaine du Grand Moncton, située dans la province du Nouveau-Brunswick. Trois villes distinctes y sont incluses : Moncton, Dieppe et Riverview. Cette sélection géographique est pertinente à plusieurs égards. Tout d'abord, ces trois villes offrent une diversité de restaurants et de consommateurs qui peut être considérée comme représentative. Ensuite, la région regorge d'une multitude d'établissements avec une richesse de l'offre culinaire, ce qui en fait un terrain idéal pour observer et analyser différentes pratiques et normes en matière d'hygiène dans des contextes gastronomiques variés. Dans le cadre de cette étude, qui implique l'évaluation de 330 restaurants, l'enjeu principal est de vérifier que les repas servis sont exempts des micro-organismes préalablement définis (bactéries aérobies, coliformes totaux, *E. coli*), ou dans la moindre mesure avec un taux tolérable suivant les normes de salubrité des aliments telles définies par Santé Canada voire l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA).

Les critères d'inclusion et d'exclusion retenus pour l'étude ont été les suivants :

- Conformité aux définitions des établissements de restauration telles que détaillées dans le chapitre 1. de cette thèse.
- Présence sur des plateformes en ligne officielles pouvant être consultées par les clients au Canada, telles que TripAdvisor, OpenTable, Canada's 100 best, Google, Facebook, Instagram.
- Disponibilité sur des applications populaires de commande de repas telles que SkipTheDishes, DoorDash et Uber Eats. Ces plateformes offrent une visibilité accrue, permettent aux clients de laisser des avis transparents et témoignent d'un certain niveau de notoriété et de standard. Elles regroupent également une variété

d'établissements, garantissant un échantillon diversifié, tout en fournissant des informations détaillées sur des restaurants influents sur le marché canadien, et qui ont ainsi une responsabilité publique en matière de qualité.

- Offre d'une gamme complète de repas, du déjeuner au souper.
- Localisation dans la zone d'étude.

Les restaurants des villes environnantes, ne faisant plus partie des districts du grand Moncton, ont été exclus de l'étude afin de maintenir une cohérence dans la sélection des échantillons. La figure 3.1 donne une représentation détaillée de la sélection de ces critères.

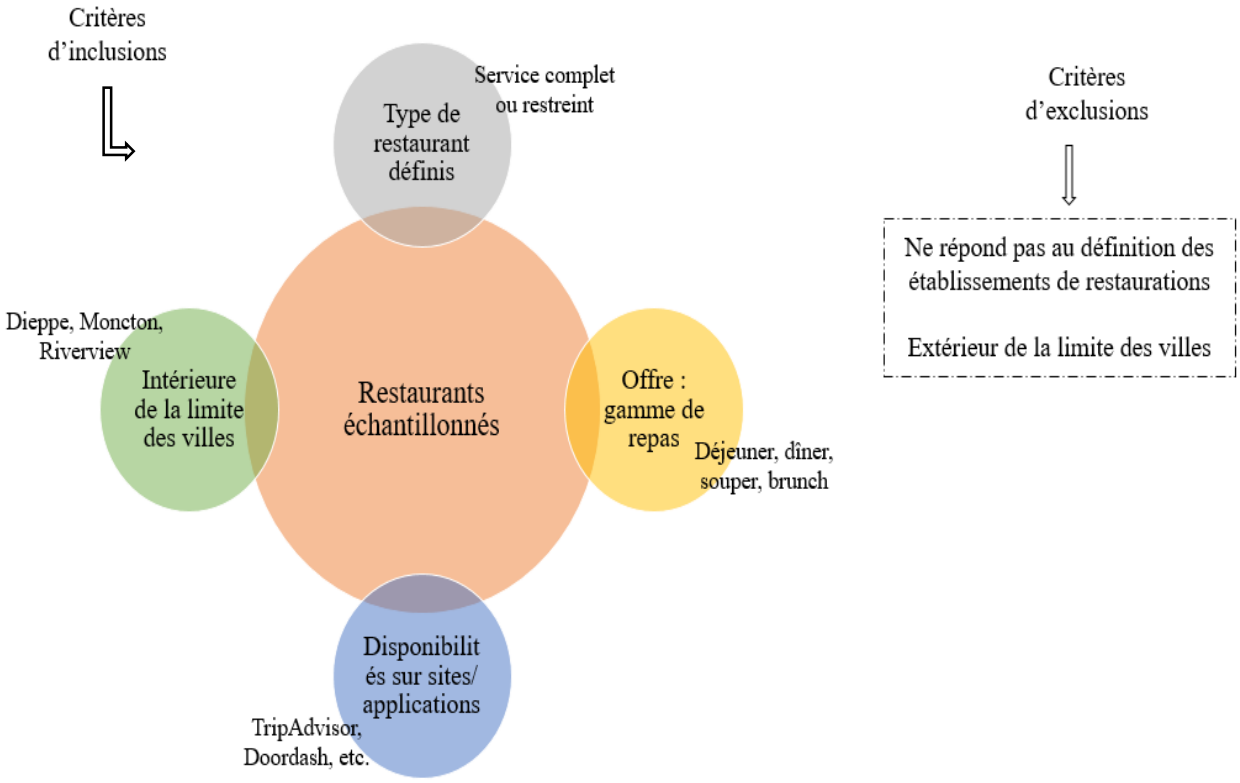


Figure 3. 1 : Critères d'inclusion et exclusion

3.1.2. Collecte des échantillons

Les repas ont été méticuleusement achetés et servis, suivant les procédures habituelles d'un service en restauration. L'échantillonnage a été effectué à partir du 1er au 30 du mois de novembre 2023. Chaque échantillon a été prélevé avec soin, préservant son emballage d'origine, qu'il soit en plastique ou en papier, puis placé dans une glacière équipée d'accumulateurs de froid (cryopak) et de glaçons, maintenant ainsi une température optimale entre 0°C et 4°C conformément aux directives du

Laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires du Gouvernement du Canada (Biogennesse, 2022). Pour éviter tout risque de contamination par l'eau de fonte des glaçons, ces derniers ont été disposés dans des sacs étanches stérilisés avant d'être placés dans la glacière.

Les échantillons ainsi préservés ont été rapidement acheminés (entre 2 heures à 4 heures) vers le laboratoire, puis congelés à une température de -24°C en vue des analyses microbiologiques ultérieures. Selon le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) (2019), un délai maximum de 36 heures est acceptable pour transporter les échantillons de la glacière au laboratoire. Il est impératif que les échantillons demeurent représentatifs et intègres, préservant ainsi l'état initial du produit depuis le moment de l'échantillonnage jusqu'à celui de l'analyse, assurant ainsi une interprétation précise des résultats obtenus. Toutes les analyses microbiologiques ont été réalisées au Centre de recherche sur les aliments (CRA), un laboratoire de niveau 2 accrédité ISO 9001-2015, reconnu à l’échelle internationale, garantissant ainsi des normes rigoureuses de qualité et de fiabilité.

Pour cette étude, l’approche adoptée combine une collecte progressive des échantillons avec des analyses microbiologiques réalisées en parallèle, suivies d'une interprétation approfondie des résultats une fois que tous les échantillons ont été analysés. Cette méthode vise à garantir à la fois la représentativité des données et l'efficacité du processus d'analyse, fournissant ainsi des informations précieuses pour évaluer la qualité sanitaire des repas servis dans les restaurants étudiés.

Dans un premier temps, une partie des échantillons a été rassemblée, représentant déjà une quantité significative de données. Les analyses microbiologiques ont alors débuté sur ces premiers échantillons, permettant ainsi d'initier le processus d'analyse sans attendre que tous les échantillons soient réunis. Cette approche permet d'optimiser le temps nécessaire à la réalisation des analyses, ce qui peut être crucial notamment en cas de délais serrés ou de contraintes logistiques. Les premières analyses ont été effectuées dans l’ensemble par le personnel de la CRA seulement.

Pendant que les premières analyses étaient en cours, la collecte des échantillons restants a été poursuivie en parallèle. Cette démarche en parallèle assure que tous les échantillons sont prélevés dans un laps de temps relativement court, minimisant ainsi

les variations potentielles dues à des changements environnementaux ou saisonniers, et assurant une représentativité maximale de l'échantillonnage.

Une fois que la totalité des échantillons a été rassemblée, les analyses microbiologiques ont été complétées par nous-même avec le personnel du laboratoire pour les échantillons restants. Avant d'entreprendre les manipulations nécessaires pour cette étude, une formation approfondie a été dispensée, nous permettant de maîtriser les dangers et les procédures spécifiques aux analyses microbiologiques dans un laboratoire de niveau 2. Tout au long du processus, les manipulations que nous avons effectuées ont été supervisées par les experts du CRA afin d'assurer une rigueur scientifique et une exactitude des résultats. Cette approche permet de garantir une cohérence dans les méthodes d'analyse appliquées à l'ensemble des échantillons, assurant ainsi la comparabilité des résultats obtenus. Une fois les analyses terminées, les résultats ont été compilés et interprétés. Cette étape permet de tirer des conclusions significatives à partir des données collectées, fournissant ainsi des informations précieuses sur la qualité microbiologique des repas échantillonnés et, par extension, sur les pratiques d'hygiène et de sécurité alimentaire dans les établissements étudiés.

3.2. Méthode d’échantillonnage

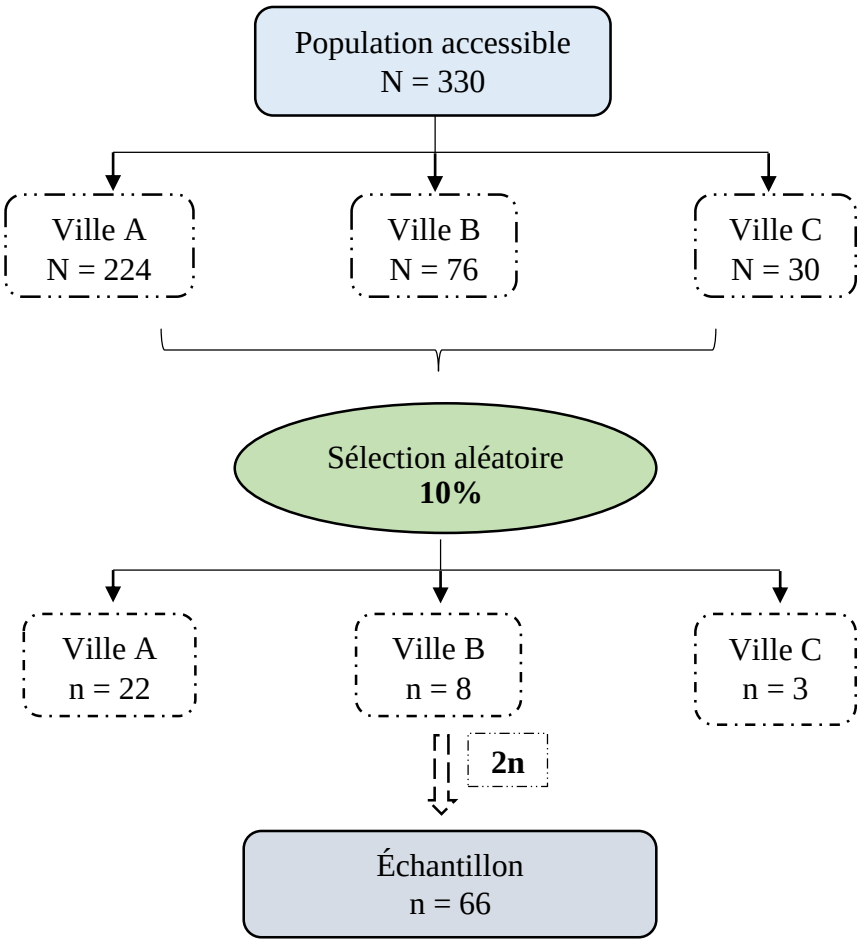
Avant de procéder à l'échantillonnage et aux prélèvements dans chaque ville, une fiche de prélèvement d’identification des échantillons a été élaborée. Cette fiche a servi à élaborer les bases de données pour les traitements ultérieurs des données obtenues. Tout au long de la collecte, tous les échantillons étaient identifiés à l’aide des informations telles que le code de l'échantillon, le lieu de prélèvement, la date et l'heure du prélèvement, ainsi que la quantité prélevée, suivie d'observations du responsable de prélèvement si nécessaire. Les codes utilisés font référence à l’une des 3 villes (A, B ou C), au repas et au restaurant, tout en préservant l'anonymat des établissements sélectionnés.

Pour garantir une représentativité adéquate, un échantillonnage probabiliste a été adopté pour cette étude, selon l’approche définie par Fortin et Gagnon (2016). La méthode utilisée est de type aléatoire simple et stratifiée. Les restaurants inclus ont été répertoriés, numérotés, puis stratifiés en fonction des zones d'étude correspondantes, à savoir Moncton, Dieppe et Riverview. Dans chaque strate, un nombre équivalent de restaurants a été sélectionné de manière aléatoire, représentant 10% de l'ensemble des

restaurants. Cette approche d'échantillonnage stratifié proportionnel permet de tenir compte des différences dans les proportions de restaurants entre les villes, assurant ainsi une représentation équilibrée.

Dans chaque établissement sélectionné, deux types de repas ont été prélevés. Il convient de noter que chaque sélection a été effectuée à partir d'une matrice générée par ordinateur conçue avec le logiciel Excel, offrant une liste aléatoire des restaurants et des repas qu'ils proposent, sans ordre prédéterminé. Cela garantit que chaque établissement a une chance égale d'être incluse dans l'échantillon final, évitant ainsi tout biais dans la sélection des restaurants. Cette approche méthodologique rigoureuse vise à garantir la représentativité et la fiabilité des données collectées.

La figure 3.2 donne un aperçu des méthodes suivies pour l'échantillonnage des repas :



N : population totale accessible n : population sélectionnée

Figure 3. 2 : Échantillonnage proportionnel et stratifié des restaurants du Grand Moncton

Au total, l'échantillonnage a inclus 66 repas sélectionnés, provenant de 33 restaurants répartis dans les trois villes concernées (A= 44 repas, B= 16 repas et C= 6 repas). Cette sélection, bien que non exhaustive, offre un échantillonnage représentatif de la diversité des établissements et des repas proposés dans ces zones géographiques.

3.3. Matériels et méthodes expérimentales

Le plan d'échantillonnage adopté pour cette étude a été conçu afin d'assurer la représentativité des unités d'échantillonnage prélevées et de satisfaire aux exigences des processus d'analyses microbiologiques ultérieures. Ces derniers comprennent la détermination des bactéries aérobies, des coliformes totaux et d'*E. coli*. Chaque analyse représente une unité analytique distincte, avec des méthodes et des protocoles définis. Cependant, pour optimiser l'efficacité du processus, la préparation des échantillons a été uniformisée avant de réaliser les différentes cultures bactériennes pour chaque analyse. Cette approche permet une utilisation efficace des ressources tout en assurant la fiabilité et la cohérence des résultats obtenus pour chaque paramètre microbiologique étudié. L'ensemble des manipulations au laboratoire s'est donc déroulé en trois étapes distinctes.

3.3.1. Première étape : préparation de la solution mère

Les échantillons, préalablement conservés au congélateur, ont été décongelés dans un réfrigérateur avant les analyses. En fonction de la nature des aliments à analyser, une solution d'eau peptonée stérile (E.P.T./BPW) à 0,1 % ou 0,5 % (CRA, 2023c) a été préparée en amont. Pour les aliments composés de poissons et/ou de fruits de mer, l'eau peptonée à 0,5 % a été utilisée pour l'ensemble des analyses conformément aux recommandations du compendium canadien.

Étant donné que la majorité des repas échantillonnés étaient de texture solide, une approche spécifique a été adoptée pour assurer une répartition homogène des microorganismes à l'intérieur de chaque prélèvement. Ainsi, différentes portions du repas ont été prélevées à divers endroits, dans un sac de stomacher stérile jusqu'à atteindre un poids total de 100 g d'échantillon (figure 3.4.A). Ensuite, 300 ml d'eau peptonée ont été ajoutés et le mélange a été réalisé avec un AES Smasher pendant 60 secondes à vitesse normale (CRA, 2023a). Cet appareil favorise non seulement le broyage de l'échantillon dans le milieu, mais aussi, l'homogénéisation du produit. Ceci représente la première dilution de 1:4. Ensuite, une masse de 40 g de cette première

dilution a été pesée et ajoutée à 60 ml d'eau peptonée (figure 3.4.C). Le mélange est mis au repos et une fois les microorganismes montés en suspension, la solution-mère est obtenue (Abdallah, 2021 ; Ratsimba, 2012). Après chaque manipulation, les équipements ont été soigneusement nettoyés, voire remplacés, puis stérilisés à l'aide de la flamme d'un bec Bunsen afin de prévenir tout risque de contamination ultérieure.

Une série de dilutions décimales a été effectuée à partir de cette solution-mère afin de faciliter le dénombrement.

Pour réaliser les dilutions, 90 ml d'eau peptonée ont été préparés dans trois bouteilles de dilutions distinctes. À partir de la solution mère, 10 ml ont été prélevés et ajoutés au premier flacon pour obtenir une dilution de 10^{-1}. De cette dilution, 10 ml ont été transférés au deuxième flacon pour obtenir une dilution de 10^{-2}, et ainsi de suite jusqu'à obtenir une dilution de 10^{-3} (Figure 3.3). Il convient de noter que différentes pipettes ont été utilisées pour chaque dilution, garantissant ainsi l'intégrité des échantillons et la précision des analyses microbiologiques.

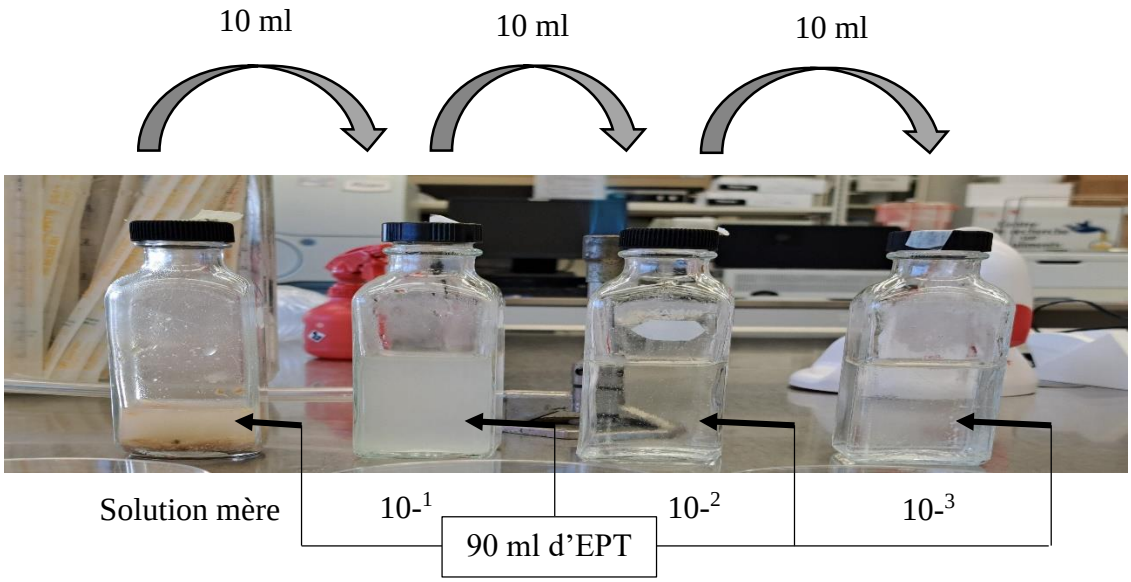


Figure 3. 3 : Série de dilutions décimales à partir de la solution mère

Cette méthodologie rigoureuse et détaillée a été mise en place pour assurer une collecte et une préparation adéquates des échantillons, ainsi qu'une exécution précise des analyses microbiologiques.

3.3.2. Deuxième étape : Analyses des microorganismes

3.3.2.1. Détermination des Bactéries aérobies mésophiles

Le principe de dénombrement des bactéries aérobies mésophiles consiste à mettre en évidence ces germes avec un milieu de culture qu'est la gélose pour numération en plaque ou le Plate Count Agar (PCA) (Santé Canada, 2020).

La mise en culture s'effectue dans des boîtes de Pétri préalablement préparées et identifiées afin de distinguer les dilutions. Dans chaque boîte, 1,0 ml de la solution sont ajoutés de sorte que la première corresponde à la solution mère et les autres à chacune des trois dilutions effectuées (10^{-1}, 10^{-2} et 10^{-3}) (Figure 3.4). Une fois les échantillons transférés, la gélose fondue a été versée sur chaque boîte dans les 15 minutes suivant la préparation, et pour garantir une répartition uniforme, la boîte a été mélangée par rotation et inclinaison.

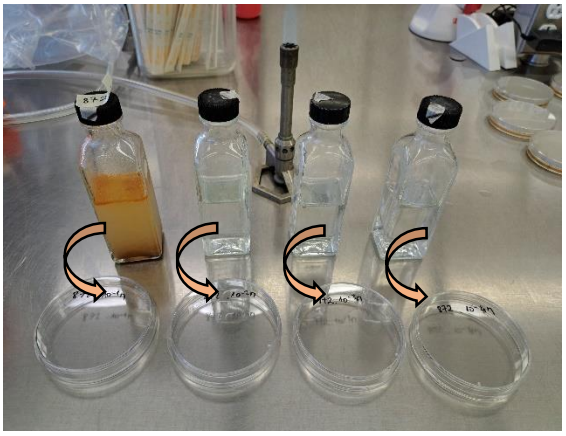


Figure 3. 4 : Répartition de chaque dilution dans les boîtes de Pétri

Après solidification du mélange, les boîtes ont été incubées pendant 48 heures ± 4heures à une température comprise entre 30°C et 40°C, en position renversée. Par la suite, les colonies bactériennes ayant poussé sur le milieu ont été comptées à l'aide d'une plaque de dénombrement aérobie Petrifilm de 3M Canada afin d'obtenir des résultats rapides. Toutefois, pour garantir leur fiabilité, un compteur de colonies de type Québec, modèle à fond noir a été utilisé pour vérifier et confirmer ces résultats avant de les enregistrer (CRA, 2023a).

3.3.2.2.Détermination des coliformes totaux

La détermination des coliformes fécaux et des *E. coli* a été réalisée selon la méthode du nombre le plus probable (NPP). Cette méthode implique une fermentation multitube des échantillons pendant une période définie afin de détecter la présence des microorganismes ciblés (Santé Canada, 2020).

Le dénombrement des coliformes totaux peut être défini en 3 étapes :

- **L'ensemencement** : se fait avec un bouillon tryptosé au lauryl-sulfate (LST) qui est un milieu sélectif pour ces germes. Trois rangées composées d'une série de 5 éprouvettes contenant du bouillon LST ont été préalablement préparées suivant les directives du compendium canadien (Santé Canada, 2021). Le tableau 3.1 donne la composition de chaque rangée d'éprouvettes.

Tableau 3. 1 : Composition des séries d'éprouvettes lors de la détermination des coliformes totaux

Éprouvette / Désignation	Nombre d'éprouvettes	Volume et concentration du bouillon LST
Première rangée	5	10 mL à concentration double
Deuxième rangée	5	10 mL à concentration simple
Troisième rangée	5	10 mL à concentration simple

En fonction des échantillons de repas à analyser, chaque série d'éprouvettes a été identifiée. À partir des dilutions décimales effectuées lors de la préparation des échantillons (cf. première étape : préparation des échantillons). La première rangée de 5 éprouvettes est ensemencée avec 10 ml de la solution mère ou 10^0, la seconde avec 1 ml de la première dilution 10^{-1} et enfin la dernière rangée est ensemencée avec 1 ml de la dilution à 10^{-2}.

Ces différentes manipulations sont résumées dans le tableau 3.2 qui suit :

Tableau 3. 2 : Quantité d'échantillon ensemencé dans les éprouvettes de BLST pour chaque dilution

Éprouvette / Désignation	Volume et concentration du bouillon LST	Série de dilutions utilisées	Quantité d'échantillons ensemencés dans le milieu
Première rangée	10ml à concentration double	10^0	10 mL
Deuxième rangée	10 ml à concentration simple	10^{-1}	1 mL
Troisième rangée	10 ml à concentration simple	10^{-2}	1 mL

La quantité réelle de produit à l'essai par gramme ou millilitre, dans chacune des 3 séries d'éprouvettes ensemencées est égale à 1mL (g), 0,1 mL (g) et 0,01 mL (g) respectivement.

- **L'incubation** : après l'ensemencement, les éprouvettes sont placées en incubation pendant 24 heures à une température de 35°C. Pendant cette période, les échantillons qui témoignent d'une production de gaz dans les éprouvettes correspondantes sont isolés du lot, consigné et soumis à la prochaine étape, qui est la confirmation de la présence des coliformes. En cas d'absence de production de gaz, les éprouvettes ont été incubées durant 24 heures de plus. Si des gaz sont observés après cette période supplémentaire, les éprouvettes sont également isolées du lot, le nombre d'éprouvettes positives noté avec le résultat précédent et passe à l'étape de confirmation également. Toutefois, si aucune formation de gaz n'est observée dans l'ensemble des éprouvettes après les 48 heures d'incubation, l'étape de présomption est alors considérée comme négative. Il est cependant important de noter que pour les échantillons de repas contenant des fruits de mer et du poisson, l'incubation est de 24 heures seulement, indépendamment de la production de gaz.

- **La confirmation** : cette étape consiste en la confirmation de la présence des coliformes totaux à la suite de l'épreuve de présomption. Elle implique l'utilisation d'un bouillon lactosé bilié au vert brillant à 2 % (BGLB) (Santé

Canada, 2021). À cet effet, 10 mL de ce milieu ont été répartis dans des éprouvettes contenant des ampoules de Durham. Les éprouvettes positives de l'étape précédente ont été agitées, et une partie de chaque éprouvette est transférée dans le milieu sélectif BGLB, en veillant à ne pas entraîner la pellicule. Ensuite, l'inoculum et le milieu ont été soigneusement mélangés et incubés pendant 24 heures à 35°C. Si une production de gaz est observée après cette période, les résultats sont enregistrés. Les éprouvettes qui restent négatives sont incubées à nouveau pendant 24 heures. En cas de production tardive de gaz à ce stade, le nombre d'éprouvettes est consigné avec le résultat précédent. À la fin de l'incubation, la production de gaz dans le bouillon BGLB ensemencé confirme la présence de coliformes totaux.

3.3.2.3. Détermination des *Escherichia coli*

La détection de la présence ou non des *E. coli* se fait à partir du Bouillon d'*Escherichia coli* (Bouillon EC*)* (CRA, 2023b). Les échantillons ayant présenté d'une production de gaz dans les éprouvettes de bouillon LST lors de la détermination des coliformes totaux ont été sélectionnées en suivant les étapes suivantes :

- **L'ensemencement** : dans des éprouvettes contenant des ampoules de Durham ont été ajoutés 10 mL de bouillon EC. Une anse du contenu des éprouvettes de bouillon LST positives a été transférée dans les éprouvettes contenant le bouillon EC après avoir été agitées. Il est nécessaire de veiller à ce qu'il n'y ait pas d'inclusion d'air dans les ampoules de Durham pendant le mélange du milieu et de l'inoculum.

- **L'incubation** : une fois ensemencées, les éprouvettes de bouillon EC ont été incubées dans un bain-marie à 44,5°C (pour les produits de poissons et les fruits de mer) – 45°C pendant 24 heures ± 2 h de sorte que le niveau de l'eau du bain-marie était maintenu à moins de 1 cm au-dessus du niveau du milieu dans les éprouvettes. Les éprouvettes produisant des bulles de gaz ou une effervescence ont été consignées et soumises à la prochaine étape. D'autre part, celles qui sont restées négatives étaient incubées une seconde fois pendant une même période et dans le cas de production de gaz, les éprouvettes correspondantes étaient consignées et soumises également à la prochaine étape. S'il n'y a aucune

formation de gaz tout au long de l'incubation, l'épreuve de présomption est dite négative.

- **La confirmation** : pour cette dernière étape, une trousse d'identification rapide a été utilisée pour confirmer la présence d'*E. coli* dans les échantillons. Pour ce faire, une petite quantité du bouillon contenant du gaz était agitée puis ensemencée en stries Z sur une boîte de Gélose à l'éosine et au bleu de méthylène de Levine (L-EMB) à l'aide d'une anse. Ces dernières étaient ensuite incubées pendant 18 à 24 heure à une température de 35°C. La présence d'*E. coli* est observée par la présence de colonies non mucoïdes, nuclées, avec un centre sombre, et parfois des reflets métalliques. Sur ces géloses, une colonie typique était prélevée puis ensemencée sur une gélose non sélective EMB pour confirmer la présence d'*E. coli*. En anticipant que cette première colonie repiquée n'ait pas confirmé la présence d'*E. coli*, avant de stocker les boîtes L-EMB, une deuxième colonie typique a été visuellement marquée afin d'avoir un échantillon alternatif pouvant être repiqué à son tour sur une gélose non sélective si nécessaire. La gélose contenant la colonie transférée est incubée à 35 °C pendant 18 à 24 heures pour permettre aux bactéries de se développer, et les boîtes L-EMB initiales sont entreposées à 4°C.

L'épreuve de confirmation qui s'ensuit consiste à identifier les cultures à l'aide du Vitek (CRA, 2023b), un appareil utilisant la technologie MALDI-TOF (Maltrix Assisted Laser Desorption Ionization Time of Flight) et qui permet de fournir une identification microbienne rapide et précise en comparant avec une base de données de références intégrées, les spectres de masse des protéines ou des peptides présents dans un échantillon.

3.3.3. Troisième étape : Dénombrement des microorganismes

Le dénombrement des microorganismes a été effectué par le personnel qualifié du Centre de Recherche Appliquée (CRA) assurant ainsi des résultats fiables et conformes aux exigences réglementaires. L'accréditation du laboratoire garantit que le CRA respecte les normes rigoureuses de sécurité et de qualité microbiologique exigées par Santé Canada.

3.3.3.1. Dénombrement des colonies de bactéries aérobies mésophiles (Santé Canada, 2020)

La plage de dénombrement des colonies choisie se situe entre 25 et 250 colonies. Les boîtes de gélose avec un compte ne figurant pas dans cette plage étaient dénombrées en considérant un nombre le plus proche possible. Toutefois, si les colonies sont envahissantes, une zone représentative dépourvue de ces dernières a été choisie. Pour la boîte entière, l'estimation du nombre de colonies était rapportée de cette façon :

$$Nombre\ de\ colonies = colonies\ dénombrées\ (a)\ x\ Z$$

(a) : boîte de Pétri correspondante
Z : surface de la zone représentative choisie (fraction de la boîte)

Pour une boîte dénombrée, afin d'enregistrer les résultats par gramme (g) ou millilitre (ml) d'échantillon, la formule suivante a été utilisée :

$$Concentration = \frac{Nombre\ de\ colonies\ dénombrées\ (a)}{Volume\ ensemencé\ à\ la\ dilution\ (a)\ x\ \ Dilution\ (a)}\ UFC/g$$

(a) : boîte de Pétri correspondante
UFC : Unités Formatrices de Colonies

Dans le cas où plusieurs dilutions d'un même échantillon affichent un nombre de colonies figurant dans la plage choisie, le calcul se fait comme suit :

$$Concentration = \frac{Nombre\ de\ colonies\ dénombrées\ (a+b)}{Volume\ .D\ (a)x\ \ Dil.(a) + Volume.D\ (b)x\ \ Dil.(b)}\ UFC/g$$

(a) (b) : boîtes de Pétri correspondantes
Volume : volume ensemencé à la dilution
D correspondante
Dil. : dilution correspondante

Si pour l'ensemble des boîtes de Pétri d'un même échantillon, la dilution la plus faible n'affiche pas de colonies, le résultat est rapporté avec le signe « inférieur à » ou (<) et le nombre de colonies dénombré est estimé à 1 ou la valeur la plus faible trouvée sur la boîte de Pétri correspondant. Voici comment se traduit la formule :

$$Concentration < \frac{1\ ou\ valeur\ la\ plus\ faible}{Volume\ ensemencé\ à\ la\ dilution\ x\ Dilution\ la\ plus\ faible}\ UFC/g$$

Dans cette étude, la dilution la plus faible correspond à la solution mère et est équivaut à 10^0.

À noter qu'après l'incubation, le comptage des colonies se fait dès que possible. Et le résultat des calculs est arrondi à deux chiffres significatifs.

3.3.3.2. Dénombrement de Coliformes Totaux et *Escherichia coli* (Santé Canada, 1993)

Le nombre le plus probable (NPP) de coliformes totaux ou d'*E. coli* contenus dans les échantillons a été calculé à partir des éprouvettes positives consignées lors du dénombrement des coliformes totaux ou de l'épreuve de confirmation de la présence d'*E. coli*.

Le tableau 3.3 ci-après permet de déterminer la valeur du NPP par g ou mL selon le nombre d'éprouvettes positives. Pour chaque nombre d'éprouvettes positives (x,y,z) à chaque rangée des 3 séries de dilution, la combinaison des valeurs trouvées est notée et lue à travers le tableau du nombre le plus probable (NPP) de bactéries (voir le tableau 3.4 ci-dessous) par 100 g (mL) de produit à l'essai (Santé Canada, 1993). Le nombre de microorganismes ainsi trouvé est rapporté à l'équation ci-dessous :

$$NPP/g(mL) = \frac{Nombre\ de\ bactéries\ (Tableau)}{100}\ x\ F$$

F est la fraction de dilution et est égale à l'inverse de la dilution de l'unité d'échantillonnage.

Compte tenu du fait que 3 dilutions seulement ont été utilisées dans cette étude, le tableau ci-après donne un aperçu du calcul du nombre le plus probable effectué.

Tableau 3. 3 : Détermination du nombre le plus probable

Dilutions			Combinaison de valeur	Nombre de bactéries (Tableau)	Fraction de dilution	NPP/g (ml)
Solution mère	**10^{-1}**	**10^{-2}**				
x/5	y/5	z/5	x y z	-	$1/10^{-2}$	-
Exemple						
3/5	3/5	5/5	335	35	100	35

x,y,z : Nombre d'éprouvettes positives

À noter que si toutes les éprouvettes de chaque rangée ont été positives (5/5), le NPP est donc plus grand que celui qui a été calculé et la valeur est enregistrée avec le signe « supérieure à » (>).

Tableau 3. 4 : Lecture du nombre le plus probable (NPP) de bactéries par 100 g de produit 100 g (mL) de produit à l'essai en utilisant 5 éprouvettes contenant 10, 1 et 0,1 mL ou g de produit à l'essai

(Santé Canada, 1993)

Pos* 10;1;0,1	NPP	Pos* 10;1;0,1	NPP	Pos* 10;1;0,1	NPP	Pos* 10;1;0,1	NPP	Pos* 10;1;0,1	NPP	Pos* 10;1;0,1
000	<1,8	100	2	200	4,5	300	7,8	400	13	500	23
001	1,8	101	4	201	6,8	301	11	401	17	501	31
002	3,6	102	6	202	9,1	302	13	402	21	502	43
003	5,4	103	8	203	12	303	16	403	25	503	58
004	7,2	104	10	204	14	304	20	404	30	504	76
005	9	105	12	205	16	305	23	405	36	505	95
010	1,8	110	4	210	6,8	310	11	410	17	510	33
011	3,6	111	6,1	211	9,2	311	14	411	21	511	46
012	5,5	112	8,1	212	12	312	17	412	26	512	64
013	7,3	113	10	213	14	313	20	413	31	513	84
014	9,1	114	12	214	17	314	23	414	36	514	110
015	11	115	14	215	19	315	27	415	42	515	130
020	3,7	120	6,1	220	9,3	320	14	420	22	520	49
021	5,5	121	8,2	221	12	321	17	421	26	521	70
022	7,4	122	10	222	14	322	20	422	32	522	95
023	9,2	123	12	223	17	323	24	423	38	523	120
024	11	124	15	224	19	324	27	424	44	524	150
025	13	125	17	225	22	325	31	425	50	525	180
030	5,6	130	8,3	230	12	330	17	430	27	530	79
031	7,4	131	10	231	14	331	21	431	33	531	110
032	9,3	132	13	232	17	332	24	432	39	532	140
033	11	133	15	233	20	333	28	433	45	533	180
034	13	134	17	234	22	334	31	434	52	534	210
035	15	135	19	235	25	335	35	435	59	535	250
040	7,5	140	11	240	15	340	21	440	34	540	130
041	9,4	141	13	241	17	341	24	441	40	541	170
042	11	142	15	242	20	342	28	442	47	542	220
043	13	143	17	243	23	343	32	443	54	543	280
044	15	144	19	244	25	344	36	444	62	544	350
045	17	145	22	245	28	345	40	445	69	545	440
050	9,4	150	13	250	17	350	25	450	41	550	240
051	11	151	15	251	20	351	29	451	48	551	350
052	13	152	17	252	17	352	32	452	56	552	540
053	15	153	19	253	26	353	37	453	64	553	920
054	17	154	22	254	20	354	41	454	72	554	1600
055	19	155	24	255	32	355	45	455	81	555	>1600

* Nombre d'éprouvettes positives avec chacun des trois volumes ou poids utilisés.

Toutes les méthodes d'analyses microbiologiques adoptées ont été mises en œuvre conformément aux directives et règlements pertinents de Santé Canada fournis dans les volumes du compendium de méthodes pour l'analyse microbiologique et la détection étrangères dans les aliments.

3.4. Interprétation et critères microbiologiques retenus

Afin d'interpréter les résultats obtenus à la suite des analyses microbiologiques, un plan d'échantillonnage à 3 classes a été utilisé. Ce plan permet de définir deux seuils de contamination par germe : « m » qui est fixé comme la valeur limite et « M » qui représente un seuil maximum ou limite d'acceptabilité (MAPAQ, 2019 et Santé Canada, 2008).

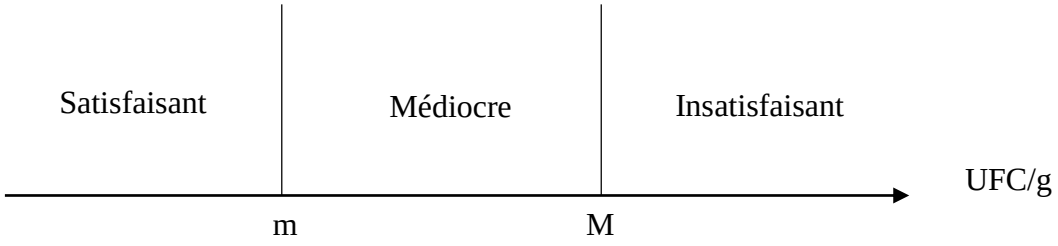


Figure 3. 5 : Interprétation suivant le plan à 3 classes

Comme le montre la figure 3.10 ci-dessus, à partir de ce plan d'échantillonnage, trois types d'interprétations peuvent être tirés tels que : pour chaque unité d'échantillonnage, un résultat inférieur à « m » est classifié de satisfaisant, l'acceptabilité est dite sans réserve. Dans ce cas, le produit est conforme aux critères établis. Un résultat supérieur à « M » est jugé comme de qualité insatisfaisante et les unités avec des comptes compris entre « m » et « M » sont dites de qualité médiocre, mais acceptable avec réserve, c'est-à-dire nécessite une certaine prudence sur le plan sécurité et qualité du produit (Demay, non daté). Ces résultats sont considérés comme non conformes.

Les différentes catégories de repas définies au chapitre 2 (cf. partie 2.3) ont été effectuées afin de différencier les critères microbiologiques de références utilisés (tableau 3.5) suivant les différents groupes de repas et s'assurer que chaque produit est acceptable selon les normes établies correspondantes.

Tableau 3. 5 : Critères microbiologiques de références pour chaque catégorie de repas

Échantillons	Microorganismes recherchés	Critères retenus (UFC/g)		Références
		m	M	
Catégorie 1 : repas prêts à manger cuits	Compte total aérobie à 30°C	$1x10^5$	10^6	(Gouvernement du Québec, 2019)
	Coliformes totaux	10^2	10^3	(Santé Canada, 2010)
	Escherichia coli	10^1	$1x10^2$	(Gouvernement du Québec, 2019)
Catégorie 2 : repas prêts à manger composés de multiples ingrédients cuits et crus	Compte total aérobie à 30°C	$1x10^6$	10^7	(Santé Canada, 2010)
	Coliformes totaux	10^2	10^3	s.o
	Escherichia coli	10^1	$1x10^2$	(Gouvernement du Québec, 2019)
Catégorie 3 : repas prêts à manger qualifiés de produit de boulangerie	Compte total aérobie à 30°C	$5x10^4$	10^6	(Santé Canada, 2008)
	Coliformes totaux	$5x10^1$	10^4	(Santé Canada, 2008)
	Escherichia coli	<1,8	10^3	(Santé Canada, 2008)

m : valeur limite
M : limite acceptable
s. o : sans objet

À des fins d'interprétation, pour tous repas avec ou sans produits crus, les critères microbiologiques retenus pour les coliformes totaux et *E. coli*, dans cette étude ont été les mêmes. Ces seuils de référence garantissent non seulement une évaluation précise, mais également standardisée de la sécurité alimentaire et de la qualité microbiologique des repas analysés.

3.5. Analyses statistiques

La description du niveau de contamination microbiologique des repas échantillonnés a été effectuée à travers les variables suivantes : compte total aérobie ou numération des plaques aérobies (NPA), coliformes totaux, et *E. coli*. Le logiciel SPSS 26.0. a été utilisé pour traiter l'ensemble des données.

La qualité des repas était codée par « 0 » satisfaisante, « 1 » médiocre et « 2 » insatisfaisante selon les critères microbiologiques retenus pour chaque microorganisme. Les caractéristiques qualitatives pour classer les échantillons étaient les suivants : ville (A, B ou C), catégorie des aliments (catégorie 1, catégorie 2, catégorie 3), niveau de service (service complet ou service restreint) et type de cuisine.

La distribution de ces variables catégorielles a été explorée à travers une série d'analyse descriptive de fréquence permettant de fournir des informations sur la proportion et les nombres de cas dans chaque catégorie d'une variable.

Pour tester l'association entre les différentes variables de cette étude (chaque variable indépendante avec la qualité microbiologique des repas), plusieurs tests statistiques ont été utilisés étant donné que les variables ne sont pas binaires, tels que : le khi-carré de Pearson, le rapport de vraisemblance et le test exact de Fisher. Le test du khi-carré de Pearson est un test non paramétrique qui compare les fréquences observées avec les fréquences théoriques attendues dans un tableau de contingence ou tableau croisé (McClenaghan, 2023). Ce tableau est un outil statistique essentiel qui organise les données en regroupant les combinaisons de deux variables catégorielles dans des cellules (McClenaghan, 2024). Chaque cellule représente le nombre de fois où une catégorie de la première variable s'associe avec une catégorie de la seconde variable. Le tableau de contingence facilite ainsi l'organisation des données, permettant de comprendre les associations possibles tout en soutenant le choix du test statistique approprié.

Selon McClenaghan (2023), le test du khi-carré est utilisé pour déterminer s'il existe une association entre les deux variables croisées. Il repose sur l'hypothèse nulle (H_0) selon laquelle il n'y a pas d'association entre elles. Toutefois, ce test devient imprécis lorsque la taille de l'échantillon n'est pas assez large. Le test du rapport de vraisemblance, similaire au khi-carré, utilise une autre statistique pour évaluer l'association, mais reste également limité par les petits effectifs dans les cellules.

Le test exact de Fisher est donc conçu spécifiquement pour les petits échantillons où le test du khi-carré perd en précision (McClenaghan, 2024). Contrairement au khi-carré, qui repose sur une approximation, le test exact de Fisher calcule une *p-value* exacte en évaluant toutes les combinaisons possibles des données, ce qui le rend plus adapté lorsque de nombreuses cellules du tableau de contingence ont des effectifs inférieurs à 5. La signification asymptotique (bilatérale) fournie par le khi-carré correspond à une *p-value* approximative, calculée sur la base d'une grande taille d'échantillon, tandis que la signification exacte (bilatérale) est la *p-value* exacte calculée par Fisher et est plus appropriée pour les petits échantillons. Ainsi, dans cette étude, les résultats des trois tests combinés ont été comparés s'il y a une différence entre les *p-values*, mais ceux du test exact de Fisher ont été privilégiés et interprétés en raison de la faible taille des effectifs observée dans certaines cellules du tableau de contingence, ce qui rendait les résultats des autres tests moins fiables. Une *p-value* ($p < 0,05$) montre l'existence d'une association significative entre les variables.

Les résultats des données étaient représentés par des graphiques circulaires, ou des histogrammes à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Les tableaux fournis par le logiciel SPSS 26.0 et certains graphiques sont reproduits tels quels dans la thèse.

Conclusion partielle

Cette étude, utilisant un devis transversal à la fois descriptif et explicatif, explore les pratiques d'hygiène alimentaire dans le Grand Moncton, au Nouveau-Brunswick. Grâce à l'utilisation de matrices générées par ordinateur, un échantillon représentatif de 66 repas provenant de 33 restaurants dans les 3 villes a été sélectionné à travers un échantillonnage probabiliste adoptant une approche aléatoire simple et stratifiée. Les variables étudiées ont porté sur la détection des bactéries aérobies mésophiles, des coliformes totaux et des *E. coli* dans les repas des restaurants fournissant des informations cruciales sur la sécurité sanitaire des aliments analysés.

La détermination des bactéries aérobies mésophiles a été réalisée à l'aide de la gélose pour numération en plaque. Les colonies de bactéries aérobies ont été comptées suivant une plage de dénombrement situant entre 25 à 250 colonies et l'estimation est reportée à travers différentes formules selon les résultats trouvés. Pour la détermination des coliformes totaux, la méthode du nombre le plus probable (NPP) a été utilisée avec un bouillon tryptosé au lauryl-sulfate (LST) comme milieu sélectif, et la confirmation

a été faite à l'aide du bouillon lactosé bilié au vert brillant à 2 % (BGLB). La détection des *E. coli* s'effectue également par la méthode NPP en utilisant un bouillon d'*Escherichia coli*, suivie d'une confirmation par ensemencement sur une gélose à l'éosine et au bleu de méthylène de Levine (L-EMB), et d'une identification par Vitek bioMerieux. Le nombre le plus probable de coliformes totaux ou *E. coli* contenu dans les échantillons a été calculé à partir des éprouvettes positives consignées.

Pour interpréter les résultats, un plan d'échantillonnage à 3 classes a été utilisé, avec des seuils de contamination « m » et « M » définis pour chaque type de microorganismes. Trois catégories de repas ont été définies pour différencier les critères microbiologiques selon leur composition. Les analyses statistiques ont été ensuite effectuées, utilisant le logiciel SPSS 26.0 pour le traitement des données. Les associations entre les variables ont été évaluées à l'aide du test exact de Fisher, et les résultats ont été représentés graphiquement à l'aide de Microsoft Excel.

Ainsi, la partie qui suit présente les résultats obtenus à l'issue de ces analyses, la spécificité des échantillons de repas, mettant en exergue leurs implications sur la sécurité de la clientèle des restaurants.

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les seuils d'interprétation « m » et « M » étant fixés au préalable à partir des critères de références définis au tableau 3.5, les résultats des analyses microbiologiques offrent un aperçu crucial de la qualité microbiologique des repas servis par différents restaurants de la région métropolitaine du Grand Moncton. Les résultats d'analyses pour les 3 catégories de repas prêts à manger sont reportés dans les tableaux 4.1 à 4.5 ci-après.

4.1. Profil de contamination microbienne des échantillons

En général, l'évaluation de la qualité microbiologique des échantillons pour l'ensemble des catégories des repas a montré que pour les 66 échantillons analysés, 49 étaient de qualité satisfaisante, 14 repas se situaient dans la plage acceptable avec réserve c'est-à-dire de qualité médiocre et 3 échantillons étaient jugés insatisfaisants.

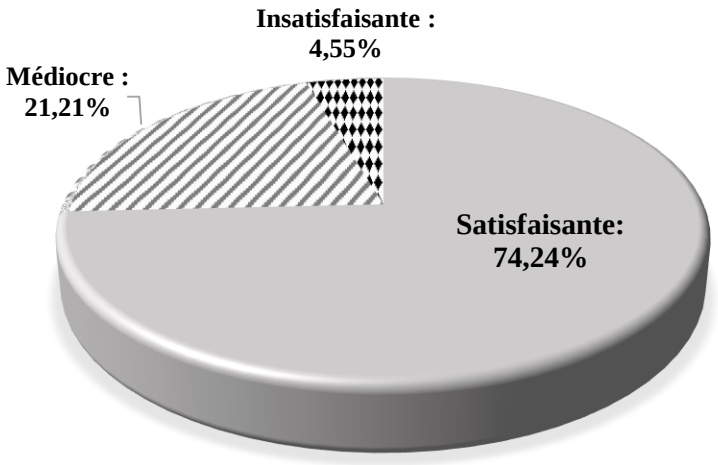


Figure 4. 1 : Qualité microbiologique générale des repas

Ainsi, dans l'ensemble, les résultats ont montré une qualité satisfaisante plus ou moins élevée des repas par rapport aux microorganismes recherchés. Cela suggère une conformité relativement élevée aux normes microbiologiques établies. Cependant, des études antérieures sur la qualité microbiologique des aliments prêts à consommer, comme celle de Lopasovský *et al.* (2016), ayant constaté un taux de non-conformité de leurs résultats à 25% par rapport aux critères microbiologiques, démontrent qu'il n'est pas exclu de considérer ces repas comme présentant un risque potentiel pour la clientèle. Cette conclusion rejoint nos résultats avec un pourcentage de 25,76%.

Tableau 4. 1 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 1

Échantillons	CTA	Résultats	CT	Résultats	*Escherichia coli*	Résultats	Qualité
A01WX	$4,6 \times 10^2$	-	1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01IS	$3,2 \times 10^2$	-	1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01AF	< 60^e	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01SA	$3,8 \times 10^4$	-	14	-	< 1	-	Satisfaisante
A01ID	$2,70 \times 10^4$	-	1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01EZ	< 10^e	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01KA	$6,00 \times 10^6$	++	< 1	-	< 1	-	Insatisfaisante
A01IZ	< 40^e	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01IT	< 150^e	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01AJ	$2,70 \times 10^2$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01OK	$5,30 \times 10^2$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A02WX	$8,60 \times 10^3$	-	13	-	< 1	-	Satisfaisante
A02IS	< 110^e	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A02SA	$1,40 \times 10^3$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A02UG	< 10^e	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A02AV	$1,40 \times 10^5$	+	2	-	< 1	-	Médiocre
A02ID	$4,60 \times 10^4$	-	2	-	< 1	-	Satisfaisante
A02IT	$1,40 \times 10^3$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante

e : environ CTA : Compte total aérobie CT : Coliformes Totaux - : Satisfaisante + : Médiocre ++ : Insatisfaisante

Tableau 4. 2 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 1 (suite)

Échantillons	CTA	Résultats	CT	Résultats	*Escherichia coli*	Résultats	Qualité
A02AJ	< 170^{e}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A02OK	2,70 x 10^{3}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A02NI	4,60 x 10^{3}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B01AD	< 10^{e}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B01EW	< 80^{e}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B01LE	< 10^{e}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B02AF	4,30 x 10^{2}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B02OM	< 210^{e}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B02AD	< 10^{e}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
C01YL	3,50 x 10^{2}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
C02YL	< 200^{e}	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante

e : environ CTA : Compte total aérobie CT : Coliformes Totaux - : Satisfaisante + : Médiocre ++ : Insatisfaisante

Tableau 4. 3 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 2

Échantillons	CTA	Résultats	CT	Résultats	*Escherichia coli*	Résultats	Qualité
A01AI	$5,40 \times 10^6$	+	> 160	+	< 1	-	Médiocre
A01AH	$1,80 \times 10^7$	++	2	-	< 1	-	Insatisfaisante
A01UA	$1,70 \times 10^6$	+	1	-	< 1	-	Médiocre
A01UG	$< 10^e$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01AV	< 200e	-	$< 200^e$	-	< 1	-	Satisfaisante
A01ON	$3,30 \times 10^2$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01CO	$1,70 \times 10^6$	+	< 1	-	< 1	-	Médiocre
A01UY	$6,80 \times 10^5$	-	> 160	+	< 1	-	Médiocre
A01IM	$< 150^e$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A01NI	$3,10 \times 10^3$	-	35	-	< 1	-	Satisfaisante
A02AF	$1,20 \times 10^6$	+	8	-	< 1	-	Médiocre
A02AI	$1,60 \times 10^6$	+	> 160	+	< 1	-	Médiocre
A02AH	$2,30 \times 10^7$	++	14	-	< 1	-	Insatisfaisante
A02UA	$3,90 \times 10^6$	+	> 160	+	< 1	-	Médiocre
A02ON	$3,50 \times 10^2$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A02CO	$1,00 \times 10^3$	-	> 160	+	< 1	-	Médiocre
A02MZ	$< 190^e$	-	1	-	< 1	-	Satisfaisante
A02KA	$1,60 \times 10^4$	-	5	-	< 1	-	Satisfaisante
A02IZ	$4,60 \times 10^3$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante

e : environ CTA : Compte total aérobie CT : Coliformes Totaux - : Satisfaisante + : Médiocre ++ : Insatisfaisante

Tableau 4. 4 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 2 (suite)

Échantillons	CTA	Résultats	CT	Résultats	*Escherichia coli*	Résultats	Qualité
A02UY	$4,00 \times 10^5$	-	> 160	+	< 1	-	Médiocre
A02IM	$5,10 \times 10^4$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B01OU	$3,10 \times 10^6$	+	54	-	< 1	-	Médiocre
B01AF	$< 110^e$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B01OM	$4,80 \times 10^2$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B01AC	$3,20 \times 10^5$	-	1	-	< 1	-	Satisfaisante
B02RE	$1,00 \times 10^3$	-	35	-	< 1	-	Satisfaisante
B02EW	$7,00 \times 10^5$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B02LE	$3,80 \times 10^3$	-	54	-	< 1	-	Satisfaisante
B02AC	$3,10 \times 10^2$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
C01EL	$5,70 \times 10^3$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
C01IV	$7,00 \times 10^6$	+	< 1	-	< 1	-	Médiocre
C02EL	$2,70 \times 10^6$	+	1	-	< 1	-	Médiocre
C02IV	$2,60 \times 10^3$	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante

e : environ CTA : Compte total aérobie CT : Coliformes Totaux - : Satisfaisante + : Médiocre ++ : Insatisfaisante

Tableau 4. 5 : Résultats des analyses microbiologiques pour les repas de la catégorie 3

Échantillons	CTA	Résultats	CT	Résultats	*Escherichia coli*	Résultats	Qualité
A01PA	< 10^e	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
A02PA	< 10^e	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante
B01RE	5,00 x 10^5	+	1	-	< 1	-	Médiocre
B02OU	< 20^e	-	< 1	-	< 1	-	Satisfaisante

e : environ CTA : Compte total aérobie CT : Coliformes Totaux - : Satisfaisante + : Médiocre ++ : Insatisfaisante

Dans les échantillons analysés, la charge relative de contamination par les coliformes totaux a été établie à 6/66 soit 9,1%, et concernant *E. coli*, aucun des repas analysés n'a dépassé le seuil de référence défini (cf. Tableau 3.5), ce qui indique une qualité satisfaisante pour ce germe dans l'ensemble des catégories de repas. Les bactéries aérobies se sont révélées être les contaminants les plus fréquents, avec une incidence de 21,2% (14/66). Cette constatation est cohérente avec l'étude menée par Lupattelli *et al.* (2022) qui a également signalé une prévalence élevée de bactéries aérobies dans les aliments prêts à manger en restauration collective. Leur étude a montré une prévalence de 13,1% à 20,3% pour les paramètres d'hygiène alimentaire évalués, notamment les bactéries mésophiles totales. La présence élevée de bactéries aérobies dans les échantillons pourrait être liée à des défauts de manipulation ou de conservation, et selon Marzano & Balzaretti (2013) des températures de stockage inapproprié des aliments et une mauvaise cuisson contribuent à ces contaminations.

Tableau 4. 6 : Fréquence de non-conformité des repas selon les microorganismes étudiés

Germes analysés	**Médiocre**		**Insatisfaisante**	
	Nombre d'échantillons	**Pourcentage (%)**	**Nombre d'échantillons**	**Pourcentage (%)**
Compte total aérobie	11,0	16,7	3,0	4,5
Coliformes totaux	6,0	9,1	0	0
Escherichia coli	0	0	0	0

Malgré les taux de conformité de 78,8% et 90,9% pour l'ensemble des échantillons pour les bactéries aérobies et les coliformes respectivement, l'absence d'*E. coli* dans les repas est rassurante, toutefois, les coliformes sont un indicateur de contamination fécale pouvant être source d'autres agents pathogènes (BiOutils, non daté) ou de l'hygiène du personnel. Il est ainsi primordial de considérer leur présence dans les résultats de cette analyse comme un danger potentiel pour la santé publique en général et pour les consommateurs en particulier.

4.2. Prévalence des niveaux de contamination pour les catégories de repas

Comme énoncé précédemment, pour toutes les catégories de repas, les analyses effectuées ont montré l'absence d'*E. coli*. La catégorie 2 est légèrement plus contaminée que les autres en termes de bactéries aérobies avec une incidence de 33,4%

contre 6,8% pour la catégorie 1. Aussi, le pourcentage de contamination en coliformes totaux pour cette même catégorie 2 est de 18,2% alors que les autres catégories 1 et 3 ont un pourcentage nul. Le tableau 4.5 donne un aperçu global de ces indices de contamination.

Tableau 4. 7 : Pourcentages de repas non conforme pour les 3 microorganismes dans chaque catégorie de repas

Échantillons	**Compte total aérobie**		**Coliformes totaux**		***Escherichia coli***	
	Échantillons positifs	Pourcentages (%)	Échantillons positifs	Pourcentages (%)	Échantillons positifs	Pourcentages (%)
Catégorie 1 n=29	2	6,8	0	0,0	0	0
Catégorie 2 n=33	11	33,4	6	18,2	0	0
Catégorie 3 n=4	1	25,0	0	0	0	0

Lors de cette étude, la méthode de détermination des *E. coli* a montré un résultat < 1 pour toutes les catégories d'échantillons, ce qui est un résultat satisfaisant selon les critères. Les bactéries aérobies varient de < 10e à $6,0x10^6$ UFC/g pour la catégorie 1, de < 10e à $2,3x10^7$ UFC/g pour la catégorie 2 et de < 10e à $5,0x10^5$ UFC/g pour la catégorie 3. Les analyses des coliformes totaux ont donné pour la catégorie 1 (< 1 à 14 UFC/g), la catégorie 2 (< 1 à > 16 UFC/g) et la catégorie 3 (< 1 à 1 UFC/g). Ces résultats suggèrent une attention particulière pour la catégorie de repas 2, notamment dans la mise en pratique des bonnes habitudes tant durant la fabrication que l'hygiène du personnel.

L'analyse des différentes fréquences de conformité des échantillons montre que les données des bactéries aérobies sont les seules à démontrer une non-conformité au-delà du seuil maximal (> à « M ») par rapport aux normes microbiologiques de références pour certaines catégories. Le pourcentage de repas non acceptable par rapport au CTA varie de 3,4% pour la catégorie 1 à 6,1% pour la catégorie 2.

En effet, les résultats des tests statistiques suggèrent que certaines catégories de repas présentent un niveau de contamination plus élevé ou plus faible, nécessitant peut-être des interventions spécifiques en matière de sécurité alimentaire. Afin d'évaluer si la qualité microbiologique des repas diffère donc de manière significative entre les

trois catégories de repas étudiées (repas cuits, variés et pâtisseries), l'hypothèse nulle stipulant que :

- H_0 : il n'y a pas d'association entre la qualité microbiologique et chacune des catégories de repas a été émise.

Le test exact de Fisher (tableau 4.8) a révélé une valeur de 12,134 avec une signification exacte bilatérale $p=0.007 < 0.05$ indiquant une différence statistiquement significative au seuil de 5% entre les catégories de repas. Aussi, l'ensemble des tests effectués (khi-carré de Pearson, rapport de vraisemblance, et test exact de Fisher) révèle une association statistiquement significative entre la qualité des repas et les catégories de repas, avec des *p-values* nettement inférieures au seuil conventionnel de 0,05. Ainsi, l'hypothèse nulle est rejetée et par conséquent, il est possible de conclure que la distribution de la qualité microbiologique des repas n'est pas homogène entre les catégories.

Tableau 4. 8 : Résultats du test exact de Fisher entre les catégories de repas et leur qualité microbiologique

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)	Signification exacte (bilatérale)
khi-carré de Pearson	10,962[a]	4	,027	,024
Rapport de vraisemblance	12,854	4	,012	,009
Test exact de Fisher	12,134			,007
N d'observations valides	66			

a. 5 cellules (55,6%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de ,18.

Une étude antérieure effectuée par Balzaretti et Marzano (2013) a mis en évidence les risques accrus de contamination microbiologique dans les aliments à base d'ingrédients variés (crus et cuits) tant pour les coliformes totaux que pour les bactéries aérobies. Dans leur étude les groupes d'aliments multivariés sont plus sujets à atteindre des nombres élevés de ces micro-organismes précités. Ces résultats renforcent la pertinence des données obtenues dans cette étude pour les repas de la catégorie 2.

Les variations observées ainsi que cette hétérogénéité entre les résultats des analyses ($p = 0.007$) soulignent l'importance de mettre en exergue plusieurs aspects cruciaux à l'origine de cette diversité afin d'assurer la sécurité alimentaire des

consommateurs des établissements de restaurations du Grand Moncton. Il est en effet nécessaire d'examiner attentivement les facteurs pouvant entrer en jeu dans cette qualité microbienne des repas servis, en l'occurrence les tendances éventuelles de contaminations d'une ville à l'autre, la possibilité d'une variation notable entre les repas des établissements pour ainsi comprendre les pratiques de préparation des aliments. En outre, des informations sur les sources potentielles de contamination peuvent être fournies en explorant les différents types de cuisines et leurs modes de préparation. Et enfin, il est indispensable de déterminer les implications de ces résultats du point de vue de la santé publique.

4.3. Évaluation des niveaux de contamination selon les villes

En termes de proportions, les échantillons de repas analysés au niveau de chaque ville de l'étude sont représentatifs de chacune permettant ainsi de comparer les résultats entre eux et de les interpréter.

Dans une vue d'ensemble, le tableau 4.10 ci-dessous représentant le croisement des villes et des microorganismes de l'étude montre que la ville A, caractérisée par 44 repas, présente une bonne qualité hygiénique. La charge microbienne des échantillons de repas collectés dans la ville A, varie de $<10^{e}$ à $2,3x10^{7}$ UFC/g pour le compte total aérobie et 10/44 échantillons dépassent les seuils de conformité de sorte que 15,9% se trouvent entre le seuil « m » et « M » c'est-à-dire de qualité médiocre, mais acceptable et 6,8% des repas sont supérieurs à « M », jugés de qualité insatisfaisante.

Pour les coliformes totaux, les concentrations se situent entre < 1 à > $1,6\ x10^{1}$ ou 160 UFC/g et seulement 6/44 échantillons (13,6%) présentent un niveau de contamination jugé comme médiocre. Aucun des repas analysés pour ce groupe de microorganismes n'a été de qualité insatisfaisante. Par rapport aux bactéries *E. coli*, la charge relative moyenne est de < 1 UFC/g. En général, 70,5% des repas pour la ville A sont jugés de qualité satisfaisante.

Le nombre de repas échantillonnés pour la ville B est évalué à 16 et en moyenne, la qualité des repas est jugée comme satisfaisante avec un pourcentage de 87,5%. En évaluant la présence de chaque type de microorganismes à l'étude, la concentration en bactéries aérobies se situe entre $< 10^{e}$ à $3,1x\ 10^{6}$ UFC/g. Cet intervalle de concentrations démontre qu'il n'y a aucun repas qui dépasse les seuils de référence « M » ce qui signifie que les 12,5% d'échantillons restants sont de qualité acceptable

sous certaines réserves. Les données des résultats d'analyses des coliformes totaux ainsi que de *E. coli* présentent une charge microbienne largement inférieure au seuil « m » défini, ce qui qualifie les repas de qualité satisfaisante pour ces deux types de microorganismes. Pour les coliformes totaux, la concentration varie de < 1 à 54 UFC/g et tout comme pour la ville A, la charge relative moyenne est de < 1 UFC/g pour *E. coli*.

Au niveau de la ville C (échantillons de repas = 6), tous les échantillons sont jugés de qualité satisfaisante avec des charges microbiennes largement inférieures à « m » tant pour *E. coli* (en moyenne < 1UFC/g) que pour les coliformes totaux. Pour ces derniers, la concentration étant de ≤ 1 UFC/g. Toutefois, pour les bactéries aérobies, 66,7% des repas sont acceptables du point de vue de la qualité microbiologique et le reste se trouve entre les seuils de référence et est de qualité médiocre. La concentration de bactéries aérobies variait de <200e à 7x10^{6}UFC/g.

L'étude de la qualité microbiologique de divers types d'aliments prêts à consommer dans différentes zones géographiques, telle que rapportée par Harivola (2019), a révélé des niveaux élevés de contamination similaires à nos résultats. Cette étude a mis en évidence une variation de la qualité des aliments entre différents sites, notamment en ce qui concerne les bactéries aérobies, avec des concentrations allant de 1,8x10^{5} à 7,6x10^{6} UFC/g.

L'analyse des résultats de cette étude permet d'orienter les interventions de santé publique en termes de contrôle et de prévention de la contamination par rapport à un microorganisme spécifique en identifiant les villes ou les quartiers qui nécessitent une attention particulière.

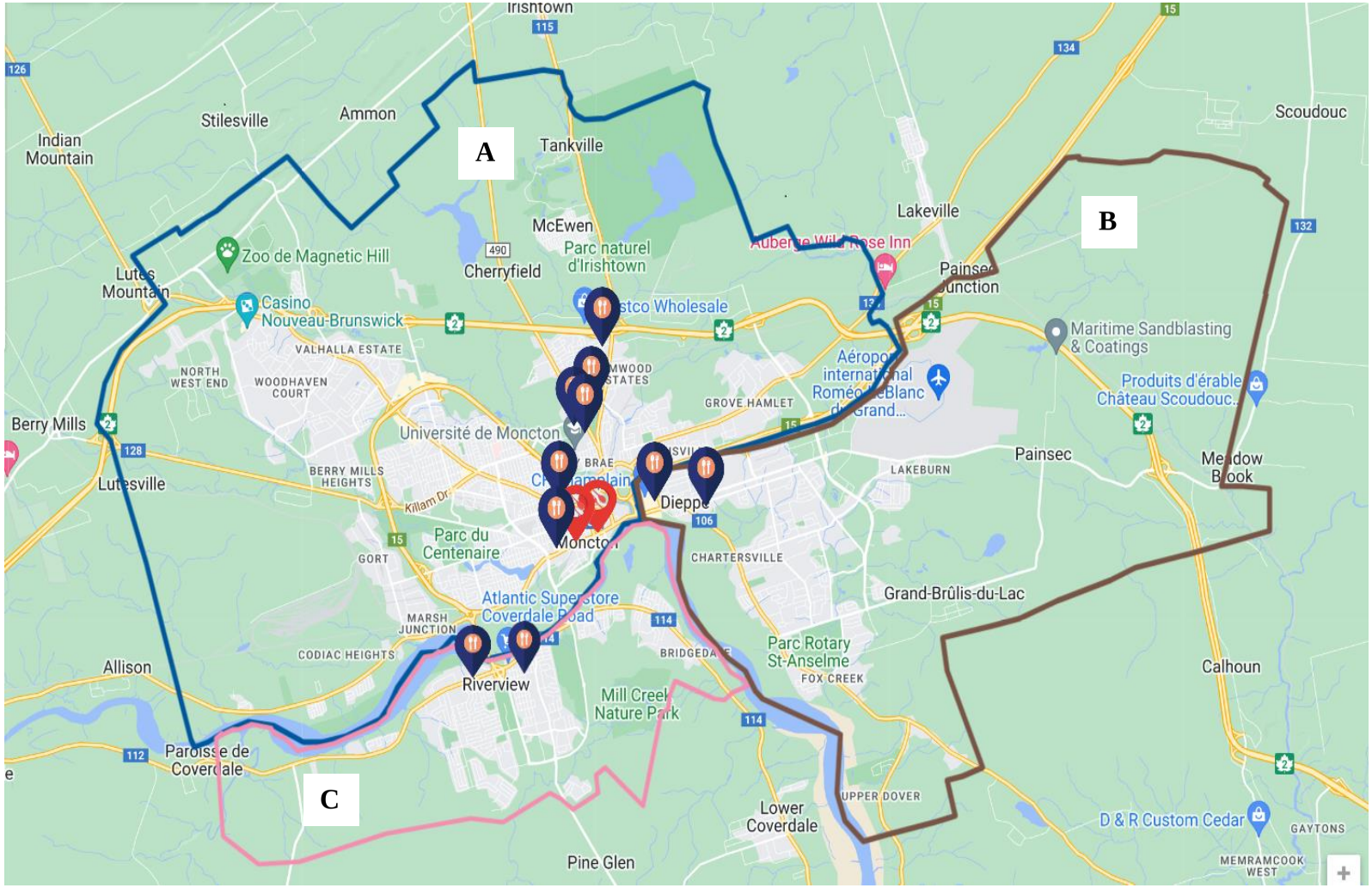
En termes de pourcentage, les villes B et C sont celles qui ont un indice de contamination le moins élevé dans l'ordre dans l'ensemble des microorganismes analysés. La ville A présente un niveau de contamination élevé non seulement pour le compte total aérobie, mais également pour les coliformes totaux.

Tableau 4. 9 : Résultats du croisement des échantillons des 3 villes avec les microorganismes analysés

Germes	Ville	A (n = 44)	B (n = 16)	C (n = 6)
Compte total aérobie (%)	Satisfaisante	77,3	87,5	66,7
	Médiocre	15,9	12,5	33,3
	Insatisfaisante	6,8	0	0
Coliformes Totaux (%)	Satisfaisante	86,4	100	100
	Médiocre	13,6	0	0
	Insatisfaisante	0	0	0
***E. coli* (%)**	Satisfaisante	100	100	100
	Médiocre	0	0	0
	Insatisfaisante	0	0	0

Ces résultats démontrent qu'il est possible de déterminer les différences de distribution des qualités microbiologiques des établissements de restauration entre les villes et identifier les zones qui présentent un risque plus élevé de contamination par rapport à d'autres

La figure 4.2 présente un aperçu visuel de la répartition des niveaux de contamination dans les 3 villes de l'étude.



Médiocre

Insatisfaisante

Figure 4. 2 : Répartition des niveaux de contamination dans les 3 villes du Grand Moncton

Ville A

Ville B

Ville C

Ainsi, afin de déterminer s'il existe une tendance ou une association potentielle entre la répartition du niveau de contamination des repas et les villes, plusieurs analyses statistiques ont été effectuées. Les deux variables catégorielles considérées ont été les différentes villes (A, B et C) et la qualité générale des repas analysés. Le tableau 4.10 de contingence ci-dessous permet de croiser les catégories de qualité définie (satisfaisante, médiocre, insatisfaisante) suivant les critères microbiologiques de référence ainsi que les repas analysés dans les trois villes. Les données obtenues prennent en considération la proportion des échantillons dans chaque ville en tenant compte de leur disparité.

Tableau 4. 10 : Résultats du croisement entre la ville (A, B et C) et la qualité microbiologique générale des repas

			Qualité			Total
			Insatisfaisante	Médiocre	Satisfaisante	
Ville	À	Effectif	3	10	31	44
		(%) dans Ville	6,8%	22,7%	70,5%	100%
	B	Effectif	0	2	14	16
		(%) dans Ville	0%	12,5%	87,5%	100%
	C	Effectif	0	2	4	6
		(%) dans Ville	0%	33,3%	66,7%	100%
Total		Effectif	3	14	49	66
		(%) dans Ville	4,5%	21,2%	74,2%	100%

Le tableau croisé entre les villes et la qualité microbienne des échantillons montre que 74,2% soit 49/66 repas sont de bonne qualité et présente une sécurité alimentaire pour la clientèle sur le plan microbiologique. Une proportion de 21,2% est acceptable, mais nécessite un renforcement des bonnes pratiques des établissements correspondants. Et enfin, 4,5% des échantillons dépassent les seuils tolérables qui font que ces repas sont de qualité insatisfaisante et l'ensemble est localisé dans la ville A (Figure 4.3).

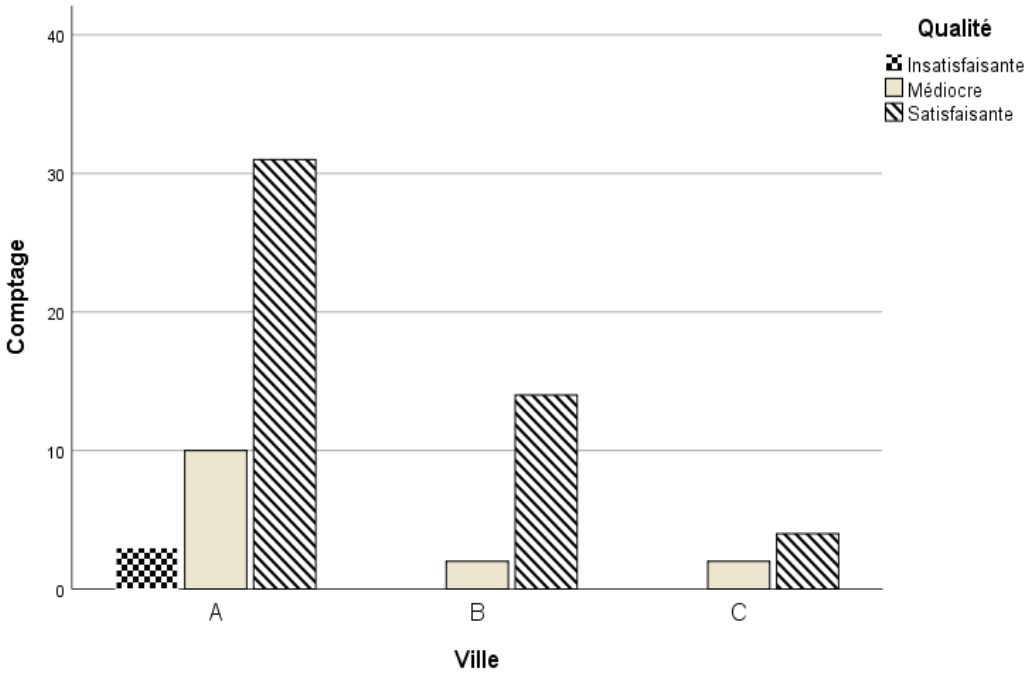


Figure 4. 3 : Répartition du niveau de qualité des repas dans les 3 villes

Afin d'évaluer la distribution de ce niveau de qualité au sein des 3 villes, une hypothèse dite nulle ou H_0 a été émise telle que :

- H_0 : il n'y a pas d'association entre la qualité microbiologique des repas et l'emplacement géographique des établissements de l'étude (Moncton, Riverview et Dieppe).

Aucun des tests (khi-carré de Pearson, rapport de vraisemblance, ou test exact de Fisher) n'indique une association statistiquement significative (tableau 4.11) entre la qualité des repas et les villes, puisque toutes les *p-values* sont bien au-dessus du seuil de signification typique de 0,05. Le résultat du test de Fisher a affiché que la *p-value* trouvée est de $p = 0,631$ qui est largement supérieure au seuil défini $\alpha = 0,05$. Il peut alors être déduit qu'il n'existe pas suffisamment de preuve qui permettrait de rejeter l'hypothèse H_0 étant donné qu'il n'y a pas de différence significative dans les résultats. La probabilité qu'il n'y ait pas d'association entre les deux variables croisées en l'occurrence les villes de prélèvement et la qualité microbiologique des repas est supérieur à 6,31%. En d'autres termes, la qualité microbiologique des repas ne varie pas d'une ville à l'autre voire elle y est similaire. L'hypothèse H_0 est donc acceptée.

Tableau 4. 11 : Résultats du test exact de Fisher entre la qualité des repas et les 3 villes

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)	Signification exacte (bilatérale)
khi-carré de Pearson	3,046[a]	4	,550	,606
Rapport de vraisemblance	3,998	4	,406	,482
Test exact de Fisher	2,528			,631
Nombre d'observations valides	66			

a : 6 cellules (66,7%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 0,27.

Diverses études antérieures ont exploré les différentes facettes de la qualité microbiologique des repas dans des sites variés et nos résultats sont en accord avec certaines, mais en divergence avec d'autres. Ceci souligne la complexité des facteurs qui influencent la qualité des repas. Bakobie *et al.* (2017) ont constaté une uniformité de qualité entre les échantillons d'épices vendues avec les aliments de rue ou prêts à consommer (FAO, 2024), analysés sur quatre sites à Tamale, en ce qui concerne les bactéries pathogènes.

Cependant, les observations rapportées par Soares *et al.* (2020) dans le contexte des cantines scolaires ont montré des différences statistiquement significatives dans la qualité des aliments en fonction de leur localisation.

Ces différents résultats mettent en lumière l'importance de prendre en compte les spécificités du contexte alimentaire, c'est-à-dire les particularités et caractéristiques uniques de l'environnement dans lequel les aliments sont préparés, servis et consommés, lors de l'évaluation de la qualité microbiologique des repas.

4.4. Évaluation des niveaux de contamination entre les restaurants

Sur les 33 restaurants échantillonnés dans cette étude, 12 restaurants ont été identifiés comme présentant un niveau de contamination varié des repas qu'ils proposent au niveau des 3 villes confondues (Tableau 4.12). Au total 17 repas ont une mauvaise qualité microbiologique telle que 6 restaurants présentent 1 repas de qualité médiocre chacune, 4 restaurants ont 2 repas de qualité médiocre, 1 restaurant présente

2 repas de qualité insatisfaisante et 1 autre restaurant présente 1 repas sur 2 de qualité insatisfaisante. Le tableau 4.12 ci-après donne un aperçu détaillé de ces restaurants codés répartis dans les villes correspondantes :

Tableau 4. 12 : Proportion de repas contaminés selon les restaurants et les villes correspondantes

Restaurant	Ville	Qualité repas		Total repas contaminé
		Médiocre	Insatisfaisante	
OU	B	1	0	1
AF	A	1	0	1
EL	C	1	0	1
AI	A	2	0	2
IV	C	1	0	1
AH	A	0	**2**	**2**
RE	B	1	0	1
UA	A	2	0	2
AV	A	1	0	1
CO	A	2	0	2
SA	A	0	**1**	**1**
UB	A	2	0	2

Ces données montrent la fréquence des repas de mauvaise qualité par restaurant pour voir s'il y a des tendances ou des concentrations particulières de problèmes de qualité dans certains établissements. Il a été observé que 21 établissements ont une qualité des repas proposés conforme aux critères de références définies dans cette étude. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce phénomène, entre autres la taille du restaurant (la capacité d'accueil, le type de service fourni à la clientèle, les fréquentations), ainsi tout ce qui entre dans la gestion de l'établissement, ou encore le type de cuisine proposée, les modes de préparations spécifiques à chaque repas, etc. Cette recherche a choisi de se concentrer sur 2 facteurs qui sont le type de cuisine et le niveau de service proposés.

Chaque établissement ayant été catégorisé suivant le niveau de service fourni selon les critères au chapitre 1 de cette thèse, il a été défini que 16/33 offrent un niveau de service complet et les 17 restants ont un niveau de service restreint. La figure 4.4 présente le pourcentage de type de restaurants en termes de services offerts.

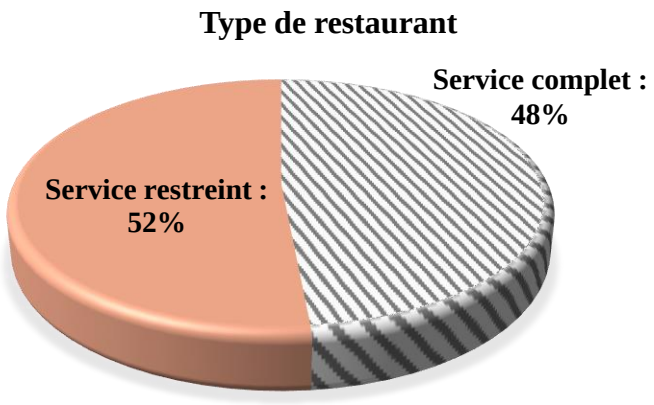


Figure 4. 4 : Pourcentage de restaurants offrant un service complet et restreint

Les établissements de restauration, quelle que soit leur catégorie de service, offrent une variété de cuisines spécifiques, chacune pouvant varier d'un repas à l'autre. Après analyse des données recueillies sur les sites de chaque établissement, 8 types de cuisines ont été identifiés (Figure 4.5) :

- Asiatique : englobant une grande diversité de styles culinaires, dont la cuisine chinoise, japonaise, coréenne et thaïlandaise. Cette catégorie représente 12 repas sur 66 ;
- Française : caractérisée par des repas figurant dans la catégorie des produits de boulangerie, inspirée de la cuisine française, avec 2 repas sur 66 ;
- Indienne : regroupant les établissements proposant des repas typiquement indiens, 6 repas sur 66 en font partie ;
- Internationale : caractérisée spécifiquement par les fast-foods franchisés au Canada, la cuisine internationale représente les chaînes de restauration proposant des menus standardisés et des repas emblématiques qui ne sont pas spécifiquement canadiens, souvent avec plusieurs franchises et des menus similaires dans le monde entier. Les recettes et les produits proposés par ces établissements sont d'une certaine façon les mêmes d'un pays à l'autre. Parmi les repas échantillonnés, 8 sur 66 sont concernés ;
- Locale : cette cuisine met en valeur les recettes et cuisines canadiennes qu'elles soient traditionnelles ou modernisées. Certaines chaînes de restauration rapide proposant des repas emblématiques du Canada voire des menus et des promotions adaptées aux préférences locales ou qui sont devenus une partie intégrante de la culture canadienne du fait de leur une forte présence et une

longue histoire au sein du pays ou de la province, font partie de ce type. La cuisine locale présente le nombre maximum de repas échantillonnés avec 24 repas sur 66.

- Mexicaine : ce type de cuisine met en avant l'utilisation des ingrédients phares de la région du Mexique et il a été dénombré 2 repas sur 66 ;
- Moyen – orient : la cuisine moyen-orientale, comprend ici surtout, les repas traditionnels de certains pays comme le Liban ainsi que des recettes et saveurs spécifiques à une culture ou une région du Moyen-Orient comme le houmous, le falafel, le kebab, etc. Dans cette catégorie de cuisine, 6 repas sur 66 ont été échantillonnés ;
- Varié : avec également 6 repas sur 66, ce type de cuisine fait référence à des repas de styles culinaires provenant du monde entier, élaborés dans un même établissement. Il peut inclure différentes cultures culinaires mises en exergue à travers les diverses recettes proposées.

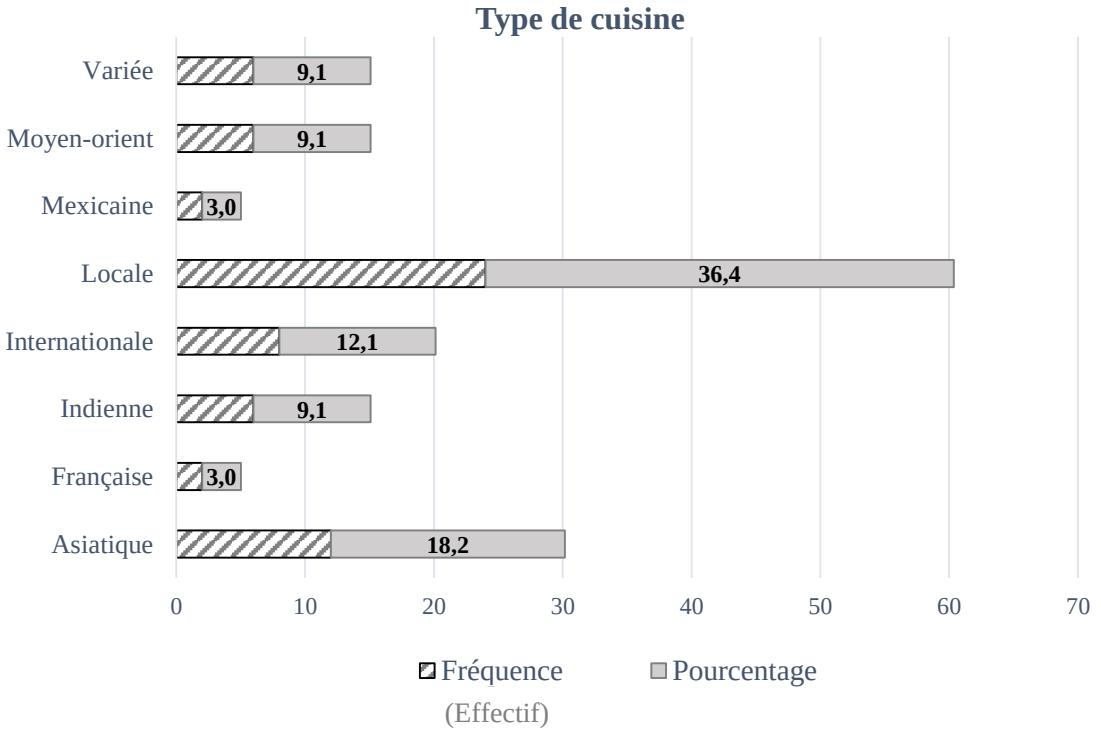


Figure 4. 5 : Répartition des types de cuisines selon l'échantillonnage effectué

Les détails sur la spécificité de chaque échantillon sont présentés ci-dessous :

Tableau 4. 13 : Caractéristiques des échantillons

Échantillons	Ville	Restaurant	Niveau de service	Cuisine
A01WX	A	WX	Service restreint	Locale
A02WX	A	WX	Service restreint	Locale
A01IS	A	IS	Service complet	Indienne
A02IS	A	IS	Service complet	Indienne
B01OU	B	OU	Service restreint	Française
B02OU	B	OU	Service restreint	Française
A02AF	A	AF	Service complet	Variée
A01AF	A	AF	Service complet	Variée
B02AF	B	AF	Service complet	Variée
B01AF	B	AF	Service complet	Variée
A01PA	A	PA	Service restreint	Locale
A02PA	A	PA	Service restreint	Locale
C01EL	C	EL	Service restreint	Locale
C02EL	C	EL	Service restreint	Locale
A02AI	A	AI	Service restreint	Internationale
A01AI	A	AI	Service restreint	Internationale
C01IV	C	IV	Service complet	Locale
C02IV	C	IV	Service complet	Locale
A01AH	A	AH	Service restreint	Moyen-Orient
A02AH	A	AH	Service restreint	Moyen-Orient
B02RE	B	RE	Service restreint	Locale
B01RE	B	RE	Service restreint	Locale
A01UA	A	UA	Service restreint	Mexicaine
A02UA	A	UA	Service restreint	Mexicaine
B01OM	B	OM	Service complet	Asiatique
B02OM	B	OM	Service complet	Asiatique
A02SA	A	SA	Service complet	Asiatique
A01SA	A	SA	Service complet	Asiatique
A01UG	A	UG	Service complet	Locale
A02UG	A	UG	Service complet	Locale
A02AV	A	AV	Service complet	Moyen-Orient
A01AV	A	AV	Service complet	Moyen-Orient
A01ON	A	ON	Service complet	Locale
A02ON	A	ON	Service complet	Locale
A01ID	A	ID	Service restreint	Locale
A02ID	A	ID	Service restreint	Locale
B01AD	B	AD	Service complet	Indienne
B02AD	B	AD	Service complet	Indienne
A02CO	A	CO	Service restreint	Internationale

Tableau 4. 14 : Caractéristiques des échantillons (suite)

Échantillons	Ville	Restaurant	Niveau de service	Cuisine
A01CO	A	CO	Service restreint	Internationale
A01EZ	A	EZ	Service restreint	Moyen-Orient
A02EZ	A	EZ	Service restreint	Moyen-Orient
B02EW	B	EW	Service restreint	Locale
B01EW	B	EW	Service restreint	Locale
A02KA	A	SA	Service complet	Asiatique
A01KA	A	SA	Service complet	Asiatique
B02LE	B	LE	Service complet	Asiatique
B01LE	B	LE	Service complet	Asiatique
A02IZ	A	IZ	Service complet	Locale
A01IZ	A	IZ	Service complet	Locale
A02IT	A	IT	Service restreint	Locale
A01IT	A	IT	Service restreint	Locale
C01YL	C	YL	Service complet	Asiatique
C02YL	C	YL	Service complet	Asiatique
A02UY	A	UY	Service restreint	Internationale
A01UY	A	UY	Service restreint	Internationale
B02AC	B	AC	Service restreint	Internationale
B01AC	B	AC	Service restreint	Internationale
A02IM	A	IM	Service restreint	Locale
A01IM	A	IM	Service restreint	Locale
A01AJ	A	AJ	Service complet	Indienne
A02AJ	A	AJ	Service complet	Indienne
A01OK	A	OK	Service complet	Asiatique
A02OK	A	OK	Service complet	Asiatique
A01NI	A	NI	Service restreint	Variée
A02NI	A	NI	Service restreint	Variée

Afin de déterminer si la distribution de la qualité des repas est significativement différente entre les différents restaurants selon le niveau de service et le type de cuisine offert, une évaluation d'une éventuelle association entre la qualité des échantillons analysés et ces différentes variables a été effectuée.

Ainsi, pour explorer cette théorie, une hypothèse a été émise telle que :

- H_0 : il n'y a pas d'association entre les types de service, les catégories de cuisines et la qualité des repas échantillonnés.

L'analyse de ces variables à partir du test exact de Fisher fournit les données nécessaires pour soutenir ou rejeter cette hypothèse.

4.4.1. Association entre la qualité microbienne et le niveau de service

Le tableau croisé 4.15 de la qualité des repas et du niveau de service fourni permet de constater que la répartition en termes de qualité des deux types de restaurants est relativement équilibrée avec une prédominance des repas de qualité satisfaisante (28 repas sur 32) pour les établissements offrant un service complet. D'autre part, les restaurants avec un service restreint affichent un plus grand nombre de repas de mauvaise qualité avec 11 repas sur 34 de qualité médiocre. Ces résultats soulignent l'importance potentielle du niveau de service dans la détermination de la qualité des repas. En effet, les restaurants avec un service restreint peuvent faire face à des défis supplémentaires en matière d'hygiène et de qualité alimentaires.

Tableau 4. 15 : Résultat du croisement entre le type de service offert par les restaurants et la qualité microbiologique des repas

			Qualité			Total
			Insatisfaisante	Médiocre	Satisfaisante	
Type de restaurant	Service complet	Effectif	1	3	28	32
		(%) dans service	3,10%	9,40%	87,50%	100%
	Service restreint	Effectif	2	11	21	34
		(%) dans service	5,90%	32,40%	61,80%	100%
Total		Effectif	3	14	49	66
		(%) dans service	4,50%	21,20%	74,20%	100%

L'analyse statistique, à travers les tests du khi-carré de Pearson, du rapport de vraisemblance et du test exact de Fisher, montre une association significative entre la qualité des repas et le type de service offert. Les résultats du test exact de Fisher (tableau 4.16) ont montré que la *p-value* de 0,035 est inférieur au niveau de significativité utilisé $\alpha = 0,05$ avec un ratio de 5,862. Ce rapport démontre la force de l'association entre les variables croisées, notamment le niveau de service fourni et la qualité des repas. La *p-value* indique que la probabilité d'observer les données sous l'hypothèse H_0 est de 3,5% seulement ce qui permet de conclure que les preuves statistiques pour rejeter cette hypothèse sont robustes et significatives. Il existe donc une association significative entre les variables étudiées. Cette association suggère que la qualité des repas varie en fonction du type de service offert par les restaurants.

Tableau 4. 16 : Résultats du test exact de Fisher entre le type de service et la qualité microbiologique des repas

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)	Signification exacte (bilatérale)
khi-carré de Pearson	5,850[a]	2	,054	,042
Rapport de vraisemblance	6,142	2	,046	,059
Test exact de Fisher	5,862			,035
Nombre d'observations valides	66			

a : 2 cellules (33,3%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 1,45.

D'une manière générale, quel que soit le niveau de service offert, il est primordial pour les établissements de restauration de mettre en place des mesures rigoureuses de contrôle de la qualité et de maintenir des normes élevées d'hygiène alimentaire afin de garantir une expérience satisfaisante et sécuritaire pour leurs clients (Ji *et al*., 2023). La tendance observée selon laquelle, les restaurants offrant un service restreint sont plus contaminés que ceux à service complet, peut être issue de différentes raisons. L'une des hypothèses avancées pour expliquer cette différence de normes d'hygiène est que les restaurants à service complet pourraient adopter des normes plus strictes que leurs homologues à service restreint. Cette rigueur accrue peut découler de plusieurs facteurs, notamment les attentes élevées des clients dans ces établissements ou encore la complexité des préparations gastronomiques (Abd Rashid *et al.*, 2019 ; Hashim *et al.*, 2009). Selon Cha et Borchgrevink (2019) les restaurants à service complet ou haut de gamme attirent généralement une clientèle exigeante, qui recherche une expérience culinaire exceptionnelle accompagnée d'une assurance de sécurité sanitaire maximale. Par conséquent, ces établissements peuvent être incités à investir davantage dans des pratiques d'hygiène rigoureuses pour répondre à ces attentes élevées, protéger leur réputation de qualité et fidéliser leur clientèle (Rahman *et al*., 2023). De plus, la diversité des activités dans les restaurants à service complet peut également nécessiter des normes d'hygiène plus strictes. Ces établissements proposent souvent une gamme plus étendue de plats et des techniques de préparation plus

élaborées, ce qui accroît le risque de contamination croisée et demande une gestion précise des protocoles d'hygiène. Enfin, les réglementations locales et les inspections gouvernementales peuvent également jouer un rôle dans la détermination des normes d'hygiène des restaurants. Il est possible que les restaurants à service complet soient soumis à des exigences plus strictes en raison de leur taille, de leur portée et de la nature de leurs activités.

4.4.2. Association entre la qualité microbienne et le type de cuisine

Dans l'étude de la variation de la qualité microbiologique des repas, des disparités notables ont été observées dans la répartition des repas entre différentes traditions culinaires selon le tableau de contingence ci-dessous (tableau 4.17). La cuisine indienne se distingue par une qualité satisfaisante des repas pour l'ensemble des échantillons (6/6). Les cuisines asiatiques (11/12), locales (21/24), et variées (5/6) présentent également un nombre élevé de repas satisfaisants. En revanche, la cuisine internationale a montré une proportion plus élevée de repas de qualité médiocre avec 6 repas sur 8. Les autres types de cuisine montrent une répartition équilibrée de la qualité ; cependant, dans cette étude, la cuisine du Moyen-Orient a eu un nombre plus élevé de repas de qualité insatisfaisante (2/6), tandis que celle du Mexique n'a eu que des repas de qualité médiocre (2/2).

Il est important de considérer des contextes variés pour comprendre pleinement les disparités dans la qualité microbiologique des repas. Elles peuvent être attribuées à plusieurs facteurs contextuels. Par exemple, certaines cuisines peuvent utiliser des ingrédients ou des méthodes de préparation qui sont plus sensibles aux conditions de manipulation et de conservation, ce qui peut affecter la qualité microbiologique des repas. De plus, les techniques de préparation et les pratiques d'hygiène peuvent varier selon les traditions culinaires, les ressources disponibles dans chaque établissement et la diversité des équipements de cuisine. Ces observations soulignent l'importance d’accorder des formations au personnel à tous les types de cuisines et de leur offrir des opportunités égales.

Tableau 4. 17 : Résultat du croisement entre le type de cuisine et le niveau de qualité microbiologique des repas

			Qualité			Total
			Insatisfaisante	Médiocre	Satisfaisante	
Cuisine	Asiatique	Effectif	1	0	11	12
		(%) dans Cuisine	8,3%	0%	91,7%	100%
	Française	Effectif	0	1	1	2
		(%) dans Cuisine	0%	50,0%	50,0%	100%
	Indienne	Effectif	0	0	6	6
		(%) dans Cuisine	0%	0%	100%	100%
	Internationale	Effectif	0	6	2	8
		(%) dans Cuisine	0%	75,0%	25,0%	100%
	Locale	Effectif	0	3	21	24
		(%) dans Cuisine	0%	12,5%	87,5%	100%
	Mexicaine	Effectif	0	2	0	2
		(%) dans Cuisine	0%	100%	0%	100%
	Moyen-Orient	Effectif	2	1	3	6
		(%) dans Cuisine	33,3%	16,7%	50,0%	100%
	Variée	Effectif	0	1	5	6
		(%) dans Cuisine	0%	16,7%	83,3%	100%
Total		Effectif	3	14	49	66
		(%) dans Cuisine	4,5%	21,2%	74,2%	100%

L’existence d'un impact significatif du type de cuisine sur la qualité des repas servis par les restaurants est confirmée à travers les résultats des tests statistiques (khi-carré de Pearson et rapport de vraisemblance) du tableau 4.18 avec des *p-values* inférieures au seuil de 0,05. La mesure de la force de cette variation sur l’association éventuelle de ces variables a donné un ratio de 32,166 avec une significativité bilatérale de 0,000 pour le test exact de Fisher. Cette *p-value* est largement inférieure à $\alpha = 0,05$ ce qui rejette complètement l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas d'association entre les types de cuisine et la qualité hygiénique des repas étant donné que la probabilité de réalisation de cette hypothèse est inférieure à 0,1%.

Tableau 4. 18 : Résultats du test exact de Fisher entre le type de cuisine et la qualité microbiologique des repas

	Valeur	ddl	Signification asymptotique (bilatérale)	Signification exacte (bilatérale)
khi-carré de Pearson	42,232[a]	14	,000	,003
Rapport de vraisemblance	36,868	14	,001	,000
Test exact de Fisher	32,166			,000
N d'observations valides	66			

a : 20 cellules (83,3%) ont un effectif théorique inférieur à 5. L'effectif théorique minimum est de 0,09.

Les résultats du test exact de Fisher suggèrent fortement que la qualité des repas varie de manière significative en fonction du type de cuisine proposée dans les restaurants. Par conséquent, il est crucial de prendre des mesures appropriées en particulier dans les cuisines où les lacunes en termes de qualité ont été observées à travers les résultats de cette étude.

L'identification des facteurs contribuant aux niveaux de contamination alimentaire constitue un défi de taille pour chaque établissement de restauration. Les résultats de cette étude montrent une qualité alimentaire plus variable dans les fast-foods franchisés ou les cuisines internationales, confirmant les observations de plusieurs études, qui attribuent cette variation à un manque de formation et de sensibilisation du personnel. La plupart des employés de la restauration rapide sont des étudiants ou des travailleurs temporaires, ce qui entraîne une rotation constante du personnel (Batt *et al*., 2014 ; Dike, 2012). Les critères d'embauche ne sont pas souvent rigoureux, et selon Elobeid *et al*. (2019) la main-d'œuvre ne possède pas les connaissances spécifiques à la manipulation des aliments et n’a pas un niveau élevé de qualification. Ceci peut conduire à une inconsistance dans les pratiques de sécurité alimentaire et à une potentielle incompétence parmi les employés. Les nouveaux membres du personnel peuvent ne pas être correctement formés ou avoir une compréhension limitée des protocoles de sécurité alimentaire, ce qui compromet la qualité des repas servis. Outre les bonnes pratiques d'hygiène, comme le lavage des mains ou la désinfection des équipements, les employés peuvent manquer de connaissances concernant les températures critiques de manipulation ou de stockage des aliments (Annor et Baiden, 2011 ; (Buccheri *et al.*, 2010). Une étude de McNeil (2019) sur la gestion des risques

liés à la sécurité alimentaire dans l'industrie de la restauration rapide a souligné l'importance de la connaissance de la température des aliments prêts à consommer et de sa relation avec la croissance bactérienne parmi les employés. En effet, les études de Elobeid *et al.* (2019) et celles d'Annor et Baiden (2011) affirment que le personnel des fast-foods manque de connaissances sur les plages de températures critiques, tant pour la manipulation des aliments chauds que pour les aliments froids, notamment la décongélation et la recongélation des aliments, ainsi que l'augmentation du nombre de micro-organismes pathogènes lors de ces procédures répétées.

Par ailleurs, le non-respect des protocoles de sécurité alimentaire, souvent motivé par des contraintes de temps et de ressources, peut entraîner des pratiques risquées telles que la cuisson insuffisante des viandes souvent non vérifiée et le stockage ou un lavage inadéquat des aliments. Cette observation met en évidence la pression à laquelle sont confrontés les employés, en particulier dans les environnements de restauration rapide où le temps est souvent un facteur critique. Dans son étude, (McNeil, 2019) affirme que ce phénomène est possible même pour les employés bien formés.

La contamination plus élevée observée dans les repas crus et transformés est corroborée par d'autres études qui ont également noté que les différences dans les pratiques de manipulation et de cuisson des aliments entre les types de cuisine peuvent également jouer un rôle significatif dans la qualité des repas. Les cuisines impliquant une manipulation intensive d'ingrédients crus (Shaltout, 2024) et leur utilisation dans certains repas comme les burgers, les kebabs, les sushis, les falafels, etc., par exemple, peuvent présenter un risque accru de contamination bactérienne et de contamination croisée si les protocoles appropriés ne sont pas suivis, soulignant ainsi l'importance d'une formation spécifique et de protocoles adaptés à chaque type de cuisine. Enfin, la complexité des recettes et des méthodes de cuisson propres à chaque type de cuisine peut également contribuer à la variation de la qualité des repas. Hoteit *et al*. (2021) a rapporté que les recettes des plats libanais comprennent une gamme d'aliments aux recettes souvent complexes. Les plats nécessitant une longue préparation ou une cuisson à des températures insuffisantes peuvent favoriser la croissance bactérienne et la contamination microbiologique, mettant en évidence la nécessité d'une surveillance étroite et d'une formation adéquate du personnel.

4.5. Forces et recommandations

4.5.1. Implications de l’étude

La qualité microbiologique des aliments est un aspect essentiel de la sécurité alimentaire et de la santé humaine. Dans cette étude, bien qu’aucun des repas analysés n'ait dépassé le seuil de référence pour *E. coli*, ce qui est encourageant, une proportion significative présentait une qualité médiocre ou insatisfaisante pour les bactéries aérobies et les coliformes totaux. Ces résultats soulignent des lacunes potentielles dans les pratiques d'hygiène et de sécurité alimentaire et soulèvent plusieurs implications importantes pour la santé publique.

La présence de ces contaminants microbiens dans les aliments augmente le risque de maladies infectieuses d'origine alimentaire chez les consommateurs des restaurants. Ces maladies peuvent avoir un impact significatif sur la santé et le bien-être des individus, voire entrainer des complications graves. Cela soulève des préoccupations quant à la sécurité des aliments préparés et distribués, nécessitant une réglementation et une surveillance accrues pour garantir le respect des normes appropriées (Makinde *et al*., 2020). Par ailleurs, les populations sensibles, telles que les jeunes enfants, les personnes âgées ou encore les personnes immunodéprimées sont particulièrement vulnérables. Il est primordial de prendre des mesures spécifiques pour protéger ces groupes à risques. Une attention particulière des autorités sanitaires est donc nécessaire.

Les résultats de cette étude apportent des informations précieuses pour évaluer l'efficacité des politiques de santé publique en matière de sécurité alimentaire. Bien que les inspections menées par les autorités compétentes intègrent de nombreux critères de risque (Ministère de la santé, non daté), l'identification de non-conformités microbiologiques dans certains restaurants, jugés pourtant conformes selon les rapports officiels (Ministère de la santé, non daté), met en lumière la nécessité de renforcer les stratégies de gestion des risques. Il est essentiel de prendre en compte des dangers moins visibles, mais tout aussi menaçants pour la santé publique. Cela souligne l'importance d'une vigilance accrue, non seulement de la part des autorités, mais aussi des établissements eux-mêmes, afin de maintenir et d’appliquer les recommandations entre les inspections grâce à des autoévaluations régulières.

L'apparente contradiction entre les données de cette étude et les rapports d'inspection s'explique par plusieurs facteurs. D'une part, les inspections sont généralement programmées à des moments précis (Ministère de la santé, non daté) ou en réponse à des plaintes (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2014), ce qui signifie qu'elles ne couvrent pas l'ensemble des opérations quotidiennes des restaurants. D'autre part, il est possible que certains établissements se conforment aux exigences des agents d'inspection lors des visites, mais relâchent leur vigilance entre celles-ci. Cela démontre l'importance d'une surveillance continue et de la formation régulière du personnel, afin de garantir que les bonnes pratiques soient respectées de manière constante.

4.5.2. Recommandations et perspectives

Afin de prévenir les risques pour la santé publique liés à la contamination microbienne des aliments, plusieurs mesures et perspectives d'études peuvent être envisagées en adoptant des approches intégrées axées sur la prévention et la sensibilisation de chaque acteur (personnel des établissements, les gérants et la clientèle). Pour ce faire :

- Il serait pertinent de mettre en place un système de surveillance continue de la qualité microbiologique des repas, permettant de détecter rapidement les problèmes potentiels et de prendre des mesures correctives appropriées. Cette approche contribuerait à prévenir les éclosions de maladies d'origine alimentaire et à garantir la sécurité des consommateurs.
- En parallèle, il est essentiel d'analyser les facteurs de contamination dans des cuisines spécifiques, tels que les cuisines internationales ou les chaînes de fast-foods franchisées. Une attention particulière devrait être accordée à la gestion des ingrédients variés, souvent exotiques, et aux processus de préparation dans ces établissements. Cette étude permettrait d'identifier les points critiques de contamination et d'examiner l'influence de la contrainte de temps sur le respect des bonnes pratiques d'hygiène.
- L'introduction de protocoles plus stricts pour la préparation et la cuisson des aliments, incluant des vérifications régulières des températures et des temps de cuisson, est également primordiale pour garantir la destruction des bactéries pathogènes. Cette recommandation s'appuie sur les résultats de l'étude montrant que les repas à base d'ingrédients crus et cuits sont les plus contaminés,

nécessitant ainsi une amélioration des pratiques de manipulation dans les restaurants proposant des recettes complexes.

- L'impact de la formation du personnel sur la qualité microbiologique des repas mérite également d'être étudié. Compte tenu de l'association significative entre le niveau de service et la qualité des repas, des programmes de formation spécifiques pourraient être mis en place pour réduire les contaminations. Il est recommandé de former les employés sur le respect des températures de stockage, la manipulation des aliments, et les bonnes pratiques de cuisson. De plus, il est crucial que les propriétaires de restaurants adoptent une approche axée sur la salubrité, et non uniquement sur le profit, en instaurant des formations adaptées et régulières tout au long de l'année.
- Une étude longitudinale sur l'impact des inspections sanitaires pourrait évaluer si la fréquence des contrôles influence la qualité des repas, particulièrement dans les établissements présentant des repas de mauvaise qualité microbiologique. Cette recherche permettrait également d'examiner l'efficacité à long terme des recommandations des inspecteurs et leur suivi.
- Enfin, il est également essentiel de sensibiliser les consommateurs aux risques liés à la contamination microbienne. Les informer sur la manière de choisir des restaurants respectant des standards élevés et leur indiquer les sites qui fournissent des informations sur la conformité des établissements pourraient les aider à faire des choix éclairés en matière de sécurité alimentaire.

4.6. Limites de l'étude

Malgré les conclusions significatives obtenues dans cette étude, il est essentiel d'examiner également les limites potentielles de l'étude afin de contextualiser adéquatement les résultats et d'identifier les domaines nécessitant une attention particulière pour de futures recherches. Les données de l'étude peuvent expliquer plusieurs limites potentielles.

La taille de l'échantillon analysé étant relativement petite par rapport à la diversité des repas disponibles, une plus grande taille d'échantillon aurait pu offrir une image plus complète de la qualité microbiologique des repas dans différents types de cuisine et catégories alimentaires. Toutefois, l'échantillonnage probabiliste stratifié proportionnel utilisé garantit que les échantillons sont représentatifs des proportions

réelles de restaurants dans chaque ville, offrant ainsi une répartition géographique équilibrée. Cela dit, la surreprésentation naturelle de la ville A, due à sa densité plus élevée de restaurants, pourrait soulever des préoccupations quant à la généralisation des résultats à d'autres contextes géographique avec des densités de restaurants différentes. Bien que l'échantillonnage ait correctement reflété cette proportion, il existe un risque que les spécificités locales de la ville A influencent les conclusions de l'étude. De plus, malgré l'utilisation d'un échantillonnage aléatoire, la grande variabilité entre les restaurants pourrait ne pas avoir capturé toutes les nuances potentielles entre différents types d'établissements. Les conclusions de l'étude suggèrent que la qualité microbiologique des repas peut varier en fonction du type de service et du type de cuisine proposés par les restaurants. Cette variabilité souligne l'importance des pratiques de préparation des aliments au sein des restaurants, qui peuvent différer considérablement d'un établissement à l'autre et influencer les niveaux de contamination microbiologique des repas. Ainsi, un échantillon plus large permettrait de mieux comprendre les tendances générales tout en évitant des biais liés à la variabilité locale et à fournir des résultats plus robustes.

D'autres facteurs potentiels qui pourraient influencer la qualité microbiologique des repas, tels que les conditions de stockage des aliments, les pratiques d'hygiène du personnel de cuisine et les protocoles de nettoyage des restaurants, et bien d'autres encore, n'ont pas été pris en compte dans cette étude. Ces variables non contrôlées pourraient introduire des biais dans les résultats de cette étude, notamment en raison de la présence des bactéries aérobies et des coliformes. Et le manque de données détaillées sur les conditions spécifiques de chaque restaurant constitue une limite potentielle. La connaissance de ces données pourrait aider à mieux comprendre les facteurs environnementaux qui influent sur la qualité microbiologique des repas et à identifier les pratiques d'hygiène et de sécurité alimentaire nécessitant une amélioration.

Ensuite, la période de collecte des échantillons dans cette étude ne reflète pas pleinement les variations saisonnières qui pourraient influencer la gestion des établissements, les conditions d'hygiène et la préparation des aliments. Des recherches antérieures ont établi un lien entre la contamination microbienne et les variations climatiques, soulignant que des environnements chauds favorisent une croissance bactérienne accélérée, augmentant ainsi le risque de contamination. Dans de telles

conditions, les surfaces de travail retiennent davantage la chaleur, ce qui favorise la prolifération microbienne (Djekic *et al.*, 2016). De plus, le maintien des aliments chauds peut être négligé lors des périodes estivales, et des infractions concernant l'entreposage des aliments froids sont fréquentes, notamment en raison d'une surveillance inadéquate des températures. L'augmentation rapide de la température dans les réfrigérateurs lors des ouvertures de porte, couplée à des températures ambiantes élevées, a été associée à une incidence accrue d'infections gastro-intestinales (Dominianni *et al*., 2018). L'humidité, en particulier lors de journées pluvieuses, peut également faciliter la dissémination des contaminants via les mains et les vêtements (Djevik *et al*., 2016). Enfin, les taux de fréquentation des restaurants varient selon les saisons, avec une affluence plus importante en été, ce qui peut engendrer des contraintes de temps pour le personnel et compromettre les pratiques d'hygiène. Pour capturer ces dynamiques, il serait pertinent de mener des études sur des périodes plus longues et de considérer les effets saisonniers sur la qualité microbiologique des repas. Une telle approche permettrait non seulement d'observer l'impact des variations climatiques sur les pratiques de gestion et de sécurité alimentaire, mais également de développer des stratégies d'interventions plus efficaces adaptées aux défis spécifiques rencontrés par les établissements durant différentes saisons.

Enfin, l'une des limites potentielles de cette étude réside dans l'impossibilité de réaliser des analyses en triplicata en raison des contraintes budgétaires. Cependant, plutôt que d'échantillonner trois fois un même repas dans chaque restaurant, deux repas distincts par établissement ont été prélevés. Cette méthode a permis d'analyser chaque restaurant à travers deux repas différents, ce qui a renforcé la pertinence des conclusions en offrant une évaluation plus représentative de la qualité microbiologique, tenant compte de la diversité des repas proposés. Néanmoins, il aurait été judicieux de sélectionner certains repas présentant des niveaux élevés (supérieurs aux seuils d'acceptabilité « m » et « M ») et de répéter les analyses dans les mêmes conditions pour obtenir des données plus précises et fiables. Cette approche aurait permis de vérifier la reproductibilité des résultats et d'évaluer la variabilité des données, renforçant ainsi la robustesse de l'étude. De plus, des données plus précises auraient facilité la généralisation des résultats à l'ensemble de la région. L'exploration de cette possibilité pourrait constituer une piste intéressante pour des études

ultérieures, permettant ainsi une meilleure compréhension des pratiques d'hygiène et des normes de sécurité alimentaire dans les établissements de restauration du Grand Moncton.

En tenant compte de ces observations, il est important de reconnaître que des recherches supplémentaires pourraient être nécessaires pour aborder ces limites et approfondir la compréhension des facteurs qui influent sur la qualité microbiologique des aliments dans différents contextes. Ces recherches pourraient inclure une plus grande diversité d'échantillons, une collecte de données plus approfondie sur les pratiques de préparation des aliments et les conditions environnementales des restaurants, ainsi que des analyses statistiques plus robustes pour tenir compte des facteurs confondants potentiels. En fin de compte, une meilleure compréhension de ces limites peut contribuer à améliorer la qualité des études ultérieures sur la sécurité alimentaire et à renforcer les efforts visant à protéger la santé publique.

Conclusion partielle

Une conformité relativement élevée aux normes établies a été montrée à travers les résultats des analyses microbiologiques des repas servis par différents restaurants de la région métropolitaine du Grand Moncton. Tous les échantillons étaient conformes pour *E. coli*, alors que les bactéries aérobies et les coliformes totaux affichaient un niveau de conformité de 90,9% et 78,8% respectivement. Néanmoins, des menaces pour la santé de la clientèle subsistent.

Pour les 3 catégories de repas, la seconde (multiples ingrédients cuits et crus) est la plus contaminée tant par les bactéries aérobies que les coliformes totaux. La présence de bactéries aérobies variait de < 10e[1] à $6{,}0x10^{6}$ UFC/g pour la catégorie 1 (cuit) de < 10e à $2{,}3x10^{7}$ UFC/g pour la catégorie 2 et de < 10e à $5{,}0x10^{5}$ UFC/g pour la catégorie (produits de boulangerie). Ces microorganismes sont les plus fréquents dans les repas et sont les seuls à dépasser le seuil de référence « M » faisant des échantillons concernés, de qualité insatisfaisante. Les données des analyses des coliformes totaux ont montré néanmoins pour la catégorie 1 (< 1 à 14 UFC/g), la catégorie 2 (< 1 à >1,6 $x10^{1}$ UFC/g) et la catégorie 3 (< 1 à 1 UFC/g), que tous les repas figuraient dans les seuils d'acceptabilité inférieurs à « M ».

En comparant les niveaux de contamination au sein des 3 villes, nos résultats ont démontré que 70,5% des repas sont de qualité satisfaisante pour la ville A et 87,5% pour la ville B. Dans la ville C, les repas échantillonnés sont de bonne qualité microbiologique. Cependant, les tests statistiques démontrent qu'il n'y a pas de différence significative ($p < 0{,}05$) entre les trois villes en termes de qualité microbiologie. Parmi les 33 restaurants échantillonnés, 12 ont été identifiés comme présentant un niveau varié de contamination des repas proposés, avec un total de 17 repas de mauvaise qualité microbiologique. Ces données révèlent des tendances dans la fréquence des repas de mauvaise qualité par restaurant, suggérant des différences potentielles non seulement dans le niveau de service de ces établissements, mais aussi dans la préparation des aliments. Une prédominance de repas de qualité satisfaisante a été observée dans les restaurants offrant un service complet, en revanche, les restaurants à service restreint présentent un plus grand nombre de repas de qualité

[1] e = environ

médiocre. Les résultats statistiques indiquent une association significative entre le niveau de service et la qualité des repas. Les restaurants à service complet semblent maintenir des normes d'hygiène plus strictes, peut-être en raison des attentes élevées de la clientèle et des réglementations plus strictes auxquelles ils peuvent être soumis. Des disparités significatives sont cependant observées dans la qualité des repas entre les différents types de cuisine. Au total, 8 types de cuisines ont été identifiés, chacun présentant un nombre spécifique de repas échantillonnés. La cuisine indienne affiche une qualité satisfaisante pour tous les échantillons, tandis que la cuisine internationale présente principalement des repas de qualité médiocre. Une association significative entre le type de cuisine et la qualité des repas ont été démontrées à travers l'analyse des données.

Plusieurs facteurs sont à l'origine de ces contaminations entre autres la manipulation d'ingrédients variés, une mauvaise cuisson, des températures de stockages inappropriés ou encore une mauvaise formation du personnel. Cette étude souligne l'importance de la qualité microbiologique des aliments pour la santé publique. Nos résultats permettent d'identifier les domaines à risques et orienter le développement de stratégies de gestion des risques. Toutefois, afin de se projeter sur des recherches supplémentaires, il est nécessaire de prendre en compte les limites de cette étude pour avoir une grande portée dans la projection des résultats ultérieurs.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La prolifération rapide des établissements de restauration suscite des inquiétudes quant au contrôle efficace de la qualité des services et des repas offerts, malgré les inspections réglementaires en place. Les établissements de restauration, allant des restaurants traditionnels aux services de livraison à domicile, cherchent à répondre aux besoins variés de leur clientèle tout en s'adaptant à l'évolution des modes de consommation, notamment la montée en puissance des services de livraison en ligne. Les normes telles que HACCP et ISO 22000 régissent le secteur de la restauration pour garantir la sécurité alimentaire, bien que leur application puisse être complexe et coûteuse, laissant subsister des défis en termes de responsabilité sociale et de spécificités locales. Le contrôle de la salubrité des aliments est assuré à différents niveaux, mais les toxiinfections alimentaires demeurent une préoccupation majeure en exposant les clients et les employés à des risques de maladies d'origine alimentaire.

Un devis d'étude transversale a été adopté pour cette recherche qui se trouve à la fois descriptif et explicatif. Les critères d'inclusions et exclusions ayant été définis préalablement, 33 restaurants au sein du grand Moncton ont été échantillonnés à travers un échantillonnage probabiliste de type aléatoire et stratifié. Cette méthode a pour objectif de représenter adéquatement chacune des 3 villes composant la région en tenant compte des proportions d'établissements, mais aussi en assurant une représentation équilibrée. Une matrice générée par un ordinateur a été utilisée à cet effet pour l'obtention d'une liste aléatoire, évitant ainsi tout biais dans la sélection. Les résultats des analyses microbiologiques ont révélé une conformité relativement élevée aux normes établies, bien qu'un risque pour les consommateurs subsiste. Les seuils d'acceptabilité pour *E. coli* ont été respectés pour l'ensemble des échantillons avec une charge moyenne < 1UFC/g. L'absence de cette bactérie indique une qualité satisfaisante. Pour les autres germes indicateurs de l'étude, une large proportion des repas était contaminée par les bactéries aérobies avec un taux de 21,2% dont 16,7% se trouvaient entre les seuils « m » et « M » des critères microbiologiques définis et 4,5% dépassaient le seuil « M ». Bien que la catégorie de repas 2, composée d'aliments prêts à consommer principalement constitués d'ingrédients crus et cuits, présente un niveau de contamination plus élevé en termes de bactéries aérobies, avec un taux relatif de 33,4%, il convient de noter que ces dernières demeurent les contaminants les plus récurrents dans toutes les catégories de repas. Pour ce qui est des coliformes totaux, l'indice de contamination est également notable dans la catégorie 2, atteignant 18,2%,

avec 9,1% des repas se situant entre les seuils d'acceptabilité et aucun échantillon ne dépassant la limite "M". Ces données montrent que les deux premières hypothèses émises selon lesquelles : de façon générale, la qualité microbiologique des repas servis est satisfaisante, démontrant un niveau élevé de conformité aux normes ou aux seuils d'acceptabilité microbiologique correspondante ainsi que les niveaux de contamination microbienne varient selon la nature des microorganismes indicateurs considérés, ont été vérifiées.

Bien que des différences entre les villes aient été observées, elles n'étaient pas significatives dans l'ensemble. La probabilité d'absence d'association entre la qualité microbiologique des repas et les 3 villes à l'étude est supérieure à 6,31% selon les tests exacts de Fischer effectués avec le logiciel SPSS. 26.0. Par contre, certains restaurants ont été identifiés comme présentant un niveau de contamination variable, suggérant des différences dans les pratiques de préparation des aliments. Les restaurants offrant un service complet ont généralement maintenu des normes d'hygiène plus strictes que ceux à service restreint. La *p-value* obtenue pour les tests était de 0,035 ce qui a permis de conclure qu'il existe une association entre les variables et que la qualité des repas, variant en fonction du type de service offert. Plusieurs facteurs expliquent ces résultats, soutenus par diverses études antérieures. Parmi eux, les attentes élevées des clients, la diversité des activités, les réglementations régionales et nationales en rapport avec la gestion de ces établissements (taille, capacité, etc.) qui font que les normes dans les services offerts sont plus strictes. Des disparités significatives ont également été observées entre les 8 types de cuisines répertoriés, avec certains affichant une qualité satisfaisante tandis que d'autres présentaient principalement des repas de qualité médiocre. Les données ont suggéré une probabilité d'absence d'association entre les types de cuisines et la qualité hygiénique des repas, inférieure à 0,1%, notamment une significativité de 0,000 largement inférieur à $\alpha = 0,05$ défini lors du test. Les restaurants offrant des cuisines internationales ou précisément les fast-foods franchisés étant les plus contaminés, les raisons avancées se penchent sur le manque de formation du personnel dû aux changements perpétuels et très fréquents des employés, mais aussi à l'absence de connaissance rigoureuse sur les points critiques en transformation alimentaire entre autres les plages températures ou l'importance des bonnes pratiques. Le manque de temps ou la manipulation de différents ingrédients crus et cuits dans certains types de cuisines sont aussi des facteurs nécessitant un suivi

permanent. Ainsi, ces combinaisons de facteurs permettent de vérifier la troisième hypothèse qui stipulait que la qualité microbiologique des repas varie selon la catégorie de repas, le type de service offert ainsi que certaines caractéristiques des restaurants tels que le type de cuisine servie et leur emplacement géographique.

Cette étude met en exergue l'importance capitale de la qualité microbiologique des aliments pour la santé publique. Les résultats obtenus peuvent éclairer l'efficacité des politiques de santé publique relatives à la sécurité alimentaire et guider le développement de stratégies de gestion des risques. Malgré les inspections régulières menées, il est observé que certains établissements maintiennent un niveau de non-conformité élevé pour les repas qu'ils proposent. Cette constatation souligne la nécessité d'une vigilance accrue, car un restaurant peut être jugé conforme selon les critères d'une agence d'inspection, tout en présentant des lacunes dans d'autres aspects notamment la formation des employés, leur niveau d'hygiène, les températures de préparation et de conservation, susceptibles de constituer un risque pour la clientèle. Ainsi, cette étude réfute la dernière hypothèse selon laquelle : la qualité microbiologique des repas est supérieure dans les restaurants ayant obtenu un niveau de conformité élevé lors des résultats d'inspection sanitaire par l'ACIA, ce qui suggère fortement qu'une approche holistique est essentielle pour garantir la santé publique. Il est crucial de prendre en considération plusieurs facteurs pour évaluer les défis spécifiques rencontrés par chaque établissement, en fonction de leur type et de leurs activités, afin d'orienter efficacement les programmes de formation et de sensibilisation. Aussi, pour garantir la validité et la portée des résultats futurs, il est essentiel de reconnaître les limites de notre étude entre autres une taille d'échantillon relativement petite pouvant restreindre la généralisation des résultats. Les pratiques de préparation et les conditions environnementales des restaurants, ainsi que les variations saisonnières, n'ont pas été entièrement prises en compte, ce qui peut introduire des biais supplémentaires. Des recherches futures avec des échantillons plus diversifiés et des analyses statistiques plus robustes sont nécessaires pour approfondir la compréhension des facteurs influençant la qualité microbiologique des repas.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abd Rashid, M. H., Hamzah, M., Shobri, N., & Hashim, N. (2019). A Review on Full Service Restaurants in Malaysia. *International Tourism and Hospitality Journal*. 2(2), 1-6. https://rpajournals.com/wp-content/uploads/2019/06/ITHJ-2019-02-22.pdf

Abdallah, E.-F. M. (2021). Évaluation de la qualité microbiologique des aliments de rue de Madagascar vendus sur la route nationale 7. (Thèse). Université d'Antananarivo. https://www.univ-antananarivo.mg/Theses-malgaches-en-ligne

Académie Saint-Bernard. (non daté). *Intoxication alimentaire*. https://academiesb.com/fr/lexique/intoxication-alimentaire

Ada Marzano, M. & Balzaretti, C.M. (2013). Protecting child health by preventing school-related foodborne illnesses: Microbiological risk assessment of hygiene practices, drinking water and ready-to-eat foods in Italian kindergartens and schools. *Food Control*, 34(2):560–567. http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=27658385

Agence canadienne d'inspection des aliments. (2014). Inspection des restaurants et des services alimentaires au Canada. http://inspection.canada.ca/fr/salubrite-alimentaire-consommateurs/ou-signaler-plainte/restaurants-services-alimentaires

Agence canadienne d'inspection des aliments. (2022). Évaluation des renseignements sur les risques liés à la salubrité des aliments – Rapport final. http://inspection.canada.ca/fr/propos-lacia/transparence/rapports-

gestion/verifications-evaluations-revues/evaluation-renseignements-risques-lies/rapport-final

Agence canadienne d'inspection des aliments. (2024). *Documents de transition pour le président.*

http://inspection.canada.ca/fr/propos-lacia/transparence/divulgation-proactive/documents-transition-president

Agence de la santé publique du Canada. (2001). *Fiche Technique Santé-Sécurité* : Agents Pathogènes – *Shigella* spp. https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/shigella.html

Agence de la santé publique du Canada. (2011a). *Fiche Technique Santé-Sécurité* : Agents Pathogènes – Virus de l'hépatite A (VHA).

https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/virus-hepatite-a.html

Agence de la santé publique du Canada. (2011b). Fiche Technique Santé-Sécurité : Agents Pathogènes – Virus de l'hépatite E.

https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/virus-hepatite-e.html

Agence de la santé publique du Canada. (2011c). *Fiche Technique Santé-Sécurité* : Agents Pathogènes – *Salmonella enterica* spp.

https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/salmonella-enterica.html

Agence de la santé publique du Canada. (2012a). *Campylobacter jejuni*.

https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/intoxication-alimentaire/campylobacter-jejuni.html

Agence de la santé publique du Canada. (2012b). *Fiche Technique Santé-Sécurité :* Agents Pathogènes – *Escherichia coli, enteropathogenic*.

https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/escherichia-coli-enteropathogene.html

Agence française de sécurité sanitaire des aliments. (2003). *Bilan des connaissances relatives aux Escherichia coli producteurs de Shiga-toxines (STEC).* https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC-Ra-STEC.pdf

Allafi, A. R., Al-Kandari, D., Al-abdeen, J., & Al-Haifi, A. R. (2020). Cross-cultural differences in food safety knowledge, attitudes and practices of food handlers working at restaurants in Kuwait. *Acta Bio Medica : Atenei Parmensis*, 91(4). https://doi.org/10.23750/abm.v91i4.8614

Annor G. A. & Baiden E. A. (2011). Evaluation of Food Hygiene Knowledge Attitudes and Practices of Food Handlers in Food Businesses in Accra, Ghana. *Food and Nutrition Sciences, 02(08)*. https://doi.org/10.4236/fns.2011.28114

Anonyme. (2021). *Aerobic bacteria—Definition and Examples—Biology Online Dictionary*. Biology Articles, Tutorials & Dictionary Online. https://www.biologyonline.com/dictionary/aerobic-bacteria

Bakobie, N., Addae, A.S., Duwiejuah, A.B., Cobbina S.J. & Miniyila S. (2017). Microbial profile of common spices and spice blends used in Tamale, Ghana. *International of Journal Food Contamination* 4, 10.

https://doi.org/10.1186/s40550-017-0055-9

Balzaretti, C.M., & Marzano, M.A., (2013). Prevention of travel-related foodborne diseases: Microbiological risk assessment of food handlers and ready-to-eat foods in northern Italy airport restaurants, *Food Control*, 29(1):202–207. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.077

Basavaraju, M., Gunashree, B. S., Basavaraju, M., & Gunashree, B. S. (2022). *Escherichia coli*: An Overview of Main Characteristics. In *Escherichia coli*—Old and New Insights. *Intech Open*. https://doi.org/10.5772/intechopen.105508

Batt, R., Lee, J. E., & Lakhani, T. (2014). A National Study of Human Resource Practices, Turnover, and Customer Service in the Restaurant Industry. *Political Science*.

https://archive.ilr.cornell.edu/sites/default/files/National-Study-of-Human-Resource-Practices-High-Turnover-and-Customer-Service-in-the-Restaurant-Industry.pdf

Bélanger, P., Tanguay, F., Hamel, M., & Phypers, M. (2015). Aperçu des éclosions d'origine alimentaire au Canada signalées par l'entremise du Registre fédéral des éclosions de 2008 à 2014. *Relevé des maladies transmissibles au Canada*, 41(11), 389-399. https://doi.org/10.14745/ccdr.v41i11a01f

Bigonnesse, F. (2022). Techniques de prélèvement des échantillons pour l'analyse microbiologique des aliments et de l'eau. *Gouvernement du Canada*. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Laboratoire/Tech_prelevements-echantillons-analyse-microbiologique-aliments-eau.pdf

BiOutils. (non daté). *Analyse de l'eau.* Université de Genève. https://www.bioutils.ch/protocoles/13-analyse-de-leau

Bole, D. K. (2022). *How Restaurant Operators Can Achieve ISO 22000 Certification: Part 1. Food Safety*. https://www.food-safety.com/articles/7494-how-restaurant-operators-can-achieve-iso-22000-certification-part-1

Brock, T. D., Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. (2000). *Biology of Microorganisms* (9th edition). New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc.

Buccheri, C., Mammina, C., Giammanco, S., Giammanco, M., Guardia, M. L., & Casuccio, A. (2010). Knowledge, attitudes and self-reported practices of food service staff in nursing homes and long-term care facilities. *Food Control*, 21(10), 1367-1373. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.04.010

Bureau de Normalisation du Québec (BNQ). (2023). *HACCP et ISO 22000*. https://www.bnq.qc.ca/fr/normalisation/agroalimentaire/

Caprioli, A., Morabito, S., Brugere, H. & Oswald, E. (2005). Enterohaemorrhagic *Escherichia coli*: emerging issues on virulence and modes of transmission. *Veterinary. Research*, 36(3), 289-311. https://doi.org/10.1051/vetres:2005002

Cason, J., Bailey, J., Stern, N., Whittemore, A., & Cox, N. (1997). Relationship between aerobic bacteria, salmonellae and Campylobacter on broiler carcasses. *Poultry Science*, 76(7), 1037-1041. https://doi.org/10.1093/ps/76.7.1037

Centre de Recherche pour les Aliments (CRA). (2023a). *Dénombrement des bactéries aérobies totales dans les produits alimentaires et écouvillons* (MCB/I08.01.NSP-2). Centre des technologies et des sciences de la santé, Université de Moncton, Canada.

Centre de Recherche pour les Aliments (CRA). (2023b). *Dénombrement des coliformes, des coliformes fécaux et de E. coli dans l'eau, les produits marins ainsi que dans les aliments par la méthode du nombre le plus probable (NPP)* (MCB/I08.01.COL-1). Centre des technologies et des sciences de la santé, Université de Moncton, Canada.

Centre de Recherche pour les Aliments (CRA). (2023c). *Préparation d'eau peptonée*. Centre des technologies et des sciences de la santé, Université de Moncton, Canada.

Centres de contrôle et de prévention des maladies (CDC). (2018). *Burden of Foodborne Illness : Findings.* Estimates of foodborne illnesses in the United States. https://www.cdc.gov/foodborneburden/2011-foodborne-estimates.html

Cha, J., & Borchgrevink, C. P. (2019). Customers' perceptions in value and food safety on customer satisfaction and loyalty in restaurant environments: Moderating roles of gender and restaurant types. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 20(2), 143-161. https://doi.org/10.1080/1528008X.2018.1512934

Chahed, A., & China, B. & Daube, G. (2007). Les *Escherichia coli* producteurs de Shigatoxines dans les toxi-infections d'origine alimentaire. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 151, 215-246. https://hdl.handle.net/2268/6870

Culture Moncton. (2016). *Ville de Moncton*. Plan culturel. 2016-2026. https://www5.moncton.ca/docs/plans/Ville%20de%20Moncton_Plan%20culturel_2016-2026.pdf

Da Cunha, D. T., Stedefeldt, E. & de Rosso, V. V. (2014). The role of theoretical food safety training on Brazilian food handlers' knowledge, attitude and practice. *Food Control*, 43, 167-174. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.03.012

Demay, F. (non daté). *Interprétation des résultats : plan à deux et trois classes*. BTS BioAnalyses & Contrôles.

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

Diébakhat, D. I. (2023). *Intoxication alimentaire : un plat de couscous, servi lors d'une Ziarra, envoie 29 personnes aux urgences*.

https://www.seneweb.com/news/Societe/intoxication-alimentaire-un-plat-de-cous_n_403434.html

Dike, D. W. (2012). Changes in the role of supervisors in managerial leadership theories: an historical perspective. *International Journal of Management*, 29, 189-194. https://www.proquest.com/openview/fef8ed95e52134bd09a6c106e1d0e2b1/1?cbl=5703&pq-origsite=gscholar

Djekic, I., Kuzmanović, J., Anđelković, A., Saračević, M., Stojanović, M. M., & Tomašević, I. (2016). Relationships among hygiene indicators in take-away foodservice establishments and the impact of climatic conditions. *Journal of Applied Microbiology*, 121(3), 863-872. https://doi.org/10.1111/jam.13211

Dominianni, C., Lane, K., Ahmed, M., Johnson, S., McKelvey, W., & Ito, K. (2018). Hot Weather Impacts on New York City Restaurant Food Safety Violations and Operations. *Journal of Food Protection*, 81(7), 1048-1054. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-490

Dubois-Brissonnet, F., Guillier, L. (2020). Les maladies microbiennes d'origine alimentaire. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, *55*(1), 30-38. https://doi.org/10.1016/j.cnd.2019.12.001

Elobeid, T., Savvaidis, I., & Ganji, V. (2019). Impact of food safety training on the knowledge, practice, and attitudes of food handlers working in fast-food restaurants. *British Food Journal*, 121(4), 937-949. https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2019-0066

European Food Safety Authority (EFSA) & European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). (2021). The European Union one health 2019 zoonoses report. *EFSA Journal*, 19(2), e06406. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6406

Fisseha, G., Berhane, Y., & Teka, G.-E. (1999). Public catering establishments in Addis Ababa. Ethiopian *Journal of Health Development*, 13(2), Article 2. https://www.ajol.info/index.php/ejhd/article/view/213390

Food and Agriculture Organization (FAO). (2024). *Aliments vendus sur la voie publique*. Aliments pour les Villes. Food for the Cities Initiative.

https://www.fao.org/fcit/food-processing/street-foods/fr/#:~:text=Les%20aliments%20vendus%20sur%20la,et%20d'autres%20endroits%20similaires

Fortin M.F., Gagnon J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche. Méthodes quantitatives et qualitatives*. (3ème édition). Montréal, Québec : TC Média Livres Inc. (Originalement publié par Chenelière Éducation Inc. en 2006).

Gaybor Quitio, J. T. (2022). Estudio de salmonelosis en carne bovina y su impacto en la salud pública. *Universidad Técnica de Babahoyo*.

http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1333

Gouvernement du Canada, S. C. (2021). *Des stats au menu ! L'industrie canadienne de la restauration*. https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-627-m/11-627-m2021025-fra.htm

Gouvernement du Nouveau-Brunswick. (2021b). *Salubrité des aliments*. https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/ohs/salubrite.html

Gouvernement du Nouveau-Brunswick. (2021a). *Formation en salubrité alimentaire*. https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/ohs/salubrite/content/formation_en_salubrite_alimentaire.html

Gouvernement du Québec. (2002). *La nutrition publique au menu - habitude alimentaire.* https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie_nutrition/habitude_alimentaire.html

Green, L. R., Selman, C. A., Radke, V., Ripley, D., Mack, J. C., Reimann, D. W., Stigger T., Motsinger M. & Bushnell, L. (2006). Food worker hand washing practices: an observation study. *Journal of Food Protection*, 69(10), 2417-2423. https://doi.org/10.4315/0362-028X-69.10.2417

Griffin, P.M., & Tauxe R.V. (1991). The epidemiology of infections caused by *Escherichia coli* O157: H7, other enterohemorrhagic *E. coli*, and the associated hemolytic uremic syndrome. *Epidemiologic Reviews*,13, 60-98.

https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.epirev.a036079

Groupe scientifique sur l'eau. (2017). *Coliformes totaux*. Dans Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national de santé publique du Québec. https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/coliformes-totaux

Harivola, E. (2019). *Qualité microbiologique et dosage du benzo(a)pyrène dans les brochettes et grillades de viandes de bœuf et poulet (Zones 67ha et Ankatso).* (Thèses). Université d'Antananarivo.

https://www.univ-antananarivo.mg/Theses-malgaches-en-ligne

Hashim, R., Karuthan, C., Talib S.M. & Mukesh, K. (2009). Consumers' purchasing orientation: An alternative method in segmenting the Malaysian fine dining restaurant market. *Journal of Tourism, Hospitality & Culinary Arts (JTHCA*), 1(3), 1-20.

https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/19424/1/AJ_SALIM%20ABDUL%20TALIB%20JTHCA%20B%2009.pdf

Havelaar, A. H., Kirk, M. D., Torgerson, P. R., Gibb, H. J., Hald, T., Lake, R. J., Praet, N., Bellinger, D.C., de Silva, N.R., Gargouri, N., Speybroeck, N., Cawthorne, A., Mathers, C., Stein, C., Angulo, F.J., & Devleesschauxer, B. (2015). World Health Organization Global estimates and regional comparisons of the burden of foodborne disease in 2010. *PLoS Medicine*, 12(12). https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001923

Heredia, N., & García, S. (2018). Animals as sources of food-borne pathogens: A review. *Animal Nutrition*, 4(3), 250-255. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.006

Hoteit, M., Zoghbi, E., Rady, A., Shankiti, I., & Al-Jawaldeh, A. (2021). Development of a Lebanese food exchange system based on frequently consumed Eastern Mediterranean traditional dishes and Arabic sweets. *F1000Research*, 10, 12. https://doi.org/10.12688/f1000research.27461.1

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2023). Saine alimentation. Institut national de santé publique du Québec. https://www.inspq.qc.ca/saine-alimentation-mode-vie-actif/saine-alimentation

International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 22000 : 2018 - Systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires – Exigences pour tout organisme appartenant à la chaîne alimentaire.* (2è édition). https://www.iso.org/standard/65464.html

Ji, Y., Lee, W. S., & Moon, J. (2023). Café Food Safety and Its Impacts on Intention to Reuse and Switch Cafés during the COVID-19 Pandemic: The Case of

Starbucks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2625. https://doi.org/10.3390/ijerph20032625

Kakese Mukosa, R. (2023). *Mise au point d'une méthode d'isolement pour la détection de Clostridium perfringens entérotoxinogène chez le poulet de chair*. (Thèse). Université de Montréal. https://hdl.handle.net/1866/32626

Khan, F., Jolly, Y.N., Islam, G.M, Akhter, S., & Kabir, J. (2014). Contamination status and health risk assessment of trace elements in foodstuffs collected from the Buriganga River embankments, Dhaka, Bangladesh. *International Journal of Food Contamination*,1(1). http://dx.doi.org/10.1186/s40550-014-0001-z

Kivela, R., Inbakaran, & Reece, R. (1999). Consumer Research in the Restaurant Environment, Part 1: A Conceptual Model of Dining Satisfaction and Return Patronage. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 11 (5), 205-222. http://dx.doi.org/10.1108/09596119910272739

Liu, Y., & Jang, S. (2009). Perceptions of Chinese Restaurants in the U.S. : What Affects Customer Satisfaction and Behavioral Intentions ? *International Journal of Hospitality Management*, 28, 338-348.

http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhm.2008.10.008

Lopasovský, L., Terentjeva, M., Kunová, S., Zelenáková, L., & Kacániová, M. (2016). Microbiological Quality of Ready-to-Eat Foods Produced in Slovakia. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 05 (Special issue 1), 31-35. http://dx.doi.org/10.15414/jmbfs.2016.5.special1.31-35

Loukiadis, E., Callon, H., Mazuy-Cruchaudet, C., Vallet, V., Bidaud, C., Ferré, F., Giuliani, L., Bouteiller, L., Pihier, N., & Danan, C. (2012). Surveillance *des E. coli* producteurs de shigatoxines (STEC) dans les denrées alimentaires en France (2005-2011). Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation, 55 : 3-9.

https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/Scl/Publication/2012%20Publi%20SCL69%20Surveillance%20des%20E%20coli%20-%20Bull%20%C3%A9pid%C3%A9mio%2055.pdf

Lupattelli, A., Primavilla, S., Roila, R., Felici, A., & Tinaro, M. (2022). Microbiological Safety and Quality of Meals and Work Surfaces in Collective Catering Systems in Central Italy: A Five-Year Monitoring Study. *Biology (Basel).* 12(1):64. http://dx.doi.org/10.3390/biology12010064

Makinde, O.M., Ayeni, K.I., Sulyok, M., Krska. R., Adeleke, R.A., & Ezekiel, C.N. (2020). Microbiological safety of ready-to-eat foods in low- and middle-income countries: A comprehensive 10-year (2009 to 2018) review. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*, 19(2):703 732. http://dx.doi.org/10.1111/1541-4337.12533

McClenaghan, E. (2023*). The Chi-Squared Test. Informatics from Technology Networks*. http://www.technologynetworks.com/informatics/articles/the-chi-squared-test-368882

McClenaghan, E. (2024). *The Fisher's Exact Test. Technology Networks*. http://www.technologynetworks.com/tn/articles/the-fishers-exact-test-385738

McNeil, R. H. (2019). *Investigating Regulatory Compliance: Key Issues in the Management of Food Safety Risk in the Fast Food Industry in Jamaica*. (Thesis). Edinburgh Napier University.

http://researchrepository.napier.ac.uk/Output/2386568

Mendonca, A., Thomas-Popo, E., & Gordon, A. (2020). Microbiological considerations in food safety and quality systems implementation. *Food Safety and Quality Systems in Developing Countries*, 185-260. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814272-1.00005-X

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2019). *Lignes directrices pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire*.

https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/recueil.pdf

Ministère de la santé. (non daté). *Résultats d'inspection des locaux destinés aux aliments.* Nouveau Brunswick.

https://www1.gnb.ca/0601/fseinspectresults.asp?action=setlang&lang=FR

Noor, R., Uddin, M., Haq, M.A., Munshi, S.K., Acharjee, M., & Rahman, M.M. (2012). Microbiological study of vendor and packed fruit juices locally available in Dhaka city, Bangladesh. *International Food Research Journal*, 20(2):1011-1015.

https://www.researchgate.net/publication/233761529_Microbiological_study_of_vendor_and_packed_fruit_juices_locally_available_in_Dhaka_city_Bangladesh

Noor, R., Hasan, M.F., & Rahman, M.M. (2014). Molecular characterization of the virulent microorganisms along with their drug-resistance traits associated with the export quality frozen shrimps in Bangladesh. *Springerplus*, 3, 469. http://dx.doi.org/10.1186/2193-1801-3-469

Noor, R. (2019). Insight to foodborne diseases: proposed models for infections and intoxications. *Biomedical and Biotechnology Research Journal (BBRJ)*, 3(3), 135 - 139. https://doi.org/10.4103/bbrj.bbrj_86_19

Noor, R. & Maniha S.M. (2019). Opportunistic food borne infections: A brief review. *Acta Scientific Microbiology*, 2:67-71. https://actascientific.com/ASMI/pdf/ASMI-02-0273.pdf

Polsky, J. Y., & Garriguet, D. (2021). Manger à l'extérieur du domicile au Canada : Répercussions sur l'apport alimentaire. *Rapports sur la santé / Statistique Canada, Centre canadien d'information sur la santé*, 32(8) :18-26. http://dx.doi.org/10.25318/82-003-x202100800003-fra

Powers, T., & Barrows, C. W. (2006*). Introduction to Management in the Hospitality Industry*. (8th edition.). John Wiley & Fils.

Rahman, M. A., Sulaiman, Y., Mat, N. K. N., & Hassan, Z. (2023). What Influences Customers to Revisit Full-Service Restaurants in Malaysia? *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 20, 1971-1983. https://doi.org/10.37394/23207.2023.20.172

Ratsimba. (2012). *Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du Kitoza de Boeuf*. (Thèse). Université d'Antananarivo.

Ropkins, K. et Beck, A. J. (2000). Evaluation of worldwide approaches to the use of HACCP to control food safety. *Trends in Food Science and Technology*, 11(1):10-21. http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00036-4

Ryan, K. J., & Ray, C. G. (2004.). *Sherris Medical Microbiology. An Introduction to Infectious Disease.* (4th edition). New York: McGraw-Hill.

Ryu, K., Lee, H., & Gon Kim, W. (2012). The influence of the quality of the physical environment, food, and service on restaurant image, customer perceived value, customer satisfaction, and behavioral intentions. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 24(2), 200-223. https://doi.org/10.1108/09596111211206141

Santé Canada (1993). Annexe D. Calcul des nombres les plus probables (NPP). Dans : Compendium de méthodes pour l'analyse microbiologique et la détection étrangères dans les aliments. Vol. 1. Santé et Bien-être social Canada. Ottawa. https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/programmes-recherche-methodes-analyse/methodes-analyse/compendium-methodes/methodes-dgps-analyse-microbiologique-aliments-compendium-methodes.html

Santé Canada (2008a). MFHPB-18. Dénombrement des colonies aérobies dans les aliments. Dans : Compendium de méthodes pour l'analyse microbiologique et la détection étrangères dans les aliments. Vol. 2. Santé et Bien-être social Canada. Ottawa.

https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/programmes-recherche-methodes-analyse/methodes-

analyse/compendium-methodes/methodes-dgps-analyse-microbiologique-aliments-compendium-methodes.html

Santé Canada (2008b). Sommaire explicatif. Normes et lignes directrices de la direction générale des produits de santé et des aliments (DGPSA) sur l'innocuité microbiologique des aliments. Dans : Compendium de méthodes pour l'analyse microbiologique et la détection étrangères dans les aliments. Vol. 1. Santé et Bien-être social Canada. Ottawa.

https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/programmes-recherche-methodes-analyse/methodes-analyse/compendium-methodes/methodes-dgps-analyse-microbiologique-aliments-compendium-methodes.html

Santé Canada. (2009). *Conseils sur la salubrité des aliments*. https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/salubrite-aliments/conseils-salubrite-aliments.html

Santé Canada. (2010*). Lignes directrices sur les risques microbiens liés aux aliments prêts à consommer*. Guide à l'intention de l'industrie du transport et des agents d'hygiène du milieu (AHM).

https://epe.lac-bac.gc.ca/100/201/301/weekly_checklist/2014/full_list/w14-10-F-E.html/collections/collection_2014/sc-hc/H164-167-2013-fra.pdf

Santé Canada (2020). MFHPB-18. Dénombrement des colonies aérobies dans les aliments. Dans : Compendium de méthodes pour l'analyse microbiologique et la détection étrangères dans les aliments. Vol. 2. Santé et Bien-être social Canada. Ottawa. https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/programmes-recherche-methodes-analyse/methodes-

analyse/compendium-methodes/methodes-dgps-analyse-microbiologique-aliments-compendium-methodes.html

Santé Canada (2021). Index du glossaire des milieux. Annexe G. Glossaire des bouillons, géloses et autres réactifs, table des matières. Dans : Compendium de méthodes pour l'analyse microbiologique et la détection étrangères dans les aliments. Vol. 1. Santé et Bien-être social Canada. Ottawa.

https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/programmes-recherche-methodes-analyse/methodes-analyse/compendium-methodes/methodes-dgps-analyse-microbiologique-aliments-compendium-methodes.html

Santé Canada. (2023). *Maladies d'origine alimentaire*. https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/salubrite-aliments/maladies-origine-alimentaire.html

Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. V., Widdowson, M. A., Roy, S. L., Jones, J.L., & Griffin, P. M. (2011). Foodborne Illness Acquired in the United States—Major Pathogens, *Emerging Infectious Diseases*, 17(1), 7-15. https://stacks.cdc.gov/view/cdc/10811

Shaltout, F. (2024). Ways of Food Contamination, Its Impact and Prevention. *Food Science & Nutrition Technology*, 9(1): 000326. https://doi.org/10.23880/fsnt-16000326

Shedleur-Bourguignon, F. (2024). *Identification de composants de l'écosystème microbien des surfaces de production de viande porcine associés à Listeria monocytogenes.* (Thèse). Université de Montréal. https://hdl.handle.net/1866/32971

Soares, K., Moura, A.T., García-Díez, J., Oliveira, I., Esteves, A., & Saraiva C. (2020). Evaluation of Hygienic Quality of Food Served in Universities Canteens of Northem Portugal. *Indian Journal of Microbiology*, 60 (1), 107–114. http://dx.doi.org/10.1007/s12088-019-00844-8

Statista. (2024*). Restaurant Delivery-Canada*. Statista Market Forecast. Statista. https://www.statista.com/outlook/emo/online-food-delivery/meal-delivery/restaurant-delivery/canada

Statistique Canada. (2012). *Dépenses alimentaires détaillées, Canada, régions et provinces*. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1110012501

Statistique Canada. (2017). *Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) Canada 2017 Version 3.0.*

https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3VD_f.pl?Function=getVD&TVD=1181553&CVD=1181554&CPV=7225&CST=01012017&CLV=3&MLV=3

Statistique Canada. (2021). *Des stats au menu ! L'industrie canadienne de la restauration.*

https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-627-m/11-627-m2021025-fra.htm

Statistique Canada. (2024). *En 2022, les ventes des restaurants à service complet et des établissements de restauration à service restreint dépassent les niveaux prépandémie*. https://www.statcan.gc.ca/o1/fr/plus/5832-en-2022-les-ventes-des-restaurants-service-complet-et-des-etablissements-de-restauration

Sutra, D., De Buyserd, l. (2005). *Staphylococcus aureus, in* Bactériologie alimentaire compenduim d'hydrogène des aliments. (2e édition). Economica Paris, 25-51.

Todd, E.C.D, (2014). Food borne diseases: Overview of biological hazards and foodborne diseases. *Encyclopedia of Food Safety*, 1:221-242. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00071-8

Todd, E.C.D., Michaels, B.S., Smith, D., Greig, J.D. & Bartleson C.A. (2010). Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 9. Washing and drying of hands to reduce microbial contamination. *Journal of Food Protection*, 73(10), 1937-1955. https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.10.1937

Toyofuku H. (2014). Foodborne diseases: Prevalence of foodborne diseases in western pacific region. *Encyclopedia of Food Safety*, 1:312-322. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00073-1

Van Berkum, S., Acheterbosch, T., & Linderhof, V. (2017). Dynamics of food systems in Sub-Saharan Africa – implications for consumption patterns and farmers' position in food supply chains. *Wageningen Economic Research Report*, 72, 42. http://dx.doi.org/10.18174/417176

Walker, J. R. (2016). *Introduction to Hospitality*. (7th edition.). Pearson.

Watson & Associates. (2024). *City of Moncton.* Urban Growth Strategy. https://www5.moncton.ca/docs/urban-growth-strategy.pdf

World Health Organization. (2008). *Guidelines for drinking-water quality. Incorporating 1st and 2nd addenda, Vol.1, recommendations*. (3rd edition). World Health Organization. https://iris.who.int/handle/10665/204411

World Health Organization. (2022). *Food Safety*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety

World Population Review. (2024). *Moncton Population 2024*. https://worldpopulationreview.com/world-cities/moncton-population

Worsfold, D., Griffith, C. & Worsfold, P. (2004). An assessment of food hygiene and safety at farmers' markets. *International Journal of Environmental Health Research*, 14(2), 109 – 119. https://doi.org/10.1080/0960312042000209507