

DÉDICACE

“Un échec n’est pas une défaite tant qu’on n’arrête pas de croire et d’essayer”

Ce travail est dédié à :

Mes parents : Dunois DABADY et Kettie LAGUERRE

Mes tantes et oncles : Renée, Jacqueline, Lucienne, Michèle, Raymond et Henry TERNIER

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont tout d'abord au Dieu tout puissant pour son amour sans pareil, ensuite à mes parents notamment ma mère Kettie LAGUERRE, ma tante Renée et tous mes proches qui n'ont jamais cessé de croire en moi, en mes potentialités et qui m'ont aidé de près ou de loin dans le chemin des études combien long et enfin à toute ma famille.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements les plus sincères à :

- ❖ Mme Cinthia J-B. BLAISE, ma conseillère scientifique pour ses précieux conseils qui m'ont permis de m'orienter.
- ❖ M. Jacques Blaise, le doyen de la FAMV pour ses nombreux travaux à la tête de la faculté.
- ❖ M. Harold CORANTIN, Directeur de l'option STA.
- ❖ Tous les professeurs de la FAMV pour leur contribution à ma formation, en particulier ceux de la STA.
- ❖ Tous les personnels des usines enquêtées qui ont accepté de me donner les informations désirées et les échantillons à analyser.

Des remerciements sont aussi adressés au staff de laboratoire de la CAMEP, spécialement Mme Cinthia J-B. BLAISE, M. Dominique MERES, M. Carl Sandy ALCEMA, M. Frantz Michel PIERRE-MOISE, Mme Gisette RAYMOND, Mme Mirlande MATADOR, Mlle Phara PIERRE et M. Luckner VOLTAIRE

A tous mes camarades de la promotion 2003-2008 en particulier ceux de la STA.

A ELIZAIRE Pouagnel, mon camarade de la faculté et de la STA qui m'a donné son entier soutien dès le tout début de ce travail, ce qui m'a permis d'aller beaucoup plus vite.

A Néhémie CHERY de l'Électricité d'Haïti pour ses nombreux services

A vous aussi que je n'ai pas cité et qui avez contribué d'une façon ou d'une autre à la réalisation de ce travail, je vous dis un grand merci.

RÉSUMÉ

Le présent mémoire porte sur la salubrité de la glace alimentaire en bloc dans la région métropolitaine de Port-au-Prince. Sa réalisation associe d'une part une enquête auprès des usines et d'autre part, une enquête auprès des vendeurs en kiosque (vendeurs de rue). Les échantillons prélevés lors des enquêtes ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées au laboratoire de la CAMEP.

Les analyses physico-chimiques ont englobé la recherche de la salinité, de la conductivité, du pH, de la turbidité, des matières dissoutes, de l'alcalinité totale, des duretés (totale, calcique, magnésique), du calcium, du magnésium, des chlorures, des sulfates, du fer, des nitrates et des nitrites. Pour les analyses bactériologiques, les germes totaux, bactéries hétérotrophes, coliformes totaux, coliformes fécaux, *Escherichia coli*, salmonelles, streptocoques fécaux, *Pseudomonas sp*, levures et moisissures ont été recherchés. La méthode de la membrane filtrante a été adoptée pour la recherche des germes totaux, des coliformes totaux, fécaux, *E. coli* et des salmonelles. Le test PathoScreen a été utilisé dans le but de confirmer la présence de micro-organismes produisant du sulfure d'hydrogène. Pour les BHAA, un test qualitatif (Présence/Absence) a été utilisé dans le but de les détecter.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont démontré que tous les paramètres restent dans les limites admises pour l'eau potable. En ce qui a trait aux résultats issus des analyses bactériologiques, ces derniers indiquent une contamination dans tous les échantillons prélevés mais à des niveaux différents. Tous les échantillons de glace décongelée font état d'amas de coliformes totaux et fécaux, ce qui signifie qu'il y a une contamination inquiétante pour la glace en bloc.

L'origine de la contamination bactérienne essentiellement exogène peut être attribuée notamment à la fréquence de nettoyage des moules à glace, à l'insalubrité des véhicules de transport et des kiosques de vente, de l'environnement dans lequel se trouve les usines et les kiosques, du non respect des bonnes pratiques d'hygiène dans les usines, notamment celles relatives au personnel.

Pour faire face à ce problème, diverses recommandations ont été faites parmi lesquelles :

Le nettoyage le plus fréquemment que possible des moules de fabrication de la glace car l'eau provenant de la décongélation de la glace est toujours plus contaminée que celle entrant dans sa fabrication; l'instauration dans la région métropolitaine de Port-au-Prince, par

les services d'hygiène d'une réglementation sur les conditions de production, de distribution, de stockage et de vente des glaces alimentaires. Ces services devraient assurer des inspections sanitaires sur les sites de fabrication et de vente.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	I
REMERCIEMENTS	II
RÉSUMÉ	III
TABLE DES MATIÈRES.....	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES SIGLES	X
LISTE DES SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS	XI
LISTE DES ANNEXES.....	XII
I.- INTRODUCTION.....	1
1.1- PROBLÉMATIQUE	1
1.2- OBJECTIFS	2
<i>1.2.1- Objectif général.....</i>	<i>2</i>
<i>1.2.2- Objectifs spécifiques</i>	<i>2</i>
1.3- HYPOTHÈSES	2
1.4- INTÉRÊT DE L'ÉTUDE	2
1.5- LIMITATION DE L'ÉTUDE	2
II- REVUE DE LITTÉRATURE	3
2.1- EAU POTABLE	3
2.2- GLACE ALIMENTAIRE EN BLOC	3
2.3- SALUBRITÉ.....	3
2.4- RISQUES LIÉS À L'EAU	3
<i>2.4.1- A court terme.....</i>	<i>3</i>
<i>2.4.2- A moyen terme</i>	<i>4</i>
<i>2.4.3- A long terme.....</i>	<i>4</i>
2.5- CARACTÉRISTIQUES DE L'EAU POTABLE	4
<i>2.5.1- Caractéristiques physico-chimiques</i>	<i>4</i>

2.5.2- <i>Caractéristiques microbiologiques</i>	8
2.6- NORMES DE POTABILITÉ	12
2.6.1- <i>Définition</i>	12
2.6.2- <i>Utilité des normes</i>	12
2.6.3- <i>Normes physico-chimiques de l'eau</i>	13
2.6.4- <i>Normes bactériologiques de l'eau potable</i>	13
2.7- PRINCIPALES MALADIES TRANSMISES PAR L'EAU	14
2.7.1- <i>Bactériennes</i>	14
2.7.2- <i>Virales</i>	15
2.7.3- <i>Parasitaires</i>	15
2.8- LES DIFFÉRENTS TYPES DE GLACE	17
2.9- LES DIFFÉRENTES UTILISATIONS DE LA GLACE	18
2.10- LES BONNES PRATIQUES D'HYGIÈNE DANS UNE USINE À GLACE	18
2.10.1- <i>Conception des installations, locaux et équipements des locaux</i>	19
2.10.2- <i>Emplacement (Environnement)</i>	19
2.10.3- <i>Agencement</i>	19
2.10.4- <i>Réalisation des installations, locaux et équipements des locaux</i>	20
2.10.5- <i>La finition des locaux et installations</i>	20
2.10.6- <i>Évacuation des effluents</i>	21
2.10.7- <i>Installations, locaux et équipements particuliers</i>	22
2.10.8- <i>Les locaux et équipements sanitaires</i>	22
2.10.9- <i>Entretien des installations, locaux et équipements des locaux</i>	23
2.10.10- <i>Maintenance</i>	23
2.10.11- <i>Principaux matériels et équipements</i>	23
2.10.12- <i>Entretien des matériels et équipements</i>	25
2.10.13- <i>Santé et propreté des personnes</i>	25
2.10.14- <i>Livraison</i>	26
III- METHODOLOGIE	26
3.1.- CADRE PHYSIQUE	26
3.1.1- <i>Situation géographique</i>	26
3.1.2- <i>Les ressources en eau</i>	27
3.1.3- <i>Réseau d'adduction</i>	27
3.1.4- <i>Aspects socio-économiques</i>	27
3.2- MÉTHODE	28
3.2.1- <i>Durée de l'étude</i>	28

3.2.2- <i>Visite de terrain</i>	28
3.2.3- <i>Observation et identification</i>	28
3.2.4- <i>Choix des zones de prélèvement et des usines</i>	28
3.3- ÉCHANTILLONNAGE	29
3.4- PRÉLÈVEMENT ET TECHNIQUE	29
3.5- CONDITIONNEMENT ET TRANSPORT	30
3.6- ANALYSE DES ÉCHANTILLONS AU LABORATOIRE	30
3.6.1- <i>Les analyses physico-chimiques</i>	30
3.6.2- <i>Les paramètres chimiques</i>	31
3.6.3- <i>Les paramètres microbiologiques</i>	33
IV- RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	37
4.1- RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE AUPRÈS DES USINES ET DES KIOSQUES DE VENTE DE GLACE EN BLOC	37
4.1.1- <i>Fonctionnement du réseau de production de glace</i>	37
4.1.2- <i>Présentation des usines enquêtées</i>	37
4.1.3- <i>Présentation des kiosques de vente</i>	39
4.2- RÉSULTATS ET DISCUSSIONS DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS	39
4.2.1- <i>Présentation des résultats physico-chimiques</i>	39
4.2.2- <i>Paramètres physico-chimiques</i>	42
4.3- RÉSULTATS MICROBIOLOGIQUES DES ÉCHANTILLONS D'EAU ANALYSÉS	47
4.3.1- <i>Présentation des résultats microbiologiques</i>	47
4.3.2- <i>Discussion des paramètres microbiologiques</i>	48
V- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	53
5.1- CONCLUSION	53
5.2- RECOMMANDATIONS	54
VI- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classement des eaux selon la dureté.....	7
Tableau 2 : Normes physico-chimiques de l'eau.....	13
Tableau 3: Normes bactériologiques de l'eau appliquée en Haïti.....	14
Tableau 4 : Principales maladies bactériennes en fonction de leur étiologie.....	15
Tableau 5 : Principales maladies virales en fonction de leur étiologie.....	15
Tableau 6 : Principales maladies parasitaires en fonction de leur étiologie.....	15
Tableau 7 : Dispositif expérimental de l'étude.....	29
Tableau 8: Résultats physico-chimiques des différents échantillons analysés.....	41
Tableau 9: Résultats microbiologiques des différents échantillons analysés.....	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma de fabrication de la glace	17
Figure 2 : Variation de la conductivité	42
Figure 3: Variation du pH.....	43
Figure 4 : Variation de la dureté totale	44
Figure 5 : Variation de la teneur en fer	46
Figure 6: Variation simultanée des nitrates et des nitrites	47
Figure 7: Variation des germes totaux	49
Figure 8 : Variation simultanée des coliformes totaux et fécaux.....	50
Figure 9 : Variation de la contamination par les <i>E. coli</i> et les salmonelles	51

LISTE DES SIGLES

AEP	: Approvisionnement en Eau Potable
BHAA	: Bactéries Hétérotrophes Aérobie ou Anaérobies Facultatifs
CEE	: Communauté Économique Européenne
CAMEP	: Centrale Autonome Métropolitaine d'Eau Potable
CMA	: Concentration Maximale Admissible
DGPSA	: Direction Générale des Produits de Santé et des Aliments
CECMA	: Comité d'Élaboration des Critères Microbiologiques dans les Aliments
CEE	: Comité Économique Européenne
DHP	: Division d'Hygiène Publique
EDTA	: Ethylène Diamine Tétra Acétylène
EP	: Eau Potable
EPA	: Eau Potable et Assainissement
FAMV	: Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire
FAO	: Food and Agriculture Organization
FNDAE	: Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau
IHSI	: Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique
MSPP	: Ministère de la Santé Publique et de la Population
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
OPS	: Organisation Panaméricaine de la Santé
STA	: Science et Technologie des Aliments
SSH	: Société Suisse d'Hydrologie
UE	: Union Européenne
UEH	: Université d'État d'Haïti
UFC	: Unité Formant des Colonies

LISTE DES SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

°C	: Degrés Celsius
cm ²	: Centimètre Carré
gr	: Gramme
km	: Kilomètre
l	: Litre
m ²	: Mètre Carré
mg	: Milligramme
ml	: Millilitre
mm	: Millimètre
nm	: Nanomètre
pH	: Potentiel d'Hydrogène
µS/cm	: Micro-Siemens par Centimètre
%	: Pourcent
EU1	: Eau Usine 1
EU2	: Eau Usine 2
EU3	: Eau Usine 3
GU1	: Glace Usine 1
GU2	: Glace Usine 2
GU3	: Glace Usine 3
K1U1	: Kiosque 1 Usine 1
K2U1	: Kiosque 2 Usine 1
K1U2	: Kiosque 1 Usine 2
K2U2	: Kiosque 2 Usine 2
K1U3	: Kiosque 1 Usine 3
K2U3	: Kiosque 2 Usine 3

LISTE DES ANNEXES

- Annexe A : Méthodes de dénombrement des germes (Méthode directe et Méthode avec membrane filtrante)
- Annexe B : Fiches d'enquête
- Annexe C : Vue partielle de la salle de production de glace en bloc de l'usine 1
- Annexe D : Systèmes de filtration et d'ozonisation de l'usine 2 pour le traitement de l'eau destinée à la fabrication de la glace en bloc
- Annexe E : Salle de production de glace en bloc de l'usine 3
- Annexe F : Kiosque de vente de glace en bloc placé au bord de la rue entre un dépanneur de pneus et un bac à friture.
- Annexe G : Ouvrier faisant sortir un bloc de glace de la salle de fabrication avant que de l'eau soit versée sur le moule pour y faire sortir la glace qu'elle contient.
- Annexe H : Ouvriers faisant sortir un bloc de glace du plancher de la salle de fabrication à l'aide d'une poulie
- Annexe I : Une fois sortie du moule, la glace en bloc est trainée sur le sol insalubre avant d'arriver à son point de vente
- Annexe J : Test PathoScreen pour quatre échantillons d'eau

I.- INTRODUCTION

1.1- Problématique

L'eau est un intrant majeur dans la plupart des entreprises alimentaires qui l'utilisent à des fins diverses que ce soit directement dans le processus de fabrication d'un produit alimentaire ou pour d'autres usages tels que le nettoyage des bâtiments ou même la lutte contre l'incendie. La glace alimentaire en bloc fait partie des nombreux produits issus de l'eau ou du moins de sa transformation. Si l'approvisionnement en glace alimentaire salubre est satisfaisant dans les pays développés où ne se posent même pas des problèmes de stockage et de transport et l'acheminement des énormes volumes nécessaires aux villes, il n'en est pas de même dans les pays en voie de développement ou sous-développés tel est le cas pour Haïti.

À Port-au-Prince où la situation ne cesse de se dégrader, pas mal de maladies liées à la consommation d'eau ne cessent de causer des problèmes surtout dans les quartiers pauvres de la capitale comme les bidonvilles et autres. Les plus courants sont la typhoïde, diarrhée, cholera etc. (MSPP, 2005). Jusqu'à date, aucune recherche n'a été faite au sujet de la qualité de la glace alimentaire fournie par les différentes usines.

Malgré tous ces problèmes sus mentionnés, les Port-au-Princiens ne cessent d'utiliser cette eau ainsi que la glace alimentaire en bloc qui en est dérivée. Est-ce parce qu'ils n'ont pas le choix ou encore parce que ces gens ne sont pas conscients du danger qui les menace? D'après le résultat de l'enquête, la glace alimentaire en bloc que l'on retrouve à Port-au-Prince est fabriquée, "après traitement", soit à partir de l'eau de robinet, soit de l'eau extraite d'un puits, ou fournie par des camions citernes. Or on sait très bien que la structure des réseaux d'adduction et leur mode de gestion ont beaucoup de faille, sans oublier l'état des camions citernes et le mode d'entretien des puits. Si l'on considère les normes de potabilités admises, on peut dire que cette eau là n'est pas conforme.

Dans le but de mettre en exergue les risques pour la population, l'étude de la salubrité de la glace alimentaire en bloc à Port-au-Prince où elle est exposée à beaucoup de sources de pollution que ce soit à partir de l'eau entrant dans sa fabrication, ou son entretien dans l'usine après fabrication ou encore dans les points de vente devient très importante afin d'éviter que les problèmes atteignent une limite dépassant la capacité d'intervention des instances concernées.

1.2- Objectifs

1.2.1- Objectif général

L'objectif global de cette étude est d'étudier la salubrité de la glace alimentaire en bloc depuis sa production dans les usines jusqu'à son point de vente en vue de faire ressortir les risques sur la santé des consommateurs.

1.2.2- Objectifs spécifiques

- Évaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau avant la fabrication de la glace.
- Évaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de la glace à l'usine et celle des kiosques de vente.
- Parallèle entre les données mises à l'étude avec les normes admises.
- Faire des recommandations pour l'amélioration de la qualité de la glace consommée

1.3- Hypothèse

La qualité hygiénique des glaces en bloc vendues par les usines n'est pas fiable.

1.4- Intérêt de l'étude

Presque partout où l'on passe à Port-au-Prince, on peut remarquer des points de vente de glace en bloc, la commercialisation de ce produit est quasiment primordial pour la population si l'on considère la pénurie d'électricité qu'il y a dans la ville que ce soit pour conserver des produits thermosensibles, pour rafraîchir des boissons ou encore pour la fabrication d'aliments. Mais, peut-on se fier à cette glace qui se rencontre dans presque tous les coins de rue? Vu la façon dont la distribution des glaces en bloc se fait par les camions qui les jette à même le sol, l'état de salubrité des usines de fabrication, les vendeurs qui traînent la glace sur de longues distances pour les emmener au kiosque de vente. Il devient donc primordial de faire une évaluation de la qualité de la glace.

1.5- Limitation de l'étude

Ce sujet d'étude est assez vaste et les possibilités financières sont relativement faibles, le travail était particulièrement limité et concentré sur la recherche des éléments qui pourraient être les plus néfastes pour le consommateur et à la portée de nos équipements en particulier les paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

II- REVUE DE LITTÉRATURE

2.1- Eau potable

Une eau potable est définie comme étant une eau claire, limpide, sans couleur, sans odeur, agréable au goût et hygiéniquement saine. De plus, elle doit être distribuée là où le consommateur en a le plus grand besoin, elle doit être ni polluée ni interrompue de l'usine de traitement à la distribution (Lambert, 1998)

2.2- Glace alimentaire en Bloc

La glace alimentaire appelée "glace en bloc" est un produit de congélation de l'eau potable servant à rafraîchir l'eau de consommation, des boissons et à assurer la conservation des aliments. (Agbessi, 2001).

2.3- Salubrité

La salubrité se définit comme le caractère de ce qui est favorable à la santé des hommes et qui concourt à préserver l'hygiène corporelle et publique. En d'autres termes, elle est la propreté. C'est tout ce qui est exempt de saleté, de toute souillure. La salubrité s'applique à plusieurs domaines du cadre de vie et de l'environnement. Ce sont : l'air, le sol, la rue, le cadre bâti, l'urbanisme, l'assainissement, la propreté corporelle et enfin ce qui nous intéresse particulièrement, l'eau (OMS, 1994).

2.4- Risques liés à l'eau

A la notion de teneur doit être liée la notion de temps d'exposition; en effet, le temps de réponse de l'organisme humain n'est pas uniforme vis-à-vis des agresseurs potentiels et les risques sanitaires sont souvent divisés en risques à court terme et en risques à moyen ou long terme (OMS, 1994).

2.4.1- A court terme

Il s'agit principalement des maladies à transmission hydrique provoquées par des germes pathogènes (bactéries, virus, salmonelles...). Une seule absorption d'eau polluée peut entraîner la contamination (OMS, 1994).

2.4.2- A moyen terme

Certains composés perturbent de façon sensible les fonctions vitales : nitrates (méthémoglobinémie), fluor (fluorose), sulfate de magnésium (eau laxative) et autres. (OMS, 1994).

2.4.3- A long terme

Des phénomènes d'accumulation de composés toxiques peuvent être à l'origine de cancer (métaux lourds, résidus de biocides ou d'hydrocarbures,...) même si la teneur dans l'eau de l'élément incriminé est faible (micropollution).

Ces composés peuvent être à l'origine d'empoisonnement rapide si la teneur est très importante et conduire ainsi à un risque sanitaire à court terme; cela peut être le cas lors d'une pollution accidentelle (déversement en rivière suite à une forte pluie) (OMS, 1994).

2.5- Caractéristiques de l'eau potable

Cela comprend les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques.

2.5.1- Caractéristiques physico-chimiques

Elles se réfèrent à la turbidité, la couleur, la saveur, l'odeur, la température, la conductivité, le pH, les résidus secs, l'alcalinité, la dureté totale, le calcium, le magnésium, les chlorures, les sulfates, le fer et les ions nitrates et nitrites.

2.5.1.1- Caractéristiques physiques

– Turbidité

La turbidité est le paramètre qui mesure le trouble de l'eau. Selon les normes, elle doit être inférieure à 1 NTU pour une bonne désinfection. Elle est due aux particules colloïdales ou en suspension dans l'eau. Ces particules sont d'origines variées, érosion des sols par les eaux de surface, infiltration à travers des sols fissurés (terrain karstique) pour les eaux souterraines, dissolution de substances minérales (fer), présence de matières organiques. En dehors de la modification des propriétés organoleptiques de l'eau qu'elle entraîne, la turbidité n'est pas dangereuse en soi, mais son apparition a une importance sur les autres paramètres définissant la qualité de l'eau (Jeune, 2001).

– **Couleur**

Elle est due à l'absorption de certaines longueurs d'onde de la lumière par des substances colorées où la dispersion par des suspensions, le résultat de ces deux phénomènes donne une couleur apparente. Les méthodes de traitement de l'eau éliminent la plus grande partie des matières en suspension et la couleur de l'eau traitée est pour l'essentiel une couleur vraie, qui est généralement moins intense que la couleur apparente. La matière organique généralement responsable de la couleur de l'eau potable lui communique une odeur et un goût de terre. Les eaux polluées fortement colorées ont souvent un goût désagréable mais la cause précise de la relation entre ces deux caractéristiques est inconnue (Jeune, 2001). Une eau potable doit être incolore.

– **Saveur et odeur**

La saveur et l'odeur de l'eau potable peuvent être dues à des micro-organismes ou avoir une origine humaine, en cas de contamination des réseaux de distribution par des produits chimiques. Elles peuvent aussi être causées par certains procédés de traitement de l'eau ou le passage en solution des substances présentes dans les conduits ou dans le revêtement des parois des installations de stockage (Pierre Louis, 2007). Selon les normes, elle doit être inodore et sans saveur.

– **Température**

Elle influe sur le goût et accentue l'odeur de l'eau lorsqu'elle s'élève. L'élévation de la température a également tendance à accroître la corrosion dans les réseaux de distribution. Elle ne doit pas dépasser 25°C selon les normes. Avec une basse température, la viscosité de l'eau augmente tandis que la vitesse de sédimentation et de filtration diminue. D'une manière générale, la température influe sur tous les aspects du traitement et de la production de l'eau potable. De plus, la température est l'un des facteurs qui conditionne la solubilité dans l'eau de la plupart des sels (FNDAE, 1992).

– **Conductivité**

Elle est l'expression par laquelle l'eau fait circuler le courant électrique. Elle permet d'évaluer approximativement des substances minérales dissoutes d'une eau, une conductivité élevée signifiera que l'eau est riche en sels minéraux. Puisqu'elle dépend de la température,

cette mesure est donnée par une température définie qui est de 20°C (Bénéche, 2006). La conductivité de l'eau potable doit être comprise entre 150 et 800 µSiemens.

– **pH**

La mesure du pH reflète le degré d'acidité ou d'alcalinité de l'eau. L'échelle du pH s'étend de 0 à 14. L'eau est dite neutre à pH 7 ou acide si celle-ci est inférieure à cette valeur. Les eaux naturelles non influencées par les activités de l'homme sont rarement à l'état neutre mais ont des pH compris entre 6,5 et 9 (FNDAE, 1992).

– **Résidu sec**

Cette valeur permet d'apprécier quantitativement la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. Elle est l'expression de la minéralisation et influence aussi la saveur. Pour des valeurs inférieures à 600 mg/l, l'acceptabilité est bonne pour les consommateurs. Au dessus de cette valeur, l'eau devient désagréable (FNDAE, 1992).

2.5.1.2- Caractéristiques chimiques

– **Alcalinité**

Elle correspond à la teneur en ions alcalins libres, les carbonates et les bicarbonates. On distingue l'alcalinité totale et l'alcalinité phénolphthaléine, leur teneur varie généralement avec la nature géologique du terrain (OMS, 1994). Elle doit varier de 100 à 600 mg/l de CaCO₃.

– **Dureté totale**

La dureté totale est principalement l'expression du contenu en ion calcium (dans la moindre mesure de la teneur en magnésium) d'une eau. Elle est liée à la nature géologique des terrains qu'elle a traversés; les eaux des nappes sont généralement plus dures que les eaux de surface. Une eau dure est susceptible de déposer du tartre dans la tuyauterie et la quantité de ces dépôts est directement proportionnelle à la température à laquelle l'eau est portée. La teneur normale doit varier de 100 à 500 mg/l (OMS, 1994). Dans le tableau 1 est présenté le classement des eaux selon la dureté.

Tableau 1 : Classement des eaux selon la dureté

Eau	Dureté (mg/l de CaCO₃)
<i>Très douce</i>	0 – 60
<i>Douce</i>	60 – 150
<i>Moyennement dure</i>	150 – 300
<i>Dure</i>	300 et plus

CAMEP, 1998

– **Le calcium**

Le calcium est un élément qui peut être retrouvé naturellement à des fortes concentrations dans des eaux suivant leur origine géologique. Il est l'un des composants principaux de la dureté avec le magnésium. L'eau de la nappe profonde est plus riche en calcium que les eaux superficielles. Le calcium fait partie des ions dits majeurs. Pour être acceptable, la concentration du calcium ne doit aller au-delà de 100 mg/l (Ca) (FNDAE, 1992).

– **Le magnésium**

C'est l'élément le plus répandu dans l'environnement après le calcium, il fait partie des ions dits majeurs et est l'un des composants de la dureté totale de l'eau. Sa concentration doit être comprise entre 0 et 100 mg/l (Mg) (FNDAE, 1992).

– **Les chlorures**

Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer. Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3mg/l. Le taux de chlorure d'une eau dépend de l'origine de cette eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. Les chlorures participent à la conductibilité électrique des cours d'eau. Le niveau de chlorure des eaux destinées à la consommation humaine doit avoir une concentration maximale admissible de 200mg/l (UE/OMS, 2009)

– **Les sulfates**

Les sulfates présents naturellement dans les eaux peuvent se lier avec de nombreux cations (Ca²⁺, Mg²⁺, etc.). L'origine de ces sulfates peut également être humaine: Pollution d'industrie papetières/textiles, etc. Leur concentration maximale est de 200 mg/l pour une eau potable.

– **Le fer**

Le fer se trouve essentiellement dans les eaux privées d'oxygène. Parfois, il peut provenir de rejets industriels ou de la corrosion de canalisations métalliques. A une teneur supérieure à 0,1 mg/l, le fer donne un goût désagréable à l'eau, peut lui donner aussi une coloration noirâtre.

– **Les ions nitrates/ nitrites**

Solubles dans les eaux, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans celles-ci. Des augmentations anormales sont la conséquence de l'emploi d'engrais azotés. Les nitrates ne sont pas en eux-mêmes dangereux pour la santé, mais c'est leur transformation en nitrites dans l'organisme qui présente un risque potentiel toxique. En effet les nitrites oxydent l'hémoglobine en méthémoglobine inapte au transport de l'oxygène des poumons aux tissus. Cette affection se manifeste par une cyanose et peut toucher essentiellement les nourrissons en raison de la part prépondérante de l'eau dans leur alimentation et de la faible acidité de leur estomac (OMS, 1994). La concentration maximale admissible dans l'eau de boisson est de 50mg/l pour les nitrates, au-delà de cette valeur elle est déconseillée aux nourrissons et aux femmes enceintes. Au-delà de 100 mg/l, elle est déconseillée à toutes les catégories de population tandis que pour les nitrites, elle doit être inférieure ou égale à 0,1mg/l.

2.5.2- Caractéristiques microbiologiques

Les germes pathogènes transmis par l'eau sont responsables de maladies très graves, appelées maladies d'origine hydrique ou hydro-fécales. De ce fait, il est préférable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans les matières fécales des hommes et des animaux à sang chaud, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur et qui sont clairement identifiés. Ces germes sont dénommés germes indicateurs de pollution fécale et leur présence témoigne l'existence d'une contamination fécale. Leur mise en évidence dans l'eau n'est pas la preuve de la présence de pathogène, mais elle permet de la suspecter fortement. Les germes recherchés dans cette étude sont les suivants :

2.5.2.1- Germes totaux

Ils sont aussi appelés germes aérobies revivifiables, ils n'ont pas d'effets directs sur la santé, mais sous certaines conditions ils peuvent générer des problèmes dans les systèmes de dialyse. Une faible valeur des germes totaux est le témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution (pas de stagnation de l'eau, entretien efficace...). Leur très

grande sensibilité en fait un signal d'alarme, avant apparition des bactéries sulfito-réductrices et des coliformes. Leur présence en grand nombre est le signe d'une dégradation de la qualité de l'eau, soit à la ressource, soit dans le réseau. Les bactéries d'origine résiduaire sont dénombrées à 22°C sur une période de 72 heures d'incubation, et les bactéries d'origine intestinale (humaine ou animale) à 37°C sur une période d'incubation de 24 heures (UE/OMS, 2007). Leur concentration maximale doit être de 20 germes par ml à 22°C.

2.5.2.2- Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives

Ce groupe comprend des bactéries capables de croître en absence ou en présence de l'oxygène (anaérobies facultatives ou strictes), sur des milieux contenant une source de carbone. La détermination des BHAA, permet une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois préciser les sources de contamination. La très grande majorité des BHAA que l'on retrouve dans l'eau potable sont non pathogènes. Cependant, certaines espèces peuvent être des pathogènes opportunistes, c'est-à-dire qu'elles peuvent causer des infections chez des individus dont le système immunitaire est affaibli. Typiquement, les BHAA sont constituées de genres comme *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Legionella*, *Mycobacterium*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* (Geldreich, 1997).

Contrairement à d'autres indicateurs, comme les salmonelles par exemple, les bactéries hétérotrophes demeurent présentes en faible concentration même après le traitement dans l'eau potable, une valeur de 10 ufc/ml est jugée acceptable (Reasoner, 1999).

2.5.2.3- Coliformes totaux

Les bactéries coliformes sont présentes dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (sols, végétation, eaux naturelles). Ce ne sont donc pas des bactéries d'origine strictement fécale. Ces entérobactéries, très répandues, sont des micro-organismes de l'intestin jouant un rôle dans les phénomènes digestifs. Elles sont également trouvées au niveau de la cavité buccale, des organes génitaux et des voies aériennes supérieures. La présence d'un petit nombre de coliformes totaux dans les eaux souterraines non traitées n'a qu'une signification réduite sur le plan sanitaire. En général, l'absence des coliformes ne signifie pas que l'eau ne présente pas de risque pathogène car les kystes de

certains parasites sont plus résistants à la désinfection que les coliformes. Lorsque des coliformes totaux sont détectés dans les eaux de distribution, une recherche d'*Escherichia coli* et d'Entérocoques est engagée. Certaines espèces de coliformes sont pathogènes, mais excepté *Escherichia coli*, les espèces pathogènes véhiculées par l'eau sont sans réel impact sanitaire (OMS, 2000). Une eau de bonne qualité ne doit renfermer aucun coliforme à 95% des cas dans 100 ml d'échantillon.

2.5.2.4- Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou bactéries thermo-tolérantes, sont un sous groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce le plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia Coli* et, dans une moindre mesure, certaines espèces du genre *Citrobacter*, *Enterobacter*. Les coliformes fécaux proviennent d'une pollution fécale animale ou humaine et démontrent la présence potentielle d'organismes pathogènes capables de causer des maladies entériques. Les normes ainsi que les recommandations sur la qualité de l'eau précisent qu'aucun coliforme fécal ne doit être présent dans un échantillon d'eau potable (OMS, 2000).

2.5.2.5- Escherichia coli

E. coli est une bactérie à Gram négatif asporulé qui fait partie de la flore intestinale normale des humains et des animaux. *E. coli* n'est pas pathogène, cette bactérie est en fait utilisée comme micro-organisme indicateur. Sa présence dans l'environnement indique une pollution fécale et, en conséquence, un risque que des micro-organismes pathogènes (virus entériques, protozoaires ou bactéries) provenant de l'intestin des humains ou des animaux à sang chaud soient aussi présents. Elle est aérobie ou anaérobie facultative. Cette bactérie joue un rôle utile dans l'intestin en participant, entre autres, à la synthèse des vitamines. Cependant certaines souches particulières d'*E. coli* présentent un pouvoir pathogène important. Ainsi, la maladie du hamburger est causée par une souche pathogène d'*E. coli*, le sérotype O157 : H7 (Edberg et al. 2000). Selon les normes, on ne doit pas retrouver aucun *E. coli* dans un échantillon de 100 ml.

2.5.2.6- Les salmonelles

Ce sont des bactéries entériques en forme de bâtonnets, anaérobies facultatives, à Gram négatif, mobiles pour la plupart avec des flagelles qui produisent du sulfure d'hydrogène. Les salmonelles peuvent se trouver dans le sol et les eaux, et dans plusieurs résidus. La transmission des infections à salmonelles (salmonellose) se fait principalement par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés (Geldreich, 1997).

Le règlement sur la qualité de l'eau potable qui s'applique aux salmonelles indique que l'eau destinée à la consommation humaine doit être exempte de Salmonelles (Geldreich, 1997).

2.5.2.7- Les streptocoques fécaux

La classification des streptocoques fécaux a été modifiée dans les années 80 par la création d'un nouveau genre, Entérocoque. Dans ce contexte, plusieurs espèces appartenant antérieurement au genre streptococcus ont été transférées vers le genre entérocoque, ce dernier correspondant *grosso modo* aux streptocoques du groupe sérologique de la classification de Lancefield. Le genre Entérocoque comprend une vingtaine d'espèces qui se retrouve dans différents habitats et chez différents hôtes. On les retrouve souvent dans le tractus gastro-intestinal des humains et de plusieurs animaux; *Enterococcus faecalis* et *E. faecium* sont les deux espèces les plus souvent identifiées chez l'humain. Quand aux streptocoques du groupe D susceptibles de contaminer les eaux d'approvisionnement, ils sont plutôt typiques des déjections animales, comme *Streptococcus bovis*, *S. equimnus* et *S. gallolyticus* (Bitton, 1999).

La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs (Clausen et al., 1977), notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants (Haslay et Leclerc, 1993), ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (OMS, 2000). Par ailleurs, puisqu'il n'y a pas généralement de croissance des entérocoques dans un réseau de distribution, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente (Clausen et al., 1977). Une eau potable ne doit contenir aucun entérocoque dans 100 ml.

2.5.2.8- Les pseudomonas

Le genre Pseudomonas contient un très grand nombre d'espèces constituées de bacilles à Gram négatif, mobiles ou immobiles et à métabolisme oxydatif. Chez l'homme, l'espèce

Pseudomonas aeruginosa intervient fréquemment comme pathogène opportuniste. Elle est l'espèce bactérienne dont l'habitat est le plus vaste. Elle vit à l'état saprophyte dans l'eau et les sols humides ou à la surface des végétaux. Elle vit également à l'état commensal dans l'intestin de l'homme et des animaux. Chez des individus immunodépressifs elle peut être la cause de diverses infections cutanées et viscérales voire même de septicémie.

Le germe pousse à 42°C, la température optimale de croissance est comprise entre 30 et 37°C. Les cultures dégagent une odeur très caractéristique de seringa et elles présentent une coloration verdâtre (Haslay et Leclerc, 1993). Selon les normes, l'eau potable ne doit pas en contenir.

2.5.2.9- Levures et moisissures

Elles sont des micro-organismes fongiques, les plus petits représentants d'une même famille dont font aussi partie les autres champignons. Elles se développent et se reproduisent rapidement et peuvent s'avérer dangereux. Ainsi, les spécialistes de la santé affirment qu'ils peuvent être à l'origine de réactions allergiques et de maladies (Bitton, 1999). Une eau de consommation ne doit pas contenir de levures ou de moisissures.

2.6- Normes de potabilité

2.6.1- Définition

Les normes de potabilité ont pour but d'éviter tout risque sanitaire afin qu'elle soit entièrement bénéfique pour la santé de toute la famille, y compris pour une femme enceinte, pour la préparation du biberon d'un nourrisson, pour celles qui sont malades, souffrent de problèmes rénaux, de décalcification, ainsi que pour les personnes âgées (FNDAE, 1992).

2.6.2- Utilité des normes

L'établissement des normes de potabilité par les autorités sanitaires consiste à :

- Identifier les éléments susceptibles de porter atteinte à la santé ou de causer des troubles pour le consommateur.
- Fixer une concentration maximale admissible (CMA), qu'il ne faudra pas dépasser dans l'eau; certaines directives (CEE) indiquent également des Niveaux-Guides, qui correspondent à un second niveau de qualité, qu'il serait souhaitable d'atteindre (FNDAE, 1992)

2.6.3.- Normes physico-chimiques de l'eau

Une eau potable doit répondre aux normes physico-chimiques résumées dans le tableau suivant.

Elles sont les mêmes, tant en milieu urbain qu'en zone rurale et dans les petits systèmes individuels (FNDAE, 1992). Le tableau 2 présente les normes physico-chimiques de l'eau.

Tableau 2 : Normes physico-chimiques de l'eau

Désignations	Valeurs normales
<i>Turbidité</i>	< 1 U.T.N
<i>Couleur</i>	Aucune
<i>Matières solides totales</i>	100- 600 mg/l
<i>Odeur</i>	Aucune
<i>pH</i>	6,5- 8.5
<i>Dureté totale</i>	100- 300 mg/l CaCO ₃
<i>Calcium</i>	< 100 mg/l Ca
<i>Chlorure</i>	0-200 mg/l Cl
<i>Magnésium</i>	0- 100 mg/l Mg
<i>Fer</i>	0- 0,3 mg/l Fe
<i>Sulfates</i>	0- 200 mg/l SO ₄
<i>Nitrate</i>	< 10 mg/l NO ₃
<i>Nitrite</i>	< 0,1 mg/l NO ₂

Source : (UE/OMS, 2007)

2.6.4- Normes bactériologiques de l'eau potable

Les normes bactériologiques appliquées aux systèmes d'alimentation en eau potable sont édictées comme suit :

– **Eau potable en milieu urbain**

- Eau entrant dans le système de distribution

Si l'eau est chlorée, il ne doit contenir aucun organisme coliforme dans aucun échantillon de 100ml.

S'il y a plus de 3 coliformes par 100 ml, l'eau est considérée comme dangereuse et doit être chlorée.

- Eau entrant dans le système de distribution

Elle ne doit contenir aucun coliforme par 100 ml dans 95% des échantillons durant une année entière.

On ne doit pas détecter de coliformes dans 2 échantillons successifs de 100 ml

– **Eau potable en zones rurales et petits systèmes individuels**

Étant donné que les systèmes d'eau potable en milieu rural sont destinés aux populations souvent démunies dont les habitants sont plus ou moins dispersés dans les aires à faible risque de pollution, les normes sont plus larges qu'en milieu urbain.

Les qualités exigées sont les suivantes :

Il ne doit pas y avoir plus de coliformes par 100 ml. Dans le tableau 3 est présenté les normes bactériologiques de l'eau appliquée en Haïti.

Tableau 3: Normes bactériologiques de l'eau appliquée en Haïti

Paramètres microbiologiques	Valeur maximale admissible
Salmonelles / 100ml	0
Coliformes totaux / 100ml	0 dans 95% des cas
Coliformes fécaux / 100ml	0
Streptocoques fécaux / 100ml	0
Bactériophages fécaux / 100ml	0
Staphylocoques/100ml	0
Entérocoque	0

(CAMEP, 1998)

2.7- Principales maladies transmises par l'eau

Les maladies transmises par l'eau sont les causes les plus fréquentes de mortalité et de morbidité dans les pays sous-développés et particulièrement en Haïti où plane encore la menace de choléra qui sévissait aux environs des années 90 en Amérique Latine, faisant plusieurs milliers de victimes. Le choléra compte parmi les maladies hydro-fécales contagieuses et épidémiques caractérisées par une infection microbienne qui affaiblit le malade et des poussées diarrhéiques qui provoquent sa déshydratation.

2.7.1- Bactériennes

Le tableau 4 rapporte les principales maladies bactériennes transmises par l'eau de boisson.

Tableau 4 : Principales maladies bactériennes en fonction de leur étiologie

Maladies	Bactéries pathogènes
Choléra	<i>Vibrio cholera</i>
Dysenteries	<i>Shigella dysenteriae</i>
Fièvre typhoïde	<i>Salmonella typhi</i>
Fièvre paratyphoïde	<i>Salmonella paratyphi</i>
Diarrhée infantile	<i>Eschericia coli</i>

(OMS, 1994)

2.7.2- Virales

Les principales maladies virales transmises par l'eau sont présentées dans le tableau 5 :

Tableau 5 : Principales maladies virales en fonction de leur étiologie

Maladies	Virus
Poliomyélite	Poliovirus
Hépatite infectieuse	Virus hépatite non classé type A
Méningite, diarrhée, fièvre	Echovirus
Vomissement, diarrhée infantile	Rotavirus

(Moustardier, 1966)

2.7.3- Parasitaires

Les principales maladies parasitaires transmises par l'eau de boisson sont présentées dans le tableau 6 qui est une synthèse des données de Blaise (2007) et (OMS (1994):

Tableau 6 : Principales maladies parasitaires en fonction de leur étiologie

Maladies	Parasites
Amibiase	<i>Entamoeba histoytica (Protozoaire)</i>

Balantidiose	<i>Balantidium coli</i>
Cryptosporidiose	<i>Cryptosporidium parvum</i>
Dracunculose	<i>Dracunculus medinensis (Helminthe)</i>
Fasciolose	<i>Fasciola hepatica</i>
Toxoplasmose	<i>Toxoplasma gondi</i>

Synthèse de données de (OMS, 1994) et (Blaise, 2007)

LES ÉTAPES DE FABRICATION DE LA GLACE

Le diagramme ci-dessous est très général et permet de rappeler les principales opérations à maîtriser par les professionnels dans la fabrication de la glace en bloc



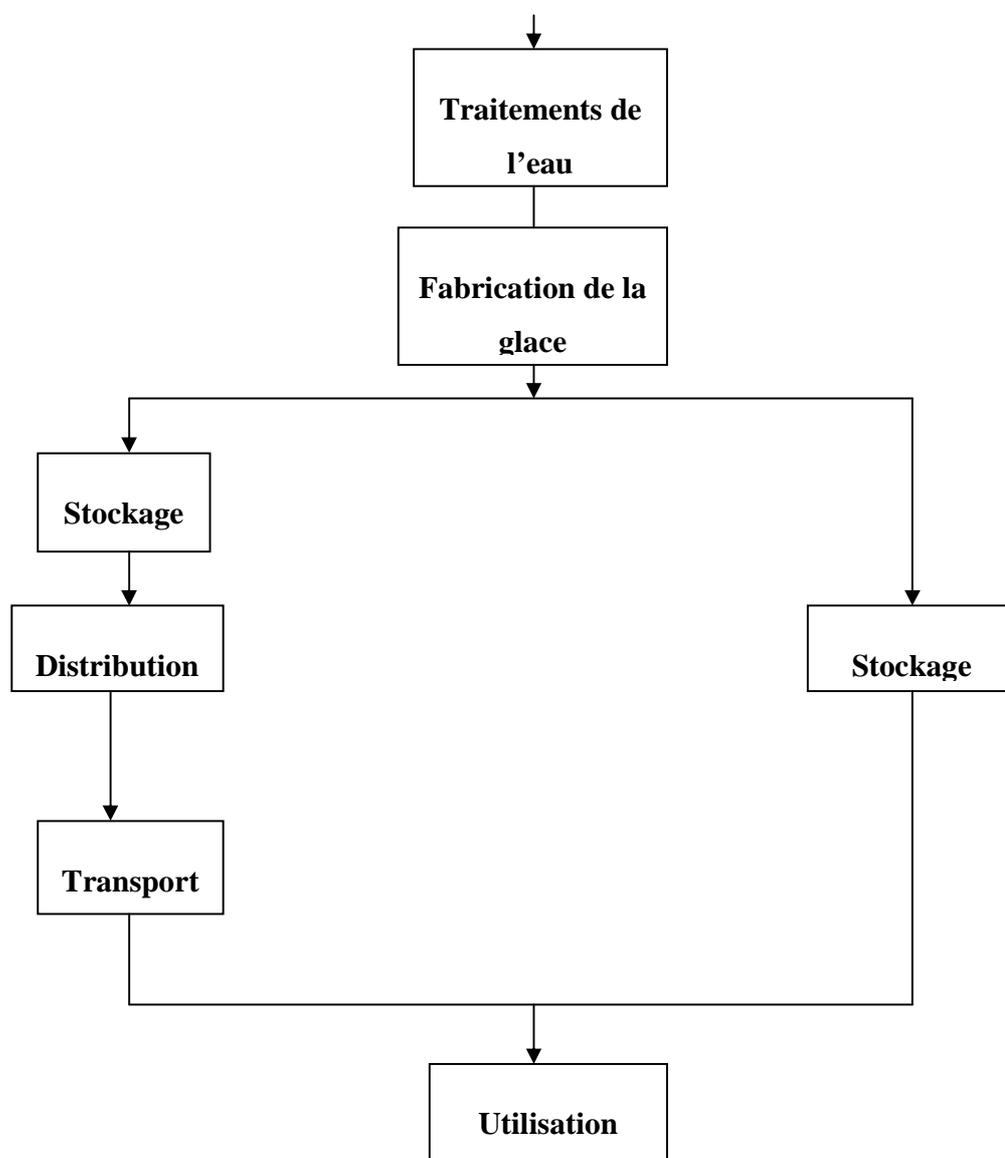


Figure 1: Schéma de fabrication de la glace

Source : Ministère de la pêche maritime du Maroc, 2003.

2.8- Les différents types de glace

Il existe plusieurs types de glace qui se distinguent par leur mode de fabrication et leurs propriétés technologiques :

Étude de la salubrité de la glace alimentaire en bloc dans la région métropolitaine de Port-au-Prince, Haiti

- Glace en tubes
- Glace en plaques
- Glace en écaille
- Glace en neige
- Glace en particules
- Glace en barre

NB : Notre étude concerne directement la glace en barre encore appelée glace en bloc

2.9- Les différentes utilisations de la glace

La glace est un produit qui est normalement utilisée à deux fins :

- Rafraîchir : Elle est ajoutée aux boissons, question de faire baisser leur température
- Conserver : Mise au contact avec certains aliments, elle peut aider à prolonger leur durée de vie.

Il est à noter qu'en Haïti, la glace utilisée comme rafraîchissant est la même que celle utilisée comme conservateur.

2.10- Les bonnes pratiques d'hygiène dans une usine à glace

Lors de la conception des installations, il faut prendre en compte :

- Les activités qui seront réalisées dans l'établissement (installations spécialisées de fourniture de glace, installations intégrées dans des établissements à terre ou installations embarquées...),
- les quantités de glace qu'il est prévu de fabriquer,
- les différents flux (produits, personnes, ...) générés par ces activités,
- les effets éventuels sur l'environnement de l'activité qui va être développée,
- les effets éventuels de l'environnement sur la qualité de la glace fabriquée.

Divers principes fondamentaux permettent de maîtriser les risques hygiéniques et notamment d'éviter les contaminations :

- le principe de la "marche en avant" : même si ce principe ne s'applique que partiellement au cas de la glace, éviter le croisement avec des produits souillés et des retours en arrière, (par exemple récupération d'un excédent de glace déjà au contact de produits ou ramassage sur le sol).
- la "séparation des flux" :

- flux des produits : séparation physique (dans le temps ou dans l'espace) des différentes activités, définition de zones « propres » et de zones « sales » ;
- flux des personnes : circuit pour le personnel, pour les personnes étrangères à l'établissement.

Ceci va conduire à la définition de différentes zones au sein de l'installation :

- zone d'approvisionnement et stockage de l'eau (le cas échéant) (bassins),
- zone de réception des matières premières,
- zone de stockage des matières premières,
- zone de production de la glace,
- zone de stockage de la glace
- zone de distribution/expédition de la glace,
- zone de lavage (petits matériels, pelles, pics, etc.)

Dans la conception et la réalisation de ces différentes zones, la facilité de l'entretien (maintenance, nettoyage, désinfection le cas échéant) des installations et équipements est à prendre en compte (Ministère de la pêche maritime du Maroc, 2003).

2.10.1- Conception des installations, locaux et équipements des locaux

Les installations, les locaux et l'équipement des locaux sont conçus et construits dans le respect des principes de la marche en avant.

2.10.2- Emplacement (Environnement)

Les bâtiments et les installations sont, de préférence, situés dans des zones exemptes d'odeurs désagréables, de fumée, de poussière ou autres contaminants, à l'abri des inondations par les marées ou par les écoulements provenant de zones environnantes ainsi qu'à l'abri des infestations par les ravageurs (rongeurs, insectes, ...) en provenance du voisinage (entreposage de déchets, par exemple).

Les alentours des bâtiments (voies d'accès et aires desservant les bâtiments) et des bassins sont, dans la mesure du possible, réalisés en dur de manière à être carrossables et non poussiéreux. Il est souhaitable qu'ils soient munis d'un système de drainage approprié et qu'ils puissent être nettoyés (Blaise, 2007).

2.10.3- Agencement

Pour éviter les risques de contamination et favoriser le bon déroulement des opérations :

- Les espaces de travail sont suffisants pour permettre le bon déroulement des opérations.
- Les bâtiments et les installations sont conçus de façon à empêcher l'entrée (utilisation de "siphons cloche", par exemple) et l'installation de ravageurs et de tout animal, ainsi que l'entrée de contaminants extérieurs tels que fumée, poussière, ...
- Le sol des bâtiments et installations est étanche, en matériau facile à nettoyer et disposé de manière à faciliter l'écoulement des liquides vers un orifice d'évacuation convenablement conçu et situé.
- Les vestiaires et les sanitaires sont complètement séparés des zones de travail et ne s'ouvrent pas directement sur ces zones.
- Les produits de nettoyage, de désinfection ou autres produits non comestibles sont entreposés dans un local spécial.
- Les silos de stockage de la glace sont en matériaux durs et faciles à nettoyer et à désinfecter
- Les locaux d'habitation sont séparés des ateliers de manipulation des produits.
- Les lieux où se trouvent des animaux (chiens de garde, par exemple) sont séparés des ateliers de fabrication et de stockage de la glace.
- Des évacuations sont prévues pour les eaux pluviales ; elles sont raccordées au réseau de collecte approprié lorsque celui-ci existe. Les eaux usées sont raccordées à un réseau spécifique pour leur traitement ultérieur (Blaise, 2007).

2.10.4- Réalisation des installations, locaux et équipements des locaux

Les bâtiments et les installations sont construits selon les normes et dans le respect des règles définies ci-dessous (voir 2.10.1 et 2.10.2).

Les matériaux de construction sont choisis en tenant compte des éléments suivants :

- Résistance suffisante pour un usage professionnel : résistance aux chocs, résistance aux produits de nettoyage/désinfection, roulage et pression, imperméabilité, etc.
- Aptitude au nettoyage et à la désinfection, etc. (Blaise, 2007).

2.10.5- La finition des locaux et installations

En termes de finition on peut distinguer deux zones principales :

- Zone A : zone d'approvisionnement et stockage de l'eau, zones de réception des matières premières, zone de stockage des matières premières, zone de fabrication de la

- glace, zones de stockage de la glace avant expédition et zone de lavage des matériels en contact avec la glace.
- Zone B : zone de distribution/expédition de la glace, dans laquelle la glace n'est pas protégée des contaminations extérieures (corps étrangers, pollution, contamination microbienne)

Zone A

Les sols et les murs sont construits dans des matériaux résistants, lavables et non toxiques (béton lisse par exemple). Leurs surfaces sont lisses et sans crevasse, faciles à nettoyer. La pente du sol est réglée de façon à diriger les eaux résiduelles ou de lavage vers un orifice d'évacuation adéquat. Les plafonds ou la toiture sont conçus pour éviter l'accumulation de saleté et limiter l'apparition de moisissure et d'écaillage.

Zone B

Les sols et les murs sont construits, sur une hauteur suffisante, dans des matériaux imperméables, lavables et non toxiques. Les murs peuvent être revêtus, soit de carrelages correctement jointoyés, soit de peintures ou de revêtements spéciaux régulièrement entretenus. Leurs surfaces sont lisses et sans crevasse, faciles à nettoyer ou à désinfecter. La pente du sol est réglée de façon à diriger les eaux résiduelles ou de lavage vers un orifice d'évacuation adéquat. Les plafonds ou la toiture sont conçus pour éviter l'accumulation de saleté et réduire le plus possible l'apparition de moisissure et d'écaillage. Les matériaux utilisés sont non absorbants (Blaise, 2007).

2.10.6- Évacuation des effluents

Toutes les conduites d'évacuation des effluents (y compris les réseaux d'égouts) sont suffisamment importantes pour assurer l'évacuation pendant les périodes de pointe de l'activité du professionnel. Elles sont construites de façon à éviter toute contamination des approvisionnements d'eau potable ou d'eau de mer.

Lorsque les locaux ne sont pas desservis par le réseau d'égout public, les eaux usées sont collectées et évacuées de telle sorte qu'en aucun cas elles ne constituent un risque d'insalubrité pour l'environnement. En particulier les sanitaires sont alors reliés à une fosse étanche.

Les conduites d'évacuation sont conçues et entretenues de manière à :

- Empêcher les reflux d'odeurs et la remontée des ravageurs,
- Permettre la séparation des matières solides et des liquides,
- Être nettoyées régulièrement,
- Empêcher la stagnation d'eau pendant les périodes d'usage normal et de repos (Blaise, 2007).

2.10.7- Installations, locaux et équipements particuliers

2.10.7.1- Locaux de réception

Les locaux de réception sont conçus de manière à éviter les contaminations croisées :

- Aires de réception spécialisées en fonction des produits reçus et de dimensions appropriées.
- Aptitude au nettoyage et à la désinfection (Blaise, 2007).

2.10.7.2- Locaux d'entreposage

Afin d'éviter tout risque de contamination, les locaux d'entreposage permettent de respecter le principe de la "marche en avant", et du "premier entré, premier sorti".

Les locaux d'entreposage sont conçus de manière à être facilement nettoyés, à éviter l'accès des ravageurs et à fournir un accès facile aux articles entreposés. L'entreposage est effectué de manière à permettre une bonne circulation d'air.

Là où c'est nécessaire, des installations séparées, sûres, d'entreposage des produits de nettoyage et des substances dangereuses sont prévues (Blaise, 2007).

2.10.7.3- Silos et autres moyens de stockages

Le stockage de la glace peut se faire, dans le cas des grandes installations à terre, dans un silo hermétiquement fermé. Ces locaux sont étudiés du point de vue de la température (puissance frigorifique, ...), de l'hygrométrie et de la ventilation pour conserver la glace produite dans les conditions optimales (Blaise, 2007).

2.10.8- Les locaux et équipements sanitaires

2.10.8.1- Vestiaires et toilettes

Tous les établissements comportent des vestiaires et des toilettes convenables et situés hors des zones de production. En l'absence de réseau d'égouts, les toilettes sont reliées à des

fosses étanches. Ces endroits sont bien éclairés, ventilés et, le cas échéant, chauffés. Ils ne donnent pas directement sur les zones de travail.

Des lavabos, avec des robinets à commande non manuelle, se trouvent à proximité immédiate des toilettes. Ils sont placés, si possible, de telle manière que l'employé passe devant en allant à la zone de travail. Ils sont munis de conduites d'évacuation, raccordées aux égouts (ou fosses étanches), et sont dotés de siphons.

Des produits appropriés pour se laver et se désinfecter les mains et un dispositif hygiénique de séchage à usage unique sont prévus. Lorsque des serviettes en papier sont utilisées, des distributeurs et des réceptacles se trouvent en nombre et en volume suffisant à côté de chaque lavabo. Des écriteaux rappellent au personnel le besoin de se laver les mains après avoir fait usage des toilettes (Blaise, 2007).

2.10.8.2- Lavabos dans les zones de travail

Ils répondent aux caractéristiques générales des lavabos décrits en 2.10.8.1.

2.10.9- Entretien des installations, locaux et équipements des locaux

Les installations, locaux et équipement des locaux sont maintenus en bon état et sont régulièrement nettoyés et désinfectés (Blaise, 2007).

2.10.10- Maintenance

Tous les locaux, équipements (par exemple, systèmes de ventilation, de réfrigération des locaux) sont entretenus et réglés.

Il est à noter que la maintenance des installations frigorifiques et de fabrication et stockage de glace est particulièrement importante (Ministère de la pêche maritime du Maroc, 2003).

2.10.11- Principaux matériels et équipements

2.10.11.1- Cuves de stockage de l'eau

Lorsqu'il y a stockage d'eau pour la fabrication de glace, les cuves sont en matériaux aptes au contact alimentaire ; le fond de celles-ci a une pente permettant d'éviter les eaux stagnantes. Elles sont conçues pour faciliter le nettoyage et la désinfection (Ministère de la pêche maritime du Maroc, 2003).

2.10.11.2- Matériel de fabrication de glace, de transfert de la glace et de bacs de stockage

Sa capacité de production est adaptée aux besoins nécessités par l'activité de l'atelier de production.

La goulotte d'alimentation en glace de l'atelier d'expédition, les bacs de stockage de la glace sont en matériaux aptes au contact alimentaire, peuvent être nettoyés et désinfectés facilement et permettent l'évacuation de l'eau de fusion (Ministère de la pêche maritime du Maroc, 2003).

2.10.11.3- Équipements de surveillance et d'enregistrement de la température et autres mesures

Outre les spécifications générales, le matériel utilisé pour fabriquer, stocker la glace est équipé de dispositifs permettant de surveiller et d'enregistrer ces températures. Ces équipements de surveillance et d'enregistrement sont différents de ceux servant à assurer le pilotage des opérations. Ils sont régulièrement étalonnés.

Là où c'est nécessaire, des dispositifs efficaces de contrôle et de surveillance de l'humidité, de la circulation de l'air et de toutes autres caractéristiques du microenvironnement susceptibles d'avoir un effet préjudiciable sur la glace sont mis en place afin de s'assurer que :

- La survie et la croissance de micro-organismes nocifs ou indésirables, ou la production de leurs toxines, sont convenablement et efficacement maîtrisées ;
- Les températures et autres conditions du microenvironnement nécessaires pour assurer la sécurité et la salubrité de la glace sont réalisées et maintenues (Ministère de la pêche maritime du Maroc, 2003).

2.10.11.4- Matériels de manutention

Les équipements utilisés pour la manutention et le transport de la glace ne sont pas utilisés à d'autres fins.

2.10.11.5- Équipements et matériels de nettoyage

L'atelier de fabrication possède un équipement approprié pour le nettoyage des matériels de travail, des récipients, etc. Il dispose aussi de matériels pour le nettoyage des locaux.

L'utilisation de lances à haute pression, permet souvent de limiter l'usage de détergents. Toutefois, le responsable de l'atelier de fabrication reste vigilant au risque de dégradation des

installations, matériels et équipements. Il est déconseillé de les utiliser près des installations électriques ou autres installations et matériels sensibles à la dégradation par l'action de l'eau à haute pression (Ministère de la pêche maritime du Maroc, 2003).

2.10.12- Entretien des matériels et équipements

Les matériels et les équipements sont régulièrement maintenus en état de bon fonctionnement, nettoyés et désinfectés.

2.10.12.1- Maintenance

Un plan de maintenance préventive est défini par le responsable d'établissement pour chacun des équipements et matériels en fonction de leur fragilité et de leur rôle dans la maîtrise des risques sanitaires liés à la glace et à sa qualité (aptitude à l'utilisation).

Les équipements de traitement de l'eau, de fabrication de glace, de réfrigération, ... font l'objet d'une attention toute particulière (Ministère de la pêche maritime du Maroc, 2003).

2.10.12.2- Nettoyage et désinfection

Les matériels et les équipements sont régulièrement nettoyés et éventuellement désinfectés, en conformité avec le plan de nettoyage.

Les produits de nettoyage sont choisis en fonction de leur efficacité pour le travail à effectuer, la compatibilité avec les matériaux de ces équipements et matériels.

Une attention toute particulière est apportée au nettoyage des filtres des installations de traitement de l'eau lorsqu'il y en a.

Afin d'empêcher la contamination de la glace, tout le matériel et les ustensiles sont nettoyés, désinfectés et rincés aussi souvent que nécessaire et en particulier à l'issue de chaque journée de travail. Leurs éléments démontables en contact avec la glace sont séparés à la fin des opérations, nettoyés, désinfectés et rincés (Ministère de la pêche maritime du Maroc, 2003).

2.10.12.3- Surveillance de l'entretien des matériels et équipements

La réalisation et l'efficacité des actions de maintenance, de nettoyage et de désinfection font l'objet d'une surveillance régulière fondée principalement sur des examens visuels et dans certains cas de contrôles microbiologiques (tests de surface, par exemple).

2.10.13- Santé et propreté des personnes

Il est interdit aux personnes qui souffrent ou sont porteuses d'une maladie contagieuse de travailler dans quelque secteur d'une fabrique de glace ou de remplir quelque fonction reliée à la coupe, à la fabrication, à la préparation, à l'emballage, à l'entreposage, au transport ou à la livraison de la glace.

Les personnes qui travaillent dans un secteur d'une fabrique de glace ou remplissent quelque fonction reliée à la coupe, à la fabrication, à la préparation, à l'emballage, à l'entreposage, au transport ou à la livraison de la glace sont tenues de se conformer aux exigences suivantes :

- Porter des vêtements de dessus propres, être extrêmement propres et respecter des pratiques sanitaires appropriées dans l'exercice de leurs fonctions;
- Se laver les mains à fond à l'eau chaude et au savon avant de commencer à travailler et répéter l'opération aussi souvent que nécessaire afin de les garder propres;
- Après être allées aux toilettes, se laver les mains avant de reprendre le travail;
- Ne pas faire usage de tabac sous quelque forme que ce soit pendant qu'elles accomplissent un travail susceptible de les mettre en contact avec la glace non emballée (DGPSA, 1988).

2.10.14-- Livraison

La glace doit être protégée de la poussière, de la saleté, ou de toute autre source de contamination durant le transport ou la livraison.

Le compartiment à glace des véhicules servant au transport ou à la livraison de la glace doit être construit de façon à permettre son nettoyage et être gardé propre, salubre et en bon état (DGPSA, 1988).

III- METHODOLOGIE

En vue d'atteindre notre objectif et de tester les hypothèses, la méthodologie suivante a été adoptée.

3.1.- Cadre physique

3.1.1- Situation géographique

Chef-lieu du département de l'Ouest, la commune de Port-au-Prince est une commune côtière. Administrativement, la commune de Port-au-Prince est subdivisée en trois sections communales. Elle a au moins huit habitations et trente et une localités.

La commune de Port-au-Prince est bornée au nord, par le Golfe de la Gonâve et la commune de Delmas ; au sud, par les communes de Pétion-Ville et de Carrefour ; à l'est, par les communes de Pétion-Ville et de Delmas et à l'ouest, par la commune de Carrefour (IHSI, 1998).

NB : A cause de contraintes économiques, l'envergure de la commune de Port-au-Prince et le manque de disponibilité de certaines informations concernant la réelle délimitation de la commune, le cadre physique a été élaboré en tenant compte seulement de Port-au-Prince au détriment de Carrefour et de Tabarre.

3.1.2- Les ressources en eau

En ce qui concerne les ressources hydriques, la commune compte aucune rivière ni de lac ou d'étang, par contre possède onze sources, et treize autres points d'eau, trente fontaines publiques, un puits ordinaire (IHSI, 1998).

3.1.3- Réseau d'adduction

Le réseau d'adduction de la commune de Port-au-Prince alimente difficilement la dite commune à cause de multiples problèmes notamment les bidonvilles qui ne cessent de pousser comme de véritables champignons (IHSI, 1998).

3.1.4- Aspects socio-économiques

3.1.4.1- Population, Superficie et Répartition

En 2003, la population de la commune de Port-au-Prince était estimée à 801566 personnes dont 54,5% de femmes. Elle est la plus peuplée des communes du département de l'ouest, elle englobe 24,2% de la population totale du département de l'Ouest. Au cours de la période allant de 1982 à 2003, la population de la commune de Port-au-Prince a connu un taux moyen d'accroissement annuel de 2,2%. Port-au-Prince a une superficie de 36,04 km², elle est ainsi la commune la plus dense du département (22 241 hab. / km²). La quasi-totalité (99,6%) de sa population vit en milieu urbain. La commune de Port-au-Prince accuse un taux de masculinité de 85 hommes pour 100 femmes. Ce déficit d'hommes est beaucoup plus prononcé en milieu urbain (85 hommes pour 100 femmes) qu'en milieu rural (94 hommes pour 100

femmes). La répartition de la population de la commune par grand groupe d'âges est la suivante : Près de 29,0% de sa population sont âgés de moins de 15 ans, les personnes âgées de 15-64 ans représentent 68,0% de la population et celles de 65 ans et plus 3,0% (IHSI, 2003).

3.2- Méthode

3.2.1- Durée de l'étude

L'étude a été réalisée sur une période de trois mois, soit de décembre 2008 à mars 2009.

3.2.2- Visite de terrain

Trois visites de terrain ont été effectuées dans le but d'atteindre notre objectif. Celles-ci nous ont permis de répertorier les usines et les kiosques de vente sur lesquelles allaient se réaliser l'enquête, de prendre contact avec les usines en question ainsi qu'avec certains vendeurs de la place.

3.2.3- Observation et identification

Après les visites de terrain, nous étions en mesure de faire une observation globale des zones d'échantillonnage plus précisément sur l'emplacement des usines et des vendeurs de glace en bloc.

3.2.4- Choix des zones de prélèvement et des usines

Étant donné que l'étude était basée sur la zone métropolitaine de Port-au-Prince, trois zones ont été choisies pour les prélèvements : Port-au-Prince, Carrefour et Tabarre. Le choix des usines a été fait au mois de décembre 2008 en mettant le nom des différentes usines des zones en question dans une petite boîte et en les tirant au sort, question de s'assurer que la méthode soit aléatoire sauf pour la zone du centre ville où il y a eu certaines difficultés avec quelques usines qui n'étaient pas trop accueillantes et coopératives.

3.3- Échantillonnage

Trois usines de fabrication ont été choisies et deux vendeurs de glace en blocs par usine, ce qui nous a donné au total douze échantillons. Le tableau 7 donne le dispositif expérimental de l'étude.

Tableau 7 : Dispositif expérimental de l'étude

	Usine 1	Usine 2	Usine 3
	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons
Eau de fabrication	1	1	1
Glace à l'intérieur de l'usine	1	1	1
Glace en kiosque	2	2	2

3.4- Prélèvement et technique

Le prélèvement a été fait à trois niveaux : le premier à partir de l'eau entrant dans la fabrication de la glace en bloc, le second sur la glace déjà fabriquée mais sur son lieu de production, le troisième, toujours sur la glace déjà fabriquée mais cette fois dans les kiosques de vente pour deux vendeurs distincts. Tous les prélèvements ont été faits de manière aseptique pendant la période du mois de janvier 2009.

Pour l'eau de fabrication, les prélèvements ont été réalisés dans des flacons de 1500 ml pour les analyses physico-chimiques et dans des flacons stériles de 500 ml pour les analyses bactériologiques. Les flacons de 1500 ml ont été rincés trois fois avec de l'eau à prélever dans le but de respecter les consignes de prélèvement d'échantillon d'eau pour les paramètres physico-chimiques.

Pour les paramètres bactériologiques, comme il a été dit, des flacons stériles ont été utilisés pour les prélèvements afin de s'assurer que les échantillons aient été prélevés adéquatement. Les échantillons prélevés ont été identifiés sur les flacons puis à l'aide d'une fiche de prélèvement renfermant des informations indiquant la date, l'heure et le lieu de prélèvement des échantillons.

Pour la glace à l'usine et dans les kiosques de vente, les différents échantillons de glace sont rincés avec de l'eau de boisson. Les échantillons prélevés ont été mis dans des sachets stériles avant d'être mis dans un thermos habilité à cette fin de façon à respecter les normes concernant les prélèvements de glace. La décongélation a été réalisée à une température de 5°C (DGPSA, 1988). Une fois décongelée, l'eau obtenue par décongélation subit le même processus que celui de l'eau de fabrication.

3.5- Conditionnement et transport

Les différents échantillons (eau de fabrication et glace décongelée) ont été mis dans des récipients stériles pour l'analyse au laboratoire et ces récipients une fois remplis, sont placés dans un thermos contenant des glaçons de manière à les maintenir à une température inférieure à 4°C (DGPSA, 1988). Ensuite, ils sont transportés au laboratoire pour être analysés

3.6- Analyse des échantillons au laboratoire

Toutes les analyses ont été réalisées au laboratoire de la CAMEP. Toutes les déterminations ont eu lieu et ceci malgré les multiples contraintes économiques. Deux types d'analyses ont été réalisés sur les échantillons :

- Les analyses physico-chimiques
- Les analyses microbiologiques.

3.6.1- Les analyses physico-chimiques

3.6.1.1- Le pH

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH-mètre.

3.6.1.2- La conductivité électrique, la salinité et les matières dissoutes

Elles ont été déterminées à l'aide d'un multimètre. La méthode utilisée est la suivante : Une fois que l'échantillon a été ramené à 25°C, une électrode branchée sur le multimètre a été plongée dans l'échantillon, jusqu'à l'affichage d'un chiffre stable sur le cadran de l'appareil qui indique la valeur trouvée pour les paramètres en question

3.6.1.3- La turbidité

Elle est déterminée à l'aide du turbidimètre. Pour ce faire, on verse une certaine quantité de l'échantillon dans un récipient transparent approprié à cette fin. Après calibrage, le récipient et son contenu est placé dans le turbidimètre, lequel va faire la lecture pour afficher une valeur sur l'écran qui correspond à la turbidité de l'échantillon en question.

3.6.1.4- La couleur et l'odeur

La couleur est déterminée de façon visuelle par observation de l'échantillon tandis que l'odeur est déterminée par sensation olfactive.

3.6.2- Les paramètres chimiques

3.6.2.1- Alcalinité phénol

Deux gouttes de phénophtaléine sont versées dans 50 ml d'échantillon à analyser. S'il y a apparition de couleur dans l'échantillon, c'est qu'il y a présence d'une certaine alcalinité. Le mélange obtenu est ensuite titré avec une solution d'acide sulfurique (0.02N) jusqu'à disparition de la couleur rose. Elle est obtenue en multipliant le volume titrant par la normalité de l'acide par 50000 divisé par le volume de l'échantillon qui, dans ce cas vaut 50 ml.

3.6.2.2- Alcalinité totale

L'alcalinité totale correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et bicarbonates. Pour sa détermination, deux gouttes de solutions de méthylorange (indicateur) ont été ajoutées au mélange précédent et titré ensuite avec la solution d'acide sulfurique 0.02 N jusqu'à obtenir un changement de couleur.

Le résultat de l'alcalinité totale, exprimé en mg/l de CaCO_3 a été obtenu en multipliant le volume total de titrant utilisé par la normalité de l'acide puis le résultat obtenu a été divisé par le volume d'échantillon utilisé.

3.6.2.3- Dureté totale de l'eau

Dans un Erlenmeyer, un échantillon de 25ml a été mélangé à une proportion égale d'eau distillée auquel 2 ml de solution tampon et deux 2 gouttes d'Eriochrome noir ont été ajoutés. A l'aide d'une burette de l'EDTA a été versée à une concentration de 0.01M jusqu'au virage du rose au bleu foncé, en passant par la couleur mauve. Le passage du rose au mauve

manifeste la présence du calcium et celui du mauve au bleu témoigne la présence du magnésium. La dureté totale est obtenue en divisant le volume titrant par le volume de l'échantillon, qui vaut 25 dans ce cas. Le résultat obtenu est multiplié par 1000.

3.6.2.4- Dureté calcique

Pour la détermination de la dureté calcique, après avoir mélangé 25 ml d'échantillon avec 25 ml d'eau distillée, 2 ml de NAOH (1N) y ont été ajoutés et un jauge de la poudre de murexide indicateur (appelé aussi purpurate d'ammonium). Ensuite, le contenu du bécher a été titré avec la solution d'EDTA (0.01M) jusqu'à obtenir le virage du rose au violet. La quantité de dureté calcique exprimée en mg/l de CaCO₃ est obtenue en divisant le volume titrant par le volume d'échantillon et le résultat obtenu est multiplié par 1000.

3.6.2.5- Dureté magnésique

La dureté magnésique est obtenue en faisant la différence entre la dureté totale et la dureté calcique. Cette valeur s'exprime en mg/l.

3.6.2.6- Détermination du calcium et du magnésium

Ils sont déterminés par calcul, à partir de la dureté totale on en déduit la quantité de Ca et de Mg suivant les relations : mg/l CaCO₃= mg/l Ca × 0, 4004

$$\text{mg/l CaCO}_3 = \text{mg/l Mg} \times 0, 2728.$$

3.6.2.7- Chlorures

A 100 ml de l'échantillon à analyser, 1 ml de solution de chromate de potassium 0.0141M a été ajouté comme indicateur coloré. A l'aide d'une burette, de la solution de nitrate d'argent (0.027 N) a été versée jusqu'à l'apparition d'une couleur rouge brique, indicateur de la formation du complexe Ag₂CrO₄. Pour trouver la quantité de chlorures, le volume à blanc est enlevé du volume titrant, ensuite il est multiplié par la normalité qui vaut 0,0141. Le résultat obtenu est multiplié 354,5.

3.6.2.8- Détermination du sulfate

Les déterminations du sulfate, des nitrates/nitrites et du fer ont été effectuées à l'aide d'un appareil appelé spectrophotomètre. La démarche suivante a été adoptée : Un tube de 10

ml a été rempli jusqu'au trait de jauge. Après remplissage, le contenu d'une pochette de sulfa Ver 4 a été ajouté à l'échantillon. Après agitation durant une minute, l'échantillon est placé au repos pendant 5 à 10 minutes. Entre temps, un autre tube rempli de l'échantillon non traité est placé dans la cellule de l'appareil pour le mettre à zéro. Une fois l'appareil est calibré, l'échantillon à blanc est remplacé par l'échantillon contenant le réactif. La lecture se fait à une longueur d'onde de 450 nm. Le résultat est indiqué en mg/l SO₄.

3.6.2.9- Détermination du fer

La procédure 3.6.2.8 est aussi appliquée pour la détermination du fer mais le réactif utilisé est le ferover et la longueur d'onde a été fixée à 510 nm.

3.6.2.10- Détermination des nitrate et nitrite

La différence à remarquer entre ces deux déterminations et les deux précédentes précédente est que, en lieu et en place du Sulfa Ver 4 utilisé pour la détermination du sulfate, le Nitra Ver 5 et le Nitri Ver 3 ont été utilisés respectivement pour le nitrate et le nitrite. Les longueurs d'onde respectives du nitrate et du nitrite ont été de 400 et 507 nm. Le résultat est exprimé en mg/l NO₃ pour le nitrate et en mg/l NO₂ pour le nitrite. Une fois ces valeurs trouvées, on les multiplie par leurs facteurs de conversion qui sont 4,427 pour le nitrate et 3,284 pour le nitrite.

3.6.3- Les paramètres microbiologiques

L'analyse microbiologique a été réalisée suivant la technique de la membrane filtrante pour les germes totaux, les coliformes, etc., par le test de PathoScreen et par le test qualitatif (Présence/Absence) pour les BHAA.

La technique de la membrane filtrante fonctionne comme suit :

Une membrane filtrante de seuil de rétention connu est posée dans l'appareil de filtration puis l'échantillon est filtré. Les micro-organismes présents sont récupérés sur la surface de la membrane par le phénomène du tamisage. Les substances inhibant ou retardant la croissance peuvent être éliminées en rinçant le filtre avec de l'eau stérile. Puis la membrane filtrante est posée sur le milieu de culture et mise à incuber. Il peut y avoir échange entre substances nutritives et produits du métabolisme grâce au système poreux de la membrane

filtrante. Les colonies qui se sont développées sur la surface de la membrane sont comptées et leur évaluation se fait en fonction du volume de l'échantillon filtré. (Annexe A)

Le milieu PathoScreen a été utilisé pour la réalisation du test PathoScreen et le test présence/ absence pour les BHAA.

3.6.3.1- Recherche des germes totaux

Pour la recherche de germes totaux, la méthode de filtration sur membrane a été utilisée. Un volume de 50ml de l'échantillon a été dilué dans une proportion égale d'eau tamponnée. Le milieu qui a été utilisé est le standard TTC. Il s'agit d'un milieu stérile déshydraté sur carton qui a été humidifié avec 3 à 3,5 ml d'eau stérile et déminéralisé. Un milieu humidifié est utilisé, incubé à 30°C pendant une période de 48h. Les colonies poussées ont un reflet rougeâtre et ont été comptées au stéréoscope.

3.6.3.2- Recherche des bactéries hétérotrophes

Les bactéries hétérotrophes aérobies ou anaérobies facultatives sont généralement appelées les BHAA, ils sont mis en évidence par le milieu Bart TM. Un test de présence ou d'absence se reposant sur le principe de la colorimétrie est utilisé pour les détecter. Un volume de 100 ml de l'échantillon a été ajouté dans le milieu Bart TM dans un flacon stérile, et l'observation a été faite au bout de 5 jours. Une coloration jaune est aperçue s'il y a présence de bactéries hétérotrophes dans l'échantillon tandis qu'une coloration bleue est observée s'il n'y en a pas.

3.6.3.3- Coliformes totaux

Pour la recherche des coliformes totaux, la méthode filtration sur membrane a aussi été employée. Pour ce faire, le protocole suivant a été adopté : Un volume de 50 ml de l'échantillon a été dilué dans une proportion égale d'eau tamponnée.

L'eau diluée est passée sur une rampe à filtration à travers une membrane stérile de 0.45 µm de diamètre;

La membrane a été placée en incubation dans une boîte de pétri, pendant 18 à 24 heures à 37 °C sur une gélose m-endo.

Après incubation, les coliformes poussés sur le milieu forment des colonies foncées ayant un reflet métallique;

Les colonies ont été comptées au stéréoscope.

3.6.3.4- Recherche des coliformes fécaux

A la seule différence de la méthode utilisée pour la détermination des coliformes totaux, la membrane a été placée en incubation pendant 24 heures à 44,5 °C sur un milieu liquide m-FC Broth et les coliformes poussés sur le milieu forment des colonies bleutées.

3.6.3.5- Recherche d'Escherichia coli

Pour la recherche d'*E. coli*, la membrane a été placée en incubation pendant 24 à 72 heures à 37 °C sur un milieu liquide m-Coli Blue Broth. Les colonies poussées ont un reflet bleuté.

3.6.3.6- Recherche des salmonelles

Quant aux Salmonelles, la membrane a été placée en incubation pendant 48 heures à 37°C sur un milieu humidifié Bismuth Sulfite qui a été régénéré avec 3.5 ml d'eau stérile et les colonies poussées ont été marquées par l'apparition de points noirs sur la membrane.

3.6.3.7-Recherche de streptocoques fécaux

Pour la recherche des streptocoques fécaux, la membrane a été placée en incubation pendant 24 à 48 heures à 37 °C sur un milieu KF Streptococcal Broth Plastic. Après incubation, les colonies qui se forment apparaissent sous forme de points roses.

3.6.3.8- Recherche de pseudomonas

Pour la recherche de pseudomonas, la membrane a été placée en incubation pendant 48heures à 37 °C mais dans ce cas, le milieu utilisé est le Pseudomonas Broth ampoules. Les colonies qui se forment après incubation apparaissent sous forme de points blanchâtres.

3.6.3.9- Recherche des levures et moisissures

La détermination des levures et moisissures est faite sur milieu liquide (m-Green Yeast and Mold Broth). 100 ml d'échantillon sont filtrés sur une membrane de couleur noire. L'incubation se fait pendant 2 à 5jours à 25-30 °C. Les colonies de couleur blanche qui apparaissent indiquent qu'il y a des levures et moisissures dans l'échantillon analysé

3.6.3.10- Détection sulfurée (Test de PathoScreen)

Le test de PathoScreen est un test de confirmation de la présence des micro-organismes pathogènes. Dans un flacon stérile avec 100 ml de l'échantillon, une pochette de réactif PathoScreen TM a été versée et placée dans un incubateur à 37°C. La présence de micro-organismes pathogènes est confirmée par le changement de couleur qui est le passage du jaune au noir dans un délai de 24 heures.

IV- RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1- Résultats de l'enquête auprès des usines et des kiosques de vente de glace en bloc

L'enquête a été réalisée sur trois usines et six vendeurs comme il a été dit tantôt selon une fiche patiemment élaborée dans le but de cerner tous les compartiments de la question, ces fiches se retrouvent dans l'annexe B.

4.1.1- Fonctionnement du réseau de production de glace

La quasi-totalité des usines à glace en bloc de la zone métropolitaine ne sont pas trop âgées, après enquête, la moyenne d'âge se situe aux alentours de vingt ans. Le mode de fonctionnement varie d'une usine à l'autre, que ce soit le nombre d'heures de fonctionnement, la quantité de glace fabriquée, le nombre d'employés, etc. Certaines usines fonctionnent 24h/24 tandis que d'autres ne fonctionnent que quelques heures, cela dépend du calibre de l'usine car il y en a de très grandes et d'autres qui sont quasiment artisanales vu leur installation. En ce même sens, le nombre d'ouvriers varie aussi avec l'usine en question ainsi que la quantité de glace fabriquée. Les points de livraison sont divers.

De la glace de Carrefour peut être trouvée à Cazeau de même que celle de Cazeau peut se trouver en Centre-ville. Certaines usines utilisent l'eau de CAMEP tandis que d'autres utilisent l'eau provenant de forage. Quelle que soit la provenance de l'eau, avant d'entrer dans la fabrication de la glace, elle subit des traitements adéquats dans le but de donner une glace de qualité acceptable. Les traitements sont divers, mais dans la majeure partie des cas, on retrouve la filtration avec un complexe de sable et de charbon, l'osmose inverse, l'ultra violet, etc. Les environnements intérieurs et extérieurs des usines sont très variables, de même que les bonnes pratiques d'hygiène. D'après les compartiments visités, certaines usines paraissent avoir un bon entretien et respectueuses des règles d'hygiène tandis que d'autres sont loin d'être salubres et semblent ignorer l'existence des règles de bonnes pratiques d'hygiène.

4.1.2- Présentation des usines enquêtées

4.1.2.1- Usine 1 (Centre-ville):

Elle est âgée d'une dizaine d'année. Avant son implantation, il y avait à la place une boulangerie, cette dernière ne générant pas assez de bénéfices, le propriétaire a eu l'idée de la transformer à l'occasion en usine à glace. Elle fonctionne avec 6 employés, de 5 à 11h du

matin la plupart du temps car elle ne fabrique pas beaucoup de glace (250 à 300 blocs par jour) sauf en période de chaleur où la demande en glace est assez significative. Elle ne possède pas de matériel sanitaire, ne dispose ni de savon ni d'essuie mains à usage unique. L'eau de CAMEP y est utilisée pour la production de glace après filtration. Le matériel de fabrication est détérioré, dégradé par le temps. Le milieu dans lequel elle est implantée est vraiment insalubre et les ouvriers ne tiennent pas compte des bonnes pratiques d'hygiène (Annexe C).

4.1.2.2- Usine 2 (Carrefour):

C'est la plus grande des usines enquêtées, elle se situe sur un territoire assez vaste, avec trois salles de production et des installations qui sont vraiment impressionnantes. Elle a commencé à fonctionner en l'an 2000. Les machines tournent 24/24 et l'usine produit 1800 blocs par jour en moyenne grâce à un effectif de 160 ouvriers. Le matériel sanitaire y est présent et celui de la fabrication de la glace paraît en assez bon état. L'eau de la CAMEP y est aussi utilisée comme pour l'usine précédente mais le mode de traitement est différent puisqu'à part la filtration qui s'effectue dans un complexe de sable et de charbon, l'eau subit d'autres traitements comme l'osmose inverse, l'ultra violet, l'ozonisation, etc. L'environnement extérieur de l'usine n'est pas la meilleure qui puisse être mais celui de l'intérieur est vraiment impressionnant vu la propreté des ouvriers, des installations, des salles de fabrication, etc. L'intérieur de l'usine affiche vraiment une salubrité étonnante et le respect des bonnes pratiques d'hygiène semble être de rigueur pour les endroits visités (Annexe D).

4.1.2.3- Usine 3 (Tabarre):

C'est une moins grande usine que la précédente, elle date d'une dizaine d'années, le terrain d'implantation est un peu moins vaste que celui de l'usine précédente. Elle ne possède qu'une seule salle de production qui est très grande, cette usine là produit aussi de la glace en tubes (glaçons). Les matériels de production sont en assez bon état, elle fonctionne 18 heures sur 24 pour la plupart du temps, avec une centaine d'ouvriers. Elle produit environ 700 blocs de glace pour une journée de travail complet. Le matériel sanitaire n'y a pas été remarqué. Contrairement aux deux autres usines, elle n'utilise pas l'eau de la CAMEP pour la production de la glace parce qu'ils ont leur propre forage. L'eau provenant du forage est traitée par osmose-inverse, ultra-violet avant d'être transformée en glace. Les environnements intérieurs

et extérieurs de l'usine laissent à désirer et les bonnes pratiques d'hygiène ne sont pas tout à fait respectées (Annexe E).

NB : Tous les moules à glace sont fabriqués à partir de tôle (fer ou acier laminé, en feuilles)

4.1.3- Présentation des kiosques de vente

En ce qui a trait aux vendeurs en kiosque, la majeure partie d'entre eux achètent en moyenne un bloc de glace pendant la journée. Les congélateurs en panne sont souvent utilisés pour la conservation de la glace. Par contre, d'autres vendeurs font autrement en enterrant la glace dans de grandes quantités de sciures de bois.

La durée d'épuisement de la quantité de glace varie selon l'usine et selon le vendeur. Cela dépend non seulement du nombre de clients en question, de la période de l'année car la glace se vend beaucoup plus en période de chaleur qu'en période de fraîcheur mais aussi de la position de l'usine ou du vendeur. Un vendeur ou une usine se situant dans une zone où l'électricité est assez abondante vendra moins de glace qu'un autre vendeur ou une autre usine qui se positionne dans un quartier où l'électricité est rare.

Les glaces en kiosques sont utilisées pour la vente et pour la conservation des boissons ou autre produits. Il faut souligner qu'il n'y a aucune ligne de démarcation entre la glace destinée à la conservation de produits et celle qui est utilisée comme agent rafraîchissant qui sera vendu aux clients (Annexe F).

4.2- Résultats et discussions des paramètres physico-chimiques des échantillons analysés

4.2.1- Présentation des résultats physico-chimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques qui ont été évalués pendant la série de prélèvements, sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8: Résultats physico-chimiques des différents échantillons analysés

ECH	SAL. (%)	CON. (µ S)	pH	TUR. (NTU)	MAT. DIS. (mg/l)	Al. phénol (mg/l)	Al.to (mg/l CaCO ₃)	D.t (mg/l)	D.c (mg/l)	D.m (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Fe ⁺ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)
Valeur admissible		150-800	6,5 - 8,5	≤1 pour une bonnedésinfection	100-600		100-600	100-300	75 - 200	30-150	100	0.00	0.00 - 200	0.00 - 200	0 - 0.3	10	< 0,1
EU1	0.1	388	7.54	1	186.9	0	192	206	180	26	72.07	6.31	7.497	3	0.04	8.4113	0.036124
GU1	0.0	89.5	7.43	1	42.4	0	35	36	30	6	12.01	1.46	4.748	2	0.03	3.9843	0.078816
K1U1	0.0	36.6	7.84	1	18.5	0	20	20	18	2	7.21	0.49	2.249	1	0.05	2.6562	0.026272
K2U1	0.0	32.1	6.68	1	14.8	0	15	17	14	3	5.61	0.73	2.49	1	0.02	2.6512	0.039408
EU2	0.0	25.0	6.19	0.34	11.5	0	14	12	6	6	2.40	1.46	2.99	1	0.03	3.5416	0.026272
GU2	0.0	53.9	6.61	0.66	25.3	0	19	26	17	9	6.81	2.19	5.248	1	0.03	2.6562	0.1642
K1U2	0.0	49.2	7.36	0.72	23.0	0	17	22	16	6	6.41	1.46	4.99	3	0.10	2.2135	0.0229898
K2U2	0.0	43.1	7.30	0.67	20.1	0	16	22	16	6	6.41	1.46	4.99	1	0.05	3.9843	0.13136
EU3	0.0	103.1	6.50	0.65	48.9	0	28	26	13	13	5.21	3.16	14.99	1	0.13	8.4113	0.026272
GU3	0.0	45.4	6.85	0.8	21.2	0	18	22	15	7	6.01	1.70	4.99	1	0.38	3.0989	0.045976
K1U3	0.0	46.4	6.87	1.1	21.7	0	16	24	14	10	5.61	2.43	3.99	1	0.06	4.427	0.04926
K2U3	0.0	49.3	7.04	0.04	23.1	0	18	18	14	4	5.61	0.97	4.49	1	0.06	3.5416	0.04926

Légendes : Sal. = Salinité

Con. = Conductivité

Tur. = Turbidité

Mat. Dis. = Matières dissoutes

Al.to= Alcalinité totale

D.t = Dureté totale

D.c. = Dureté calcique

D.m. = Dureté magnésienne

SO₄ = Sulfate

Ca. = Calcium

Mg= Magnésium

Cl. = Chlorure

NO₂ = NitriteNO₃ = Nitrate

4.2.2- Paramètres physico-chimiques

4.2.2.1- La salinité

Pour tous les échantillons d'eau analysés, soient 12 échantillons prélevés au niveau de trois usines distinctes, la salinité affiche une valeur fixe de 0,0 pour tous les échantillons sauf pour l'eau de fabrication de l'usine 1. Cela peut être dû au système de filtration qui pourrait éliminer les sels dans les différents échantillons.

4.2.2.2- La conductivité

C'est la capacité par laquelle l'eau conduit le courant électrique. Elle permet l'évaluation approximative des substances minérales dissoutes dans l'eau. Pour l'eau potable, elle doit être comprise entre 150 et 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (UE/OMS, 2007). La figure 2 nous montre la variation de la conductivité avec les différents échantillons pour les trois usines. Selon les résultats d'analyses, les échantillons affichent une conductivité très basse, inférieure à la normale, sauf pour l'eau de fabrication de l'usine 1, mais il n'y a aucun d'entre eux qui soient supérieur à la normale. La diminution drastique de la conductivité pour l'eau de fabrication des usines 1 et 3 pourrait s'expliquer par la perte de sels minéraux ionisés à la sortie du moule. Pour l'usine 2, une accumulation de substances pourrait être la cause de la légère augmentation de ce paramètre.

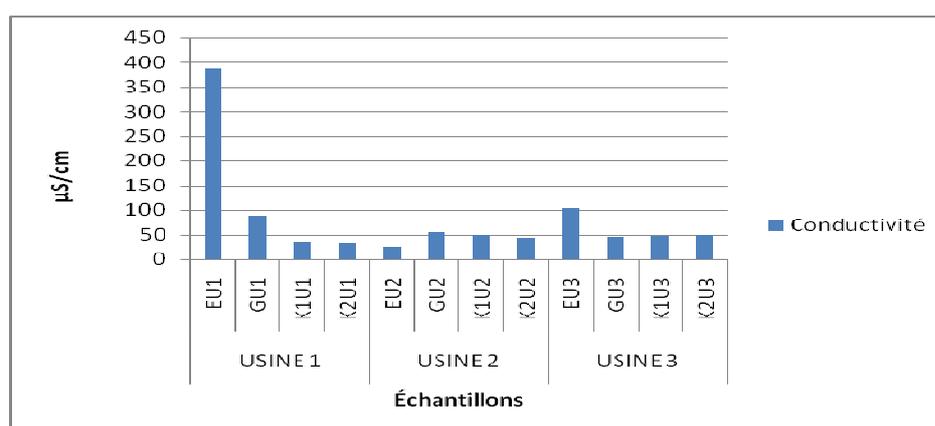


Figure 2 : Variation de la conductivité

4.2.2.3- Le pH

La détermination du pH nous renseigne sur le degré d'alcalinité ou d'acidité de l'eau. Selon les normes fixées par l'OMS, le pH de l'eau de boisson doit être compris entre 6,5 et 8,5. Tous les résultats obtenus affichent une légère variation mais se situent tous dans les normes sauf pour l'eau de fabrication de l'usine 2 qui est de 6,19, valeur légèrement inférieure à la normale. Le système de filtration pourrait en être la cause. La figure 3 nous montre la variation du pH avec les différents échantillons. Le pH de l'eau de consommation n'a pas une incidence directe sur les consommateurs, mais il reste l'un des paramètres opérationnels les plus importants pour une eau de bonne qualité.

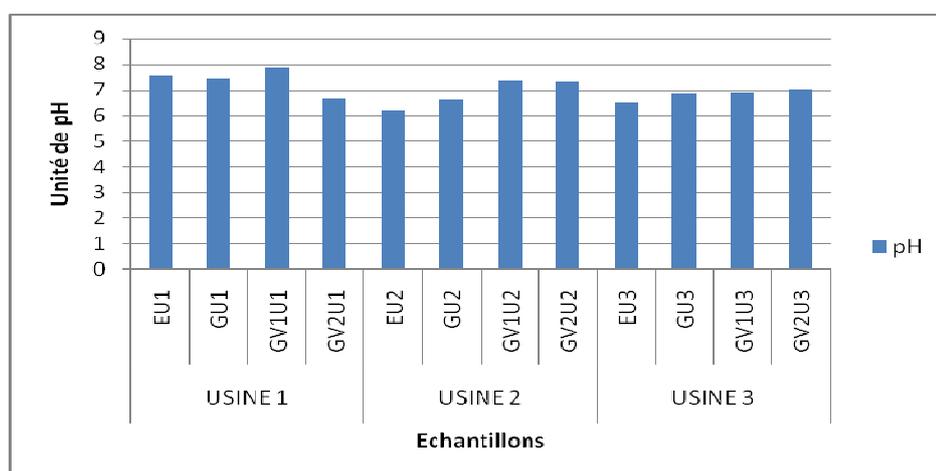


Figure 3: Variation du pH

4.2.2.4- La turbidité

Une bonne eau de boisson doit avoir une turbidité allant de 0 à 5 NTU. Tous les échantillons étudiés se retrouvent dans cet intervalle, par contre, on peut observer une stabilité pour l'usine 1 en ce qui concerne ce paramètre où 1NTU a été obtenu pour tous les échantillons. Pour l'usine 2, une légère fluctuation a été remarquée au niveau des résultats, par contre la glace du kiosque 1 de l'usine 3 affiche une valeur de 1,1 qui pourrait être due à une augmentation du taux de matière en suspension résultant d'un mauvais système de filtration.

4.2.2.5- Matières dissoutes

La teneur en matières dissoutes exprime la minéralisation, influe la saveur de l'eau. Selon les normes établies, cette valeur doit être comprise entre 100 et 600 mg/l. Tous les échantillons affichent une basse valeur pour ce paramètre, tous inférieurs à la normale, ce qui pourrait être dû à un taux de matière minérale en suspension assez faible. Par contre, l'eau de fabrication de l'usine 1 se trouve dans la fourchette admise, donc le taux de minéralisation pour cet échantillon est acceptable. Il faut signaler que la conductivité est en étroite relation avec les matières dissoutes, plus la conductivité est élevée plus les matières dissoutes le sont aussi.

4.2.2.6- L'alcalinité totale

Tous les échantillons affichent une valeur inférieure à la normale qui doit être comprise entre 100 et 600 mg/l de CaCO_3 , exception faite de l'eau de fabrication de l'usine 1 qui a donné une valeur de 206 mg/l de CaCO_3 .

4.2.2.7- La dureté totale

La valeur de la dureté doit être comprise, selon les normes établies, entre 100 et 300 mg/l. Tous les résultats obtenus pour les échantillons sont largement inférieurs à la normale sauf pour l'eau de fabrication de l'usine 1 qui est moyennement dure avec une valeur de 206 mg/l. Ceci pourrait bien s'expliquer par une mauvaise filtration de l'eau de fabrication ou encore par l'état du moule car la dureté a complètement chuté de l'eau de fabrication à la glace une fois fabriquée. Les basses valeurs obtenues pour les autres usines pourraient aussi résulter du système de filtration. La figure 3 nous montre la variation de la dureté avec les divers échantillons.

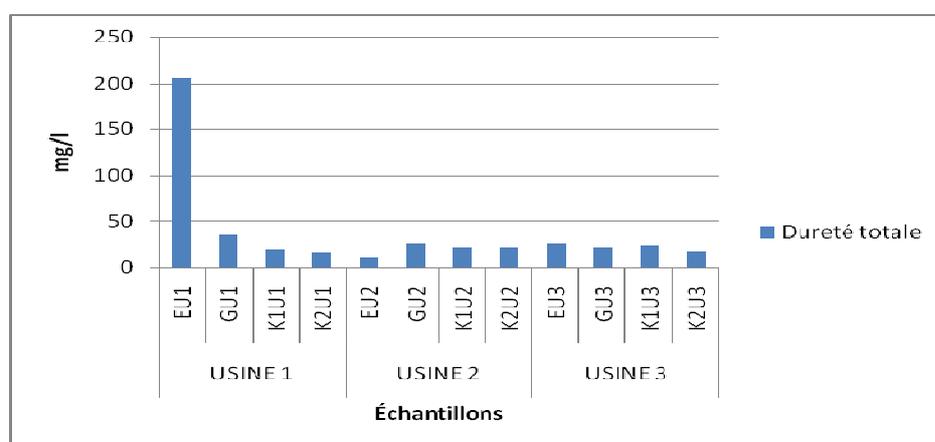


Figure 4 : Variation de la dureté totale

4.2.2.8- La dureté calcique

Tous les résultats obtenus pour la dureté calcique sont, comme ceux de la dureté magnésique, inférieurs aux valeurs normales à l'exception de l'eau de fabrication de l'usine 1. Cette situation pourrait être due à une carence en ion calcium dans les échantillons en question.

4.2.2.9- La dureté magnésique

Les valeurs admises pour ce paramètre se situent entre 30 et 150 mg/l, pour tous les échantillons analysés, on a recensé des valeurs inférieures à la normale. Ce qui traduit une carence en ion magnésium dans l'échantillon en question.

4.2.2.10- Le calcium

Une eau de boisson doit renfermer 100 mg/l de Ca selon les normes, tous les résultats obtenus se trouvent être conformes pour ce paramètre.

4.2.2.11- Le magnésium

Il en est de même pour la teneur en magnésium où tous les résultats des divers échantillons analysés se retrouvent dans la limite acceptable, soit de 0 à 100 mg/l.

4.2.2.12- Les chlorures

Les chlorures sont des éléments ayant beaucoup de valeurs en ce qui a trait à l'eau de boisson, une bonne eau doit accuser une teneur en chlorures variant de 0 à 200 mg/l. Les résultats obtenus pour tous les différents échantillons se trouvent dans les valeurs admises.

4.2.2.13- Les sulfates

On parle de teneur normale en sulfate pour l'eau de boisson quand celle-ci est comprise entre 0 et 200 mg/l de SO_4 , pour toutes les valeurs trouvées, la teneur en sulfates est dans la normale pour tous les échantillons où les résultats ont varié de 1 à 3 mg/l de SO_4 . Les valeurs qui sont trouvées supérieures aux autres pourraient s'expliquer par une accumulation de sels de sulfate dans les moules ou encore même dans la glace vendue en kiosque.

4.2.2.14- Le fer

Toutes les valeurs obtenues pour le fer se situent dans les normes pour une eau potable pour les trois usines. Toutefois, pour l'usine 3, l'eau de fabrication et la glace à l'usine dépassent les autres valeurs obtenues pour ce paramètre non seulement pour l'usine en question mais aussi pour les deux autres, ceci est peut être dû à la corrosion des canalisations métalliques, du moule de fabrication et du système de filtration. La figure 4 montre la variation du fer suivant les échantillons pour les trois usines.

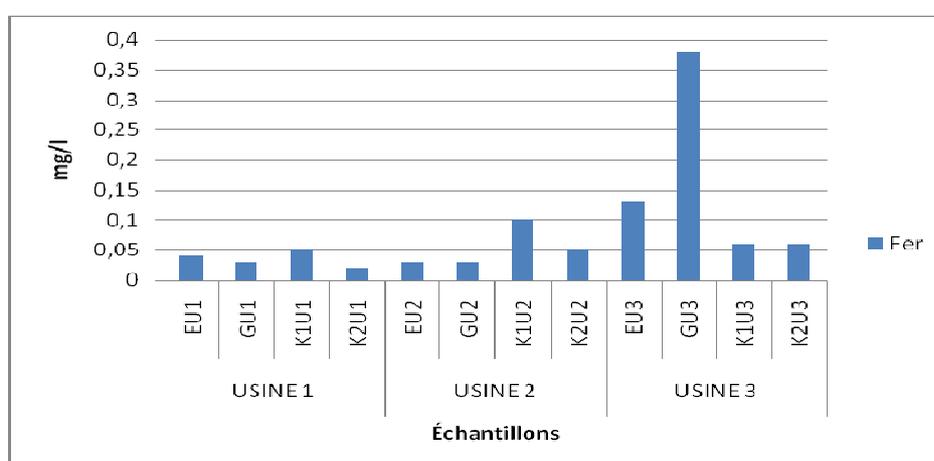


Figure 5 : Variation de la teneur en fer

4.2.2.15- Les Nitrates

Les concentrations en nitrates pour tous les échantillons se trouvent dans la fourchette de valeurs admises, soit inférieure à 10 mg/l. Pour les eaux des usines 1 et 3, on peut constater que ce paramètre a doublé, cela peut être dû à l'accumulation de matières dans le moule ou encore à l'environnement de l'usine.

4.2.2.16- Les nitrites

Il en est de même pour les nitrites où toutes les valeurs obtenues sont normales, par contre on peut remarquer une grande augmentation de valeurs pour la glace à l'usine 2 ainsi que pour le vendeur 2 de cette même usine. Cette situation peut être due à l'environnement de l'usine et l'accumulation de particules ou substances dans les moules. La figure 5 nous permet d'apprécier la variation simultanée des nitrates et des nitrites dans les échantillons analysés.

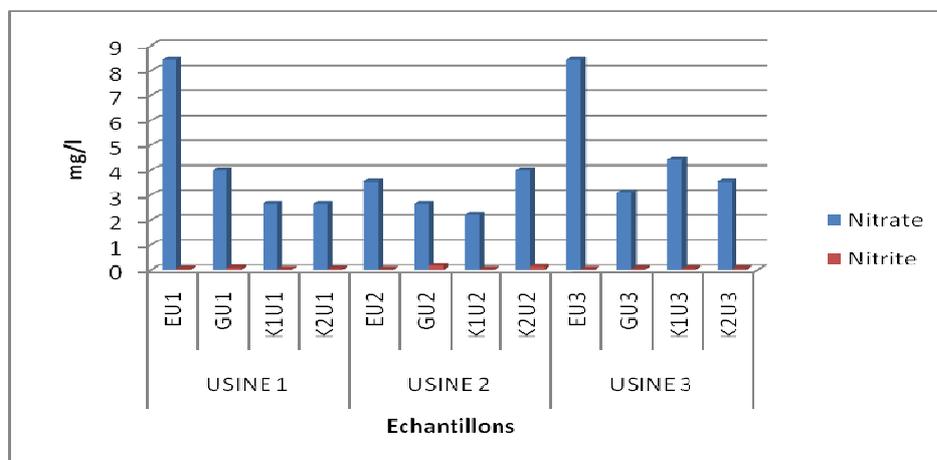


Figure 6: Variation simultanée des nitrates et des nitrites

Pour les résultats physico-chimiques obtenus, la majeure partie des échantillons (eau de fabrication et glace décongelée) se trouvent dans les normes même si certaines valeurs ont été trouvées beaucoup plus grandes que d'autres et des fois, à l'intérieur d'une même usine.

4.3- Résultats microbiologiques des échantillons d'eau analysés

4.3.1- Présentation des résultats microbiologiques

Les résultats des paramètres microbiologiques qui ont été évalués pendant la série de prélèvements, sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9: Résultats microbiologiques des différents échantillons analysés

Échantillons	Germes totaux UFC/100ml	Bactéries Hétérotrophes UFC / 15 ml	Coliformes totaux UFC/100ml	Coliformes fécaux UFC/100ml	<i>E. coli</i> UFC/100ml	Salmonelles UFC/100ml	PathoScreen UFC/100ml	Streptocoques fécaux UFC/100ml	Pseudomonas UFC/100 ml	Levures et moisissures UFC/100ml
EU1	Amas	+	1	<1	<1	<1	-	-	+	+
GU1	Amas	+	Amas	Amas	18	Amas	+	+	+	+
K1U1	Amas	+	Amas	Amas	55	Amas	+	+	+	+
K2U1	Amas	+	Amas	Amas	56	Amas	+	+	+	+
EU2	2	-	<1	<1	<1	<1	-	-	-	+
GU2	Amas	+	Amas	Amas	8	Amas	+	+	+	+
K1U2	Amas	+	Amas	Amas	30	Amas	+	+	+	+
K2U2	Amas	+	Amas	Amas	72	Amas	+	+	+	+
EU3	128	+	6 +AB	<1	<1	<1	-	-	+	+
GU3	Amas	+	Amas	Amas	Amas	Amas	+	+	+	+
K1U3	Amas	+	Amas	Amas	Amas	Amas	+	+	+	+
K2U3	Amas	+	Amas	Amas	Amas	Amas	+	+	+	+

Légendes : AB= Autres Bactéries Amas= Innombrables (> 300 UFC)

UFC= Unité Formant des Colonies

4.3.2- Discussion des paramètres microbiologiques

4.3.2.1- Les germes totaux

En ce qui a trait aux germes totaux, ils ont été dénombrés dans tous les échantillons mais à des degrés différents. Ainsi, on a obtenu un amas pour tous les échantillons de l'Usine 1, 2 pour l'eau de fabrication de l'Usine 2, 126 pour l'eau de fabrication de l'Usine 3, ce qui pourrait sûrement résulter du mauvais état des moules car la contamination dans ce cas est exogène. Pour les autres échantillons, c'est-à-dire pour la glace décongelée à l'usine ou en kiosque, ils affichent un amas de germes. La figure 6 nous permet d'apprécier la variation des germes totaux selon les différents échantillons des trois usines.

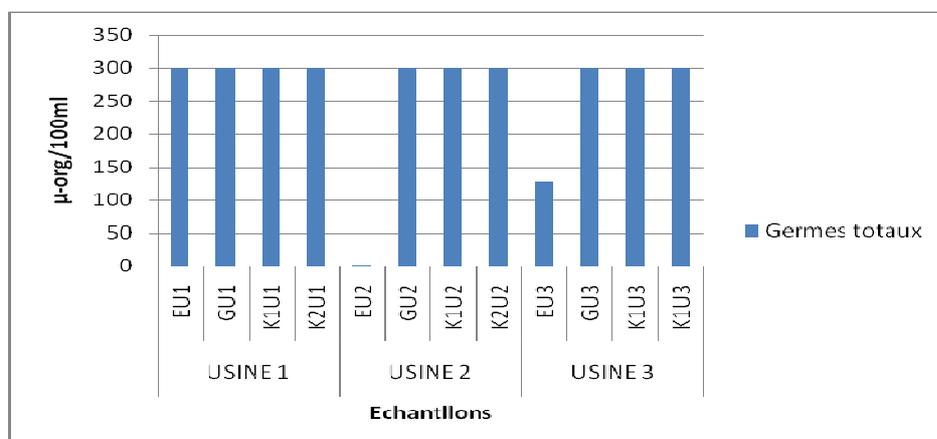


Figure 7: Variation des germes totaux

4.3.2.2- Les bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies (BHAA)

Pour tous les échantillons considérés, ils renferment tous des bactéries hétérotrophes mis à part l'eau de fabrication de l'usine 2. Ceci peut être dû à l'inefficacité du traitement de l'eau et du système de filtration.

4.3.2.3- Les coliformes totaux

Une eau est considérée potable si elle ne contient aucun coliforme sur plusieurs prélèvements successifs des échantillons de 100 ml (OMS/OPS, 2003). Selon les résultats des analyses, les coliformes totaux ont été dénombrés dans tous les échantillons prélevés mais à des degrés différents. On peut constater que, pour les trois usines enquêtées, l'eau de fabrication contient beaucoup moins de coliformes que la glace une fois fabriquée. Ceci peut être provoqué par une contamination due à l'état des moules et du non respect des bonnes pratiques d'hygiène.

4.3.2.4- Les coliformes fécaux

Comme pour les coliformes totaux, les coliformes fécaux ont été dénombrés dans tous les échantillons analysés mais toujours à des degrés différents suivant l'échantillon en question. Ainsi, on peut constater que les échantillons d'eau de fabrication de glace ne renferment pas de coliformes fécaux alors que les échantillons de glace présentent des amas. La présence de ces derniers pourrait se traduire non seulement par une contamination microbienne d'origine fécale mais aussi par l'insalubrité des moules de fabrication, des biofilms, des camions de transport et

l'environnement insalubre dans lequel la glace circule que ce soit à l'intérieur de l'usine mais aussi à l'extérieur plus particulièrement dans les kiosques de vente. La figure 8 nous permet de d'apprécier les variations simultanées de ces deux paramètres précités suivant les différents échantillons analysés.

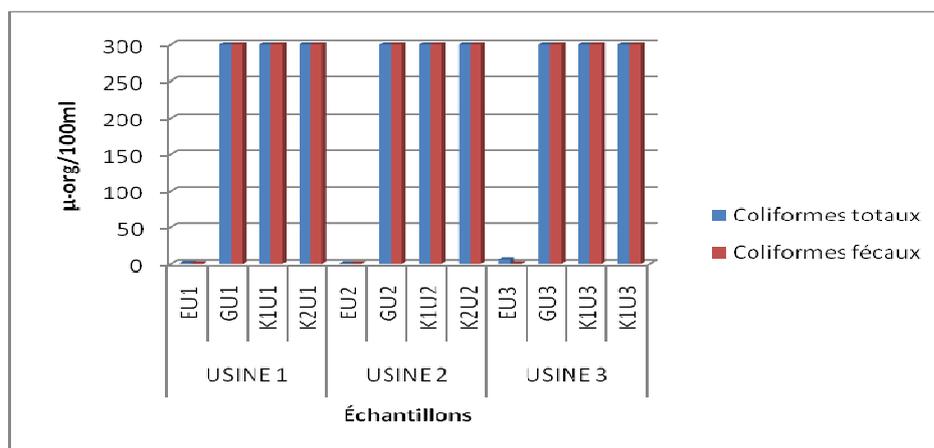


Figure 8 : Variation simultanée des coliformes totaux et fécaux

4.3.2.5- *Escherichia coli*

Pour chaque usine enquêtée, une augmentation graduelle de la contamination par les *E. coli* a été constatée. Toutes les eaux de fabrication sont exemptes d'*E. coli* alors, on peut clairement remarquer que pour ce paramètre, la contamination provient de l'extérieur. Cela pourrait être du à l'insalubrité des moules à glace, des véhicules de transport, des kiosques de vente ou, d'une manière générale, le non respect des bonnes pratiques d'hygiène . La figure 8 nous montre la variation simultanée des salmonelles et des *E. coli* suivant les échantillons analysés.

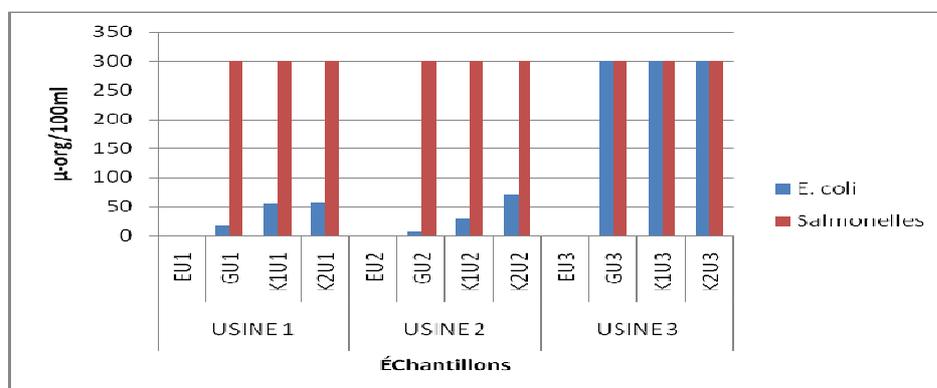


Figure 9 : Variation de la contamination par les *E. coli* et les salmonelles

4.3.2.6- Les salmonelles

L'eau de boisson, du point de vue bactériologique, ne doit contenir aucune salmonelle dans 100 ml. Selon les résultats obtenus, on remarque la contamination de tous les échantillons par ces dernières. Cependant, l'eau de fabrication est beaucoup moins contaminée que la glace qui en est issue. Ce qui signifie que la contamination au niveau des glaces fabriquées est inquiétante car les salmonelles sont responsables de la typhoïde et sont la première cause de mortalité d'origine hydrique. Ceci, encore pourrait s'expliquer par l'état de salubrité des moules de fabrication de la glace et des bonnes pratiques d'hygiène qui n'ont pas été respectées.

4.3.2.7- Les streptocoques fécaux

Tous les échantillons d'eau provenant de la glace décongelée renferment des streptocoques fécaux par contre, aucun échantillon d'eau de fabrication ne renferme de streptocoques, ce qui pourrait s'expliquer par l'insalubrité des ouvriers, des moules, des véhicules de transport et des mauvais traitements infligés aux blocs de glace tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des usines.

4.3.2.8- Les pseudomonas

Sauf pour l'eau de fabrication de l'usine 2, tous les autres échantillons font état de présence de pseudomonas. Cela pourrait être dû non seulement à l'insalubrité des matériels de production de la glace mais aussi à un traitement insuffisant de l'eau de fabrication des usines en question.

4.3.2.9- Les levures et moisissures

Sans exception aucune, tous les échantillons renferment des levures et moisissures, ceci peut être dû à un traitement inefficace de l'eau entrant dans la fabrication de la glace.

4.3.2.10- Détection sulfurée (Test de PathoScreen)

Tous les échantillons d'eau provenant de la glace décongelée font état de présence de micro-organismes produisant du sulfure d'hydrogène (Annexe J), dans ce cas le test PathoScreen est positif car on obtient un liquide noirâtre, ce qui n'est pas le cas pour les échantillons d'eau de fabrication où le test est négatif pour tous les échantillons considérés, un liquide jaunâtre est obtenu pour ces échantillons. Le test PathoScreen permet de confirmer la présence de micro-organismes pathogènes comme *E. coli*, salmonelles, etc.

Pour les résultats microbiologiques obtenus, on assiste dans la majeure partie des cas à une contamination exogène des échantillons analysés, ce qui signifie que la plupart des échantillons sont contaminés une fois que l'eau entre dans le moule avant d'être transformée en glace.

V- CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

5.1- Conclusion

La production de glace en bloc constitue au sein de la population port-au-princienne une source de revenu non négligeable pour toutes les catégories socioprofessionnelles. Il est important pour bien situer l'état sanitaire de ce réseau de production, de présenter l'essentiel des résultats obtenus au cours de l'enquête en fonction des objectifs fixés depuis le tout début. Ainsi, il convient de signaler que le réseau de production de glace en bloc dans la zone métropolitaine de Port-au-Prince semble être en bon état si l'on considère les paramètres physico-chimiques des échantillons analysés. En effet, aucun des résultats ne montrent que l'eau de fabrication de la glace ou celle obtenue par décongélation de cette dernière dépasse les limites de normes fixées à ce sujet. Donc, on peut dire que la glace est consommable en référence aux tests physico-chimiques. Par contre, pour les paramètres microbiologiques, les résultats obtenus sont loin d'être convaincants pour une eau destinée à la consommation humaine.

Toutefois, l'enquête sanitaire effectuée dans les usines et les lieux de vente a révélé le non-respect des bonnes pratiques d'hygiène. Ceci a pour conséquence la dégradation de la qualité hygiénique de ces glaces en bloc, traduite par la présence de coliformes totaux, de coliformes fécaux, de salmonelles et les micro-organismes produisant des sulfures d'hydrogène (H₂S) détecté par le test PathoScreen. La pollution bactériologique est clairement mise à l'évidence dans tous les échantillons prélevés, particulièrement ceux provenant de la glace décongelée.

Les risques pour la santé publique sont bel et bien réels. Compte tenu du mode de fonctionnement de ce réseau, il importe de croire que les facteurs de pollution découlent des problèmes majeurs et tiennent essentiellement au manque de salubrité. Tout compte fait, la pollution bactériologique du réseau est inquiétante car elle semble signifier une insalubrité totale depuis l'usine jusqu'au petit morceau de glace retrouvé dans le verre du consommateur.

En conséquence, ces résultats privilégient une contamination bactérienne essentiellement exogène, concordant avec notre première hypothèse selon laquelle les eaux entrant dans la fabrication de la glace ne sont pas conformes aux normes. Aussi, ils peuvent confirmer sans réserve notre seconde hypothèse selon laquelle la qualité des glaces en bloc vendues par les usines n'est pas fiable

5.2- Recommandations

Aussi, dans le souci de garantir la santé du consommateur, préconisons-nous :

- **Pour les organismes s'occupant de la protection des consommateurs :**
 - L'instauration, dans la région métropolitaine de Port-au-Prince, par les services d'hygiène municipaux, d'une réglementation sur les conditions de production, de distribution, de stockage et de vente des glaces alimentaires. Ces services devraient assurer des inspections sanitaires sur les sites de fabrication et de vente.
 - L'éducation sanitaire des producteurs et des revendeurs.
 - L'encadrement et la formation des agents des services d'hygiène municipaux par le MSPP.
- **Pour les usines de fabrication de glace en blocs :**
 - Système adéquat de filtration pour l'eau de fabrication de la glace.
 - La réalisation le plus fréquemment que possible du nettoyage des moules de fabrication de la glace. En effet, l'eau provenant de la décongélation de la glace est toujours plus polluée que celle entrant dans sa fabrication, l'insalubrité des moules pourrait être à la base de cette pollution.
 - La réalisation systématique d'analyses afin de pouvoir certifier de la qualité de la glace consommée par les gens.
 - L'extension de l'étude de la salubrité de la glace en bloc à l'échelle nationale car c'est un produit qui est très utilisé dans le pays
 - La réalisation de contrôles de qualité aussi souvent que possible dans les usines pour s'assurer de la propreté des glaces qu'elles mettent sur le marché
 - La formation du personnel des usines car des mauvaises pratiques provenant d'eux peuvent contribuer à contaminer la glace

VI- RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Agbessi K, Cess F, Claon S et Couadio L, 2001. Hygiène glace alimentaire, Abidjan, Côte d'Ivoire, 65p. Document disponible sur internet à la date du 9/11/2008 sur le site www.glaceenbloc.com.
- 2- Bénêche, J-A, 2006. Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des aquifères dans les zones urbaines à constructions anarchiques (étude de cas : La savane, bidonville des cayes) 63p.
- 3- Bitton G, 1999. Wastewater Microbiology, 578p.
- 4- Blaise C, Blaise J, 2007. Qualité dans les Industries Agro-alimentaires. Législation et réglementation. Cours magistral, FAMV, UEH, Damien.
- 5- CAMEP, 1998. Rapport sur l'approvisionnement en eau et assainissement en eau des collectivités. Évaluation rapide du développement actuel et future du secteur, 75p.
- 6- Clausen E.M, Green B.L and Litsky W, 1977. Fecal streptococci: indicator of pollution, 578p.
- 7- DGPSA, 1988. Règlements sur l'utilisation de la glace, Winnipeg, Canada, 97p.
- 8- Edberg SC, Rice EW, Karlin RJ et Allen MJ, 2000. Escherichia coli. The test biological drinking water indicator for public health protection. Journal of applied microbiology, 234p. Document disponible sur internet à la date du 2/11/2008 sur le site http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/index_f.html
- 9- FNDAE, 1992. L'eau potable en zone rurale : Adaptation et modernisation des filières de traitement, 79p.
- 10- Geldreich E.E., 1997. The necessity of controlling bacterial populations in potable waters, 64p. Document disponible sur internet à la date du 10/11/2008 sur le site http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/index_f.html
- 11- Gleeson C and Gray N, 1977. The coliform index and waterborne disease, 194p. Document disponible sur internet à la date du 27/11/2008 sur le site http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/index_f.html
- 12- Haslay C et Leclerc H, 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation, 495p.
- 13- IHSI, 2003. Recensement général de l'habitat et de la population, 70p. Document disponible sur CD ROM
- 14- IHSI, 1998. Inventaire des ressources et des potentialités des communes d'Haiti, 232p.

- 15- Jeune, W. 2001. Contribution à l'amélioration de la déserte en eau d'un système d'irrigation. Étude de cas : Périmètre irrigué de Barrette, Mémoire FAMV 2001, Haïti, 65p.
- 16- Lambert, M.C. 1998. Cours pratique sur la désinfection et le contrôle de qualité de l'eau potable Consultation MSPP-OMS/OPS, 73p.
- 17- Ministère de la pêche maritime, Royaume du Maroc, 2003. Bonnes pratiques d'hygiène, Production de la glace, vol 2, 50p.
- 18- Moustardier G, 1966. Virologie médicale. Paris, 3^{ème} édition, 413 p.
- 19- MSPP, 2007. Les maladies que peuvent causer une eau impure, 92p.
- 20- OMS/OPS, 2003. Situation du réseau EPA au 31 décembre 2002, 135p.
- 21- OMS, 2000. Directives de qualité pour l'eau de boisson, 2^{ème} édition, volume 2. Critère d'hygiène et documentation à l'appui, OMS, Genève, 1050p.
- 22- OMS, 1994. *Directives de qualité pour l'eau de boisson*. Recommandations, 1^{ère} édition, volume 1, Genève, 101p.
- 23- Pierre Louis, J-R, 2007. Étude des caractéristiques physico-chimiques et de la qualité microbiologique de l'eau du réseau d'adduction de St-Marc et propositions d'amélioration, 58p.
- 24- Reasoner H., 1999. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water, 89p. Document disponible sur internet à la date du 3/12/2008 sur le site http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/index_f.html
- 25- SARTORIUS, 2008. Contrôle microbiologique des denrées alimentaires, des boissons et des produits pharmaceutiques, 19p. Document disponible sur internet à la date du 25/12/2008 sur le site Web [http:// www.sartorius.com](http://www.sartorius.com)
- 26- UE/OMS, (2007). Normes de l'eau applicable destinée a la consommation humaine, 19p. Document disponible sur internet à la date du 04/05/2009 sur le site web siae.free.fr/qualité_de_leau/normes_de_leau/arrete_11-01-2007_qualite_eau

WEBOLOGIE

<http://www.epa.gov/nerlc>

<http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc-pubs/sommaire.pdf>

<http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment>

<http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/index.htm>

http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/summary-tables

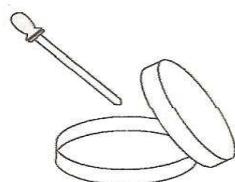
Étude de la salubrité de la glace alimentaire en bloc dans la région métropolitaine de Port-au-Prince, Haïti

ANNEXES

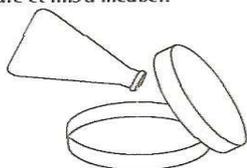
Méthodes de dénombrement des germes

Méthode directe

L'échantillon à analyser est mis dans une boîte de Pétri avec une pipette...



...puis il est mélangé avec le milieu de culture et mis à incuber.

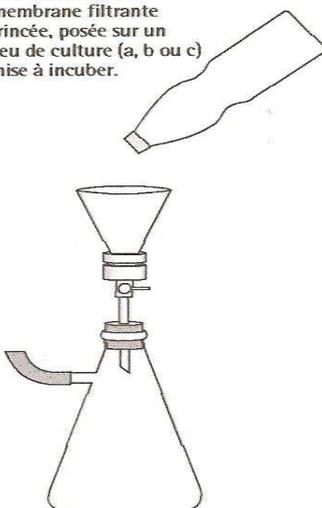


Méthode avec membrane filtrante

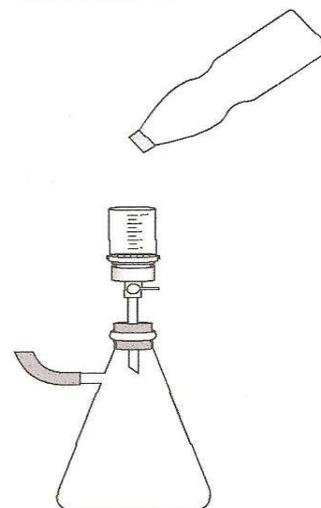
L'échantillon à analyser est filtré à travers une membrane filtrante.

Méthode avec membrane filtrante standard

La membrane filtrante est rincée, posée sur un milieu de culture (a, b ou c) et mise à incuber.



Méthode avec membrane filtrante avec Biosart 100



Après la filtration, ajouter le milieu de culture par le haut et faire brièvement le vide (< 1 sec.). Fermer le fond du Biosart 100 avec le bouchon livré avec l'unité. Enlever l'entonnoir et assembler le couvercle et le fond pour former une boîte de Pétri.



- a) Sur un milieu de culture sur carton (NKS) humidifié avec de l'eau stérile. b) Sur un disque de carton imbibé avec un milieu de culture liquide. c) Sur un milieu de culture avec agar.

Source : SARTORIUS, 2008.

Annexe A

Méthode de dénombrement des germes (Membrane filtrante)

ANNEXE B : FICHES D'ENQUETE

Fiche A

Diagnostic de l'institution

Formulaire d'enquête pour les usines en question

Enquêteur :..... Dâte :.....

Usine enquêtée :..... Localisation :.....

1- Dâte d'implantation de l'usine?

2- Age des installations?

3- A-t-on déjà procédé à la réhabilitation de l'usine?

Si oui, combien de fois et quand?

4- Mode de fonctionnement

4.1- Nombre d'heures de fonctionnement?

4.2- Quantité de bloc de glace fabriquée?

4.3- Principaux points de livraison?

4.4- Nombre d'employés impliqués dans le fonctionnement de l'usine?

4.5- Provenance de l'eau de fabrication de la glace?

4.6- L'eau, subit elle des traitements avant d'être transformée en glace?

Si oui, lesquels? Sinon, pourquoi?

4.7- Êtes vous satisfaits des environnements intérieur et extérieur de l'usine (Salubrité)?

4.8- Appliquez vous les règles des bonnes pratiques d'hygiène?

5- Quelle est la fréquence de nettoyage des cuves à glace?

6- Quel est le matériau utilisé pour la fabrication du moule à glace?

7- A quelle époque de l'année la glace est plus rentable?

Pourquoi?

8- La demande en glace connaît-elle une hausse actuellement comparée à autrefois?

Oui ou non? Dans les deux, qu'est ce qui explique cette tendance?

9 Êtes-vous satisfaits de la qualité de glace que vous fournissez à la population?

Oui ou non?

Sinon, qu'est ce qui est à l'origine de la faiblesse de votre institution?

10- De quel matériel est composé vos moules à glace?

Fiche B

Formulaire d'enquête pour les vendeurs en kiosque

1- Quelle est l'usine qui vous fournit de la glace?

2- Vous ne changez jamais d'usine d'alimentation?

Si oui, pourquoi ? Si non, pourquoi ?

3- Quelle est la fréquence de nettoyage de votre lieu de vente, particulièrement votre glacière ou freezer, pique à glace, pince etc.?

4- Quantité moyenne de glace en bloc achetée par jour ?

5- Mode de conservation de la glace ?

6- La glace, est-elle nettoyée avant d'être stockée ?

Si oui, pourquoi ? Si non, pourquoi ?

7- Intervalle d'épuisement de stock ?\



Annexe C

Vue partielle de la salle de production de glace en bloc de l'usine 1



Annexe D

Systèmes de filtration et d'ozonisation de l'usine 2 pour le traitement de l'eau destinée à la fabrication de la glace en bloc

Étude de la salubrité de la glace alimentaire en bloc dans la région métropolitaine de Port-au-Prince, Haiti



Annexe E

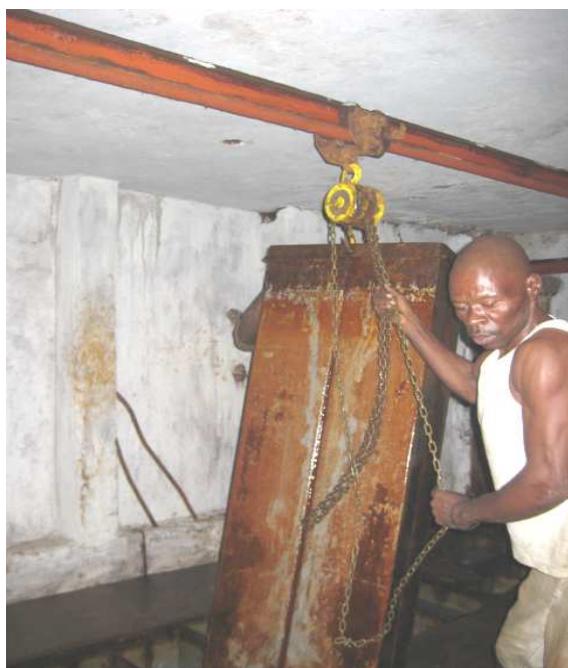
Salle de production de glace en bloc de l'usine 3



Annexe F

Kiosque de vente de glace en bloc placé au bord de la rue entre un dépanneur de pneus et un bac à friture.

Étude de la salubrité de la glace alimentaire en bloc dans la région métropolitaine de Port-au-Prince, Haiti



Annexe G

Ouvrier faisant sortir un bloc de glace de la salle de fabrication avant que de l'eau soit versée sur le moule pour y faire sortir la glace qu'elle contient.



Annexe H

Ouvriers faisant sortir un bloc de glace du plancher de la salle de fabrication à l'aide d'une poulie



Annexe I

Une fois sortie du moule, la glace en bloc est trainée sur le sol insalubre avant d'arriver à son point de vente



Annexe J

Détection PathoScreen pour quatre échantillons d'eau

Test PathoScreen négatif (liquide jaunâtre); Test PathoScreen positif (liquide noirâtre)

Étude de la salubrité de la glace alimentaire en bloc dans la région métropolitaine de Port-au-Prince, Haiti