



**EFFET DE QUELQUES FACTEURS ABIOTIQUES SUR L'OCCURRENCE DES
GERMES PATHOGENES DANS LES EAUX DE SURFACE A MAROUA
(EXTREME NORD CAMEROUN)**

Tonmeu Douyong Chimène Sandrine

Département de santé publique, Faculté de la santé et des sciences de la vie, Distant
Production House University (DPHU), Rwanda. Email: t_sandrine2000@yahoo.fr Tél:
(00237) 674 377 275/697 104 971.

Nguepidjo Gilbert

Ecole Publique des Sciences de Laboratoire Médical Yaoundé, Ministère de la Santé
Publique, Yaoundé, Cameroun Département de santé publique, Faculté de la santé et des
sciences de la vie, Distant Production House University (DPHU), Rwanda. Courriel:
nguepidjogilbert@gmail.com Tél: (00237) 699635692/670 881 735.

Kapso Tchouankep Mireille

Laboratoire de Biologie Humaine et Santé, Département de Biologie Animale, Faculté des
Sciences, Université de Douala, Cameroun. Email: mireillekapso@yahoo.fr Tél: (00237)
696711733/672 779 664.

Tatsilong Olivier

Département de santé publique, Faculté de la santé et des sciences de la vie, Distant
Production House University (DPHU), Rwanda. Email: tatsilongph@yahoo.fr Tél: (00237)
660125171/696357329.

Nguwoh Phillipe Salomon

Département de santé publique, Laboratoire National de Santé publique, Faculté de la santé
et des sciences de la vie, Distant Production House University (DPHU), Rwanda. Email:
philippeesalomonnguwoh@gmail.com Tél: (00237) 699167090

Pr Nzeyimana Isaïe

Distant Production House University (DPHU) E.mail : nzeyimanai@yahoo.fr

Pr Jean Baptiste Nizeyimana

Distant Production House University (DPHU) E. mail : njebanize@gmail.com Mobil
phone : 00 226 54 68 96 24

Pr Ewodo Mboudou Guillaume

Département Hydraulique et de Maîtrise des Eaux (HYMAE) Ecole Nationale Supérieure,
Polytechnique de Maroua (ENSPM), Université de Maroua. B.P 046 Maroua, Email :
guillaume_ewodo@yahoo.fr Mobil phone (237) 74 18 33 71/(237) 656953169

Reçu: Novembre 21, 2021; **Accepté:** Décembre 27, 2021; **Publié:** Décembre 29, 2021

<https://doi.org/10.53236/05>

RESUME

La contamination microbienne demeure le danger
le plus commun qui menace la qualité de l'eau.

Les microorganismes qui émergent comme source
d'infection d'origine hydrique, sont de pathogènes
humains. Le niveau de contamination du milieu
hydrique et la recrudescence des maladies

hydriques seraient également liés aux facteurs environnementaux. C'est dans cette optique que le présent travail étudie les effets de quelques facteurs environnementaux sur l'occurrence de quelques germes isolés des eaux de surface à Maroua. Les eaux ont été prélevées dans les cours d'eaux temporaires (Mayo): Kaliao, Palar et Lougweyo. Au laboratoire, les germes isolés étaient les bactéries, les levures et les champignons microscopiques. Les variables abiotiques mesurées étaient le pH, la température, les teneurs en fluor et en chlore. Les variations de ces paramètres ont été induites en microcosme et les cultures ont été refaites pour tester les variabilités des germes isolés au préalable et l'abondance totale. Sur les 20 microorganismes (16 bactéries, 2 levures et 2 champignons) isolés, 8 (*Acinetobacter spp*, *Klebsiella spp*, *Enterobacter spp*, *Helicobacter spp*, *Legionella spp*, *Pseudomonas spp*, *Staphylococcus spp*, *Streptococcus spp*) ont donné des cultures positives pour les conditions optimales des facteurs abiotiques simulés : température à 50 °C, pH entre 3,5 et 14 UC ; teneur en chlore à la concentration de 2 mg/L). Ces souches isolées de l'eau sont peu sensibles aux variations abiotiques. Les déterminants abiotiques comme, la température, la conductivité électrique de l'eau, la salinité, la nature et composition chimique du sol, sont des éléments à considérer dans le processus de désinfection de l'eau. La maîtrise de ces facteurs rendrait les stratégies de contrôle des épidémies de maladies hydriques plus efficaces.

Mots clés : Facteurs abiotiques – Microcosme – Microorganismes – Eaux de surface – Maroua

ABSTRACT

Microbial contamination remains the most common hazard that threatens water quality. Microorganisms that emerge as a source of waterborne infection are human pathogens. The level of contamination of the water environment and the resurgence of water-borne diseases are also linked to environmental factors. It is in this perspective that the present work studies the effects of some environmental factors on the

occurrence of some germs isolated from surface water in Maroua. The water was taken from the temporary rivers (Mayo): Kaliao, Palar and Lougweyo. In the laboratory, the germs isolated were bacteria, yeasts and microscopic fungi. The abiotic variables measured were pH, temperature, fluorine and chlorine levels. The variations of these parameters were induced in the microcosm and the cultures were remade to test the variability of the germs isolated beforehand and the total abundance. Of the 20 microorganisms (16 bacteria, 2 yeasts and 2 fungi) isolated, 8 (*Acinetobacter spp*, *Klebsiella spp*, *Enterobacter spp*, *Helicobacter spp*, *Legionella spp*, *Pseudomonas spp*, *Staphylococcus spp*, *Streptococcus spp*) gave positive cultures for the optimal conditions of the simulated abiotic factors (temperature at 50 °C, pH between 3.5 and 14 UC; chlorine content at the concentration of 2 mg / L). These strains isolated from water are not very sensitive to abiotic variations. Abiotic determinants such as temperature, electrical conductivity of water, salinity, nature and chemical composition of the soil, are elements to consider in the water disinfection process. Controlling these factors would make water-borne disease epidemic control strategies more effective.

Key words: Abiotic factors - Microcosm - Microorganisms - Surface water - Maroua

1. Introduction

L'eau est une ressource indispensable à la vie des êtres vivants. L'information exacte de la qualité de l'eau doit être connue par tous ses consommateurs ainsi que la fréquence des analyses de l'eau de consommation (OMS, 2004). Pour assouvir leurs besoins en eau, les hommes ont recours aux eaux naturelles, eaux de surface et eaux souterraines. La qualité de ces eaux n'est pas toujours appréciable lorsqu'on se réfère à la multitude des travaux effectués sur l'eau depuis des décennies. Donc, il devient nécessaire de protéger l'eau adéquatement afin de minimiser les risques de contamination qui la menacent (Foussard & Etcheber, 2011).

La pollution par les microorganismes et produits chimiques caractérise les eaux de surface, argument pour laquelle ces eaux sont analysées fréquemment dans le but de les traiter en conséquence (Myrand, 2008). Les eaux de surface étant directement utilisées sans traitement dans les zones sahéliennes, à cause de la précarité de la population et de la rareté d'approvisionnement en eau, les mesures de traitement même minimales qu'elles soient, doivent être enseignées aux consommateurs pour réduire au maximum les risques liés à la consommation des eaux de mauvaise qualité. Ces eaux sont souvent utilisées dans les zones sahéliennes à forte densité de population ou très industrialisées (Ghizellaoui & Ghizellaoui, 2010). De plus, les entreprises en charge du traitement à grande échelle des eaux, pour optimiser la production et réduire les coûts de traitement, doivent maîtriser les facteurs abiotiques susceptibles d'influencer la qualité de ce traitement. C'est dans cette optique que ce travail axé sur les tests en microcosme a été initié. L'objectif à atteindre dans ce travail était d'évaluer les effets de quelques facteurs abiotiques caractéristiques de la région de l'Extrême – Nord, sur l'occurrence des germes isolés des eaux de surface dans la ville de Maroua. Pour atteindre ces objectifs, il a fallu : 1) Isoler les microorganismes de quelques cours d'eau de la ville de Maroua et 2) Effectuer des essais en microcosme des variations des paramètres abiotiques (température, pH, teneur en chlore et teneur en fluor) pour les échantillons d'eau prélevés, en dénombrant les germes présents à chaque variation. La viabilité et le taux de réduction des microorganismes sont déterminés par culture sur milieu approprié et dénombrement à chaque variation.

2. Matériels et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'échantillonnage

La ville de Maroua a un climat de steppe, les précipitations sont faibles quel que soit la période de l'année. Sur l'année, la température moyenne est de 28,3°C (Angelier, 2000). Le climat qui y règne est de type soudano-sahélien (Sigha et al., 1998), caractérisé par une longue

saison sèche qui dure sept mois environ : de Novembre à Mai et une courte saison des pluies d'environ cinq mois, de juin à Octobre. La pluviométrie varie entre 400 et 1000 mm d'eau par an (Shigomnou, 2004). Dans la ville de Maroua, les précipitations moyennes annuelles sont de 833,32 mm d'eau, avec plus de 57% par an de pluies concentrées aux mois de Juillet et Août. Les températures moyennes de 2006 à 2008 varient entre 20°C et 36°C pendant la saison des pluies, et entre 42°C à 48°C pendant la saison sèche (PNDP, 2011).

2.2. Méthode

Il s'agit d'une étude descriptive et transversale, à visée analytique. L'échantillonnage non probabiliste du type choix raisonné a été utilisé et reposait sur la conviction des connaissances sur la population, qui étaient utilisées pour sélectionner les points d'eau de consommation constituant l'échantillon. Dans cette étude, ont été utilisées deux types de données: Les données secondaires en utilisant les archives tels que les documents, les vidéos, les photos ; et les données primaires en utilisant un questionnaire. L'étude s'est déroulée en deux phases : 1) une phase de terrain, consacrée à la collecte des eaux de Mayo (Kaliao, Palar et Lougueyo), où, les prélèvements ont été faits de façon bimensuelle pendant les deux saisons (APHA, 1998). Au laboratoire les analyses microbiologiques des eaux ont été effectuées, pour l'identification des germes présents. 2) La seconde phase a consisté à simuler des variations des facteurs abiotiques en microcosme sur les échantillons d'eau dont les abondances en germes étaient connues. Ces facteurs abiotiques ainsi étudiés en microcosme étaient : la température, le pH, la salinité, les teneurs en chlore et en fluor (APHA, 2005).

La température d'étude a oscillé entre 20°C et 50°C, les échantillons étaient incubés à différentes températures pendant 24 h, avant de procéder à nouveau à l'identification et au dénombrement des germes.

Le pH a varié par ajout des solutions tampon non toxiques, le pH a ainsi varié entre 3,5 à 14 UC. Après homogénéisation de l'échantillon le pH était mesuré et laissé au repos pendant 30 minutes. Ce test était répété pour quatre gammes de pH, à savoir 3,5 ; 7 ; 9 ; et 14.

Le test au chlore et au fluor était réalisé par ajout respectifs de chlore et de fluor dans les échantillons d'eau étudiés. Les concentrations obtenues étaient respectivement 2, 10 et 15 mg/L de chlore ou de fluor.

Les variations de salinité étaient obtenues par ajout de chlorure de sodium et mesure de la salinité. Le chlorure de sodium était ajouté progressivement, homogénéisé par agitation à l'aide d'un agitateur magnétique et du barreau aimanté. La salinité était mesurée à l'aide d'un multimètre électronique de marque HANNA modèle HI 98129. Les gammes de salinité utilisées étaient : 10, 15 et 20%. Le mélange était laissé au repos pendant 1 à 4 h avant de procéder à la recherche des germes sur milieu solide.

Dans la démarche descriptive, les résultats étaient présentés soit sous forme de graphique, soit dans des tableaux de distribution de moyennes. Les résultats présentaient les catégories de variables et les données numériques correspondantes. Dans la démarche inférentielle, l'utilisation de préférence des indicateurs tels que les indicateurs de position comme la moyenne et les indicateurs de

dispersion comme la variance et l'écart-type qui étaient utilisés pour décrire les observations d'échantillon et les propriétés caractéristiques de leurs distributions. Les tests statistiques H de Kruskal Wallis et U de Mann Withney ont été utilisés pour déterminer les seuils de signification des variations des paramètres physico-chimiques ou d'inhibition de croissance des germes.

3. Résultats

3.1. Effet de la température sur les germes

Les températures optimales de croissance des microorganismes bactériens (figure 1) sont relevées à 30°C (≥ 100 UFC/mL). *Aeromonas spp* présente une bonne adaptation aux variations de température (126 – 274 UFC/mL). *Acinetobacter spp* affectionne les températures moins élevées (de 110 UFC/mL pour 30°C à 10 UFC/mL pour 40°C). Les variations de température ont un effet inhibiteur sur les genres salmonelle, schigelle et Klebsiella. Les germes isolés sont très peu sensibles aux fortes températures. Pour des températures de 50°C, la croissance de la plupart des germes est restée normale. Les espèces isolées auraient plutôt des difficultés à croître à la température de 20°C, température ambiante normale en climat tropical, excepté le genre *Aeromonas*. Toutefois, aucune différence significative entre les variations de température pour les espèces isolées ($p \geq 0.05$).

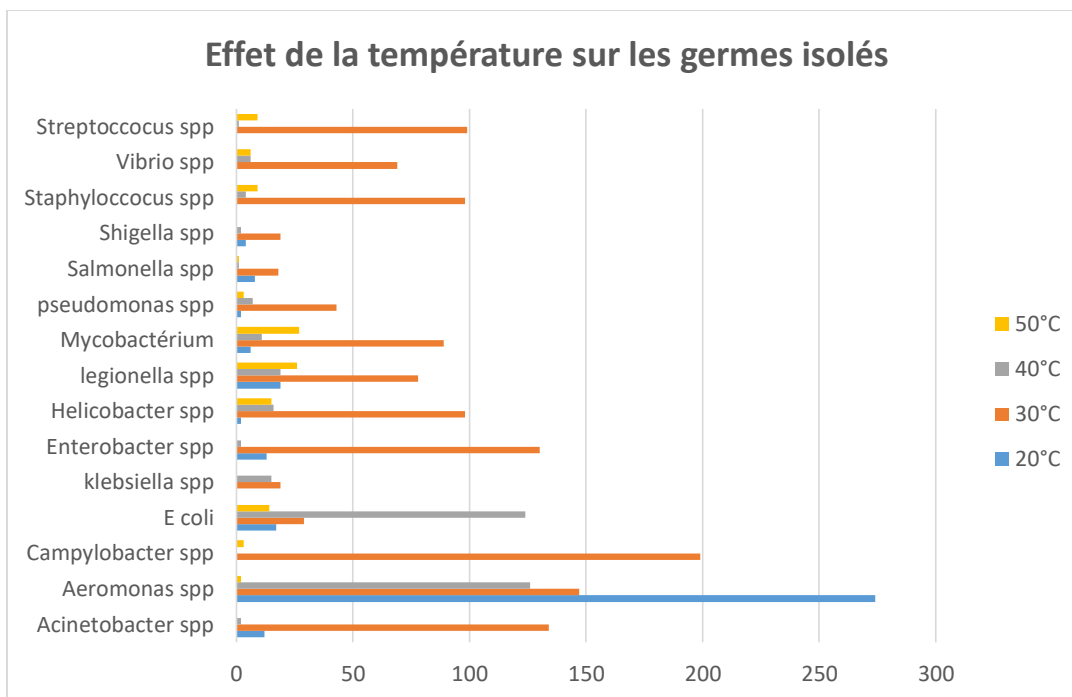


Figure 1: Effets de la température sur l’abondance des souches bactériennes isolées

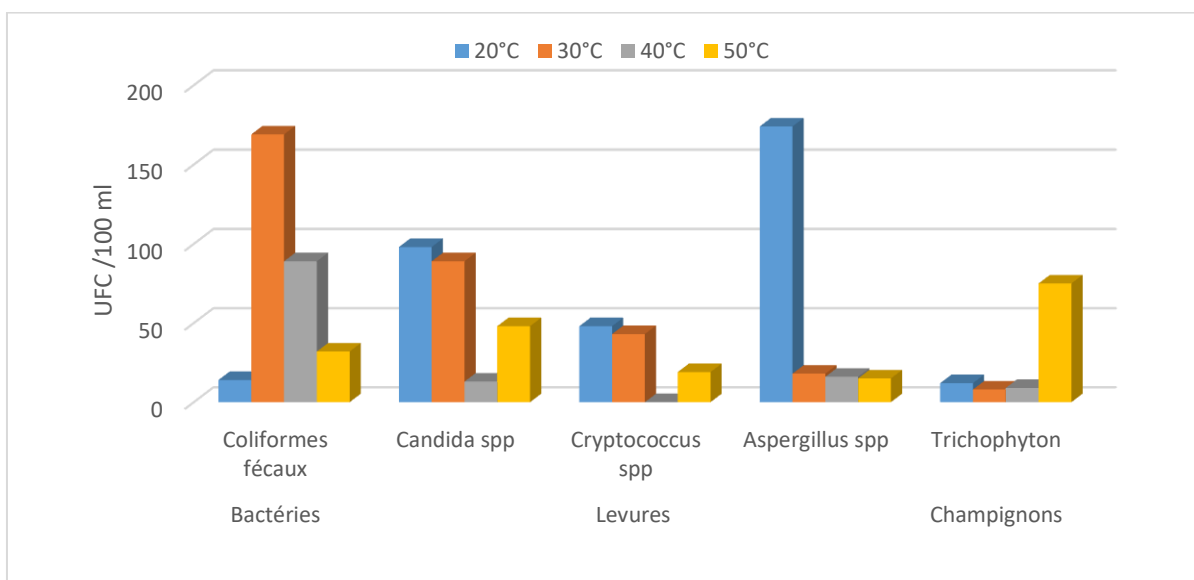


Figure 2: Variations des abondances de microorganismes en fonction de la température de l’eau

La figure 2 montre que les trois groupes de microorganismes isolés (bactéries, levures, champignons microscopiques) dans les eaux de surface, sont restés viables en microcosme à plus de 25°C. La croissance de *Aspergillus spp* (94

UFC/100mL est significative à 30°C ($p = 0.000$), par rapport aux autres espèces et à différentes températures. Les cultures ont été positives pour les conditions optimales de température pour les trois groupes de microorganismes.

3.2.Effet du pH sur les microorganismes isolés des eaux de surface

Tableau I: Effet du pH sur les microorganismes isolés des eaux de surfaces

| | pH | 3,5 | 7 | 9 | 14 |
|-----------|--------------------------|-----|------|-----|-----|
| Bactéries | <i>Acinetobacter spp</i> | 0 | 1400 | 199 | 213 |
| | <i>Aeromonas spp</i> | 0 | 199 | 18 | 0 |

| | | | | | |
|-------------|---------------------------|---|------|----|----|
| | <i>Campylobacter spp</i> | 1 | 213 | 12 | 0 |
| | <i>E coli EPEC</i> | 0 | 220 | 12 | 0 |
| | <i>Klebsiella spp</i> | 0 | 251 | 32 | 0 |
| | <i>Enterobacter spp</i> | 0 | 22 | 6 | 2 |
| | <i>Helicobacter spp</i> | 0 | 29 | 1 | 8 |
| | <i>Legionella spp</i> | 0 | 24 | 1 | 1 |
| | <i>Mycobactérium</i> | 0 | 4 | 0 | 0 |
| | <i>Pseudomonas spp</i> | 0 | 51 | 0 | 0 |
| | <i>Salmonella spp</i> | 0 | 80 | 0 | 0 |
| | <i>Shigella spp</i> | 0 | 228 | 0 | 0 |
| | <i>Staphylococcus spp</i> | 0 | 878 | 0 | 0 |
| | <i>Vibrio spp</i> | 0 | 83 | 0 | 0 |
| | <i>Streptococcus spp</i> | 0 | 17 | 0 | 0 |
| | <i>Coliformes fécaux</i> | 0 | 5000 | 21 | 45 |
| Levures | <i>Candida spp</i> | 0 | 2 | 3 | 0 |
| | <i>Cryptococcus spp</i> | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Champignons | <i>Aspergillus spp</i> | 0 | 22 | 0 | 3 |
| | <i>Trichophyton</i> | 0 | 29 | 0 | 1 |

Le tableau 1 montre l'effet du pH sur les microorganismes isolés. En milieu acide à pH 3,5 en microcosme, sensiblement 100% d'inhibition de croissance microbienne.

A pH alcalin (\geq à 9), *Candida spp* croit progressivement pour être inhibé à 14 UC. Par contre certaines bactéries continuent de croître

(*Acinetobacter spp*, *Aeromonas spp*, *Campylobacter*, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp*, et *Enterobacter*). Certaines cultures ont été positives au pH = 9 pour certaines bactéries. Les variations de pH sont significatives sur la croissance positive des germes (p 0.003).

3.3.Effet de la salinité sur les microorganismes isolés des eaux de surface

Tableau II: Effet de la salinité sur les microorganismes isolés des eaux de surfaces

| | Salinité | Eau brute | 10 ‰ | 15 ‰ | 20‰ |
|-----------|--------------------------|-----------|------|------|-----|
| Bactéries | <i>Acinetobacter spp</i> | 15 | 10 | 1 | 0 |
| | <i>Aeromonas spp</i> | 12 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Campylobacter spp</i> | 27 | 11 | 1 | 1 |
| | <i>E coli EPEC</i> | 207 | 108 | 0 | 0 |
| | <i>Klebsiella spp</i> | 117 | 0 | 13 | 0 |
| | <i>Enterobacter spp</i> | 97 | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Helicobacter spp</i> | 110 | 0 | 1 | 0 |
| | <i>Legionella spp</i> | 30 | 0 | 114 | 13 |
| | <i>Mycobactérium</i> | 18 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Pseudomonas spp</i> | 24 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Salmonella spp</i> | 20 | 10 | 12 | 1 |
| | <i>Shigella spp</i> | 16 | 0 | 0 | 2 |

| | | | | | |
|-------------|---------------------------|-----|-----|---|---|
| | <i>Staphylococcus spp</i> | 34 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Vibrio spp</i> | 67 | 0 | 6 | 2 |
| | <i>Streptococcus spp</i> | 43 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Coliformes fécaux</i> | 456 | 127 | 0 | 0 |
| Levures | <i>Candida spp</i> | 79 | 3 | 0 | 0 |
| | <i>Cryptococcus spp</i> | 88 | 8 | 0 | 0 |
| Champignons | <i>Aspergillus spp</i> | 56 | 9 | 0 | 0 |
| | <i>Trichophyton</i> | 23 | 2 | 0 | 0 |

A l'observation du tableau 2, les cultures positives à une salinité de 10‰ sont celles d'*Escherichia spp*. Avec un taux de réduction moyen de 50 % de la phase initiale. A une salinité de 15‰ la croissance de *Legionella spp* a triplé traduisant une adaptation particulière de

cette espèce aux variations des conditions du milieu. Le taux de croissance diminue dans l'ensemble avec une augmentation de la salinité. La salinité a un effet inhibiteur sur la croissance des microbes d'après ces essais ($p = 0.00041$).

3.4.Effet du chlore sur les microorganismes isolés des eaux de surface

Tableau III: Effet du chlore sur les microorganismes isolés des eaux de surfaces

| | Chlore | Eau brute | 2 mg/L | 10 mg/L | 15 mg/L |
|--------------------------|---------------------------|-----------|--------|---------|---------|
| Bactéries | <i>Acinetobacter spp</i> | 15 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Aeromonas spp</i> | 12 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Campylobacter spp</i> | 27 | 1 | 0 | 0 |
| | <i>E coli EPEC</i> | 207 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Klebsiella spp</i> | 117 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Enterobacter spp</i> | 97 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Helicobacter spp</i> | 110 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Legionella spp</i> | 30 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Mycobactérium</i> | 18 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Pseudomonas spp</i> | 24 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Salmonella spp</i> | 20 | 1 | 0 | 0 |
| | <i>Shigella spp</i> | 16 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Staphylococcus spp</i> | 34 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Vibrio spp</i> | 67 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Streptococcus spp</i> | 43 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Coliformes fécaux</i> | 456 | 3 | 0 | 0 | |
| Levures | <i>Candida spp</i> | 79 | 14 | 6 | 1 |
| | <i>Cryptococcus spp</i> | 88 | 1 | 0 | 0 |
| Champignons | <i>Aspergillus spp</i> | 56 | 1 | 1 | 1 |
| | <i>Trichophyton</i> | 23 | 2 | 0 | 0 |

Le tableau 3 montre un taux de réduction de la croissance des germes à 97 % dès la concentration de 2 mg/L de chlore à 10 et 15

mg/L de chlore, l'inhibition de la croissance microbienne est totale pour les bactéries. Les espèces *Candida spp* et *Aspergillus spp* donnent

une culture positive à 15 mg/L de chlore. L'effet du chlore augmente avec la concentration et

inhibe de manière positive la croissance microbienne des autres espèces

Tableau IV: Effet du fluor sur les microorganismes isolés des eaux de surfaces

| | Fluor | Eau brute | 2 mg/L | 10 mg/L | 15 mg/L |
|--------------------------|---------------------------|-----------|--------|---------|---------|
| Bactéries | <i>Acinetobacter spp</i> | 120 | 114 | 0 | 2 |
| | <i>Aeromonas spp</i> | 189 | 169 | 3 | 0 |
| | <i>Campylobacter spp</i> | 229 | 178 | 14 | 0 |
| | <i>E coli EPEC</i> | 25 | 3 | 11 | 0 |
| | <i>Klebsiella spp</i> | 205 | 21 | 0 | 1 |
| | <i>Enterobacter spp</i> | 172 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Helicobacter spp</i> | 88 | 0 | 0 | 17 |
| | <i>Legionella spp</i> | 89 | 23 | 0 | 0 |
| | <i>Mycobactérium</i> | 120 | 21 | 3 | 13 |
| | <i>Pseudomonas spp</i> | 29 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Salmonella spp</i> | 128 | 1 | 1 | 21 |
| | <i>Shigella spp</i> | 43 | 0 | 6 | 0 |
| | <i>Staphylococcus spp</i> | 135 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Vibrio spp</i> | 134 | 0 | 14 | 13 |
| | <i>Streptococcus spp</i> | 85 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Coliformes fécaux</i> | 5000 | 3250 | 1200 | 0 | |
| Levures | <i>Candida spp</i> | 14 | 0 | 6 | 1 |
| | <i>Cryptococcus spp</i> | 26 | 1 | 0 | 0 |
| Champignons | <i>Aspergillus spp</i> | 11 | 1 | 1 | 1 |
| | <i>Trichophyton</i> | 15 | 2 | 3 | 0 |

Le fluor a été utilisé à des concentrations allant de 2 mg/L et 15 mg/L. A 10 mg/L, il y a eu 100 % d'inhibition de la croissance microbienne de 8 espèces sur les 20 microorganismes (16 bactéries, 2 levures, 2 champignons) présents dans les échantillons d'eaux brutes. Ces 8 espèces sont : *Acinetobacter spp*, *Klebsiella spp*, *Enterobacter spp*, *Helicobacter spp*, *Legionella spp*, *Pseudomonas spp*, *Staphylococcus spp*, *Streptococcus spp*. Les espèces *Helicobacter spp*, *Mycobactérium*, *Salmonella spp*, *Vibrio spp*, donnent des cultures positives avec un taux de réduction de la croissance à 72%.

4. Discussion

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que l'augmentation de la

température (20°C, 50°C) favorise la survie de plusieurs microorganismes dans les eaux de surface de Maroua. Aux différentes températures testées, *Escherichia coli* et d'autres bactéries (*Helicobacter*, *mycobacterium*, *staphylococcus*, *vibrio* et *streptococcus*) s'adaptent aux températures autour de 50°C. Le climat de cette région serait donc favorable à la multiplication de certains germes (XI et al., 2009; OMS, 2017). La croissance bactérienne positive à des pH alcalins s'expliquerait par la résistance de ces microorganismes à des Ph élevés. La nature du sol pourrait également influencer la croissance et la prolifération des germes (OMS, 2010). Les genres *Legionella* affichent plusieurs caractères de survie, mais sont inhibés aux effets de la chloration et de la chaleur. Ces microorganismes

sont aussi capables de coloniser les biofilms dans les réseaux de distribution de l'eau potable (Lau & Ashbolt, 2009). Ces bactéries de petite taille se présentent sous forme allongée. Mobiles et faiblement Gram négatives, elles ont des besoins nutritifs précis qui les empêchent de se multiplier facilement dans un milieu de culture.

Pour l'étude effectuée, l'inhibition de la croissance bactérienne à 2 mg/L de chlore est de 97%, mais les autres microorganismes (à l'instar de *Candida spp*, *Aspergillus spp*) ont eu une croissance positive bien que le taux de croissance soit faible. Toutefois, la norme recommande de traiter l'eau jusqu'à obtention de 0.2 à 0.5 mg/L de chlore résiduel libre dans l'eau après une demi-heure de contact (Santé Canada, 2013). L'efficacité contre certains organismes demande des concentrations plus élevées et des périodes de contact plus longues. En effet, le chlore en excès qui n'est pas consommé ou combiné reste dans l'eau, Il est qualifié de chlore résiduel libre (CRL) (OMS, 2017). Le chlore résiduel libre restera dans l'eau jusqu'à ce qu'il se dissipe ou jusqu'à ce qu'il soit mobilisé pour éliminer une nouvelle contamination. D'autres facteurs influençant l'efficacité du chlore comme désinfectant sont entre autres, la concentration, la durée de contact, le pH, la température et la présence de matière organique dans l'eau (AWWA, 2006). Il en est de même pour la concentration en fluor, d'où, les résultats obtenus pour ce paramètre (tableau 4) (OMS, 2017). L'étude de ces facteurs devrait être synchronisée et tenir compte du temps d'exposition des germes lors des traitements des eaux.

Conclusion

Cette étude avait pour objectifs d'évaluer les effets de quelques facteurs abiotiques caractéristiques de la région de l'Extrême – Nord, sur l'occurrence des germes isolés des eaux de surface dans la ville de Maroua. Elle s'est effectuée en microcosme à la variation des facteurs abiotiques (la température, le pH, la salinité, les teneurs en chlore et en fluor), pour les échantillons d'eau prélevés.

En microcosme, sur les 20 microorganismes isolés, 8 (*Acinetobacter spp*, *Klebsiella spp*, *Enterobacter spp*, *Helicobacter spp*, *Legionella spp*, *Pseudomonas spp*, *Staphylococcus spp*, *Streptococcus spp*) ont donné des cultures positives pour des conditions optimales des facteurs abiotiques simulés (température à 50°C, pH compris entre 3,5 et 14, teneur en chlore à la concentration de 2 mg/L, teneur en fluor à 10 mg/L). Ces souches isolées de l'eau sont peu sensibles aux variations abiotiques.

L'inhibition des croissances microbiennes et le mode d'adaptation de ces germes, face aux conditions du milieu, pour l'ensemble des facteurs, interpellent les acteurs du domaine, quant à l'analyse des facteurs intrinsèques qu'aux facteurs abiotiques du milieu dans le processus de potabilisation de l'eau et des luttes contre les résistances antimicrobiennes.

Références

- ANGELIER, E. (2000). Ecologie des eaux courantes. *Tec & Doc*. éd. Paris, 199 p.
- APHA. (2005). AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*; 21^e édition, , 5220D.
- APHA. (1998). Standard method for examination of water and wastewater, American Public Health Association, 20th édition, Washington, DC, 1150 p.
- APHA. (2012). *Méthodes standard pour l'examen des eaux usées*. 22^{ème} édition. 541 p.
- AWWA. (2006). AWWA manual of water supply practices – M48 Waterborne pathogens. 2e édition. American Water Works Association, Denver, Colorado.
- Bachelier G. (1959). Etude pédologique des sols de Yaoundé. Contribution à l'étude de la pédogénèse des sols ferrallitiques. *Agronomie tropicale*, (14): 9- 11.

- Foussard V. et Etcheber H. (2011). Proposition d'une stratégie de surveillance des paramètres physico-chimiques pour les estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde ; Rapport CR1 CNRS, Univ. Bordeaux. 71p.
- Ghizellaoui, S., & Ghizellaoui, S. (2010). Evaluation of the quality of waters treated by the activated muds station in Oued El Athmania. *Desalination*, 250(1), 438–443. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.074>
- Moussima Yaka, D. A., Tiemeni, A. A., Zing, B. Z., Jokam Nenkam, T. L. L., Aboubakar, A., Nzeket, A. B., Fokouong Tcholong, B. H., & Mfopou Mewouo, Y. C. (2020). Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines et risques sanitaires dans quelques quartiers de Yaoundé VII, Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(5), 1902–1920. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i5.32>
- Myrand, D. (2008, April 5). *captage d'eau souterraines pour des résidences isolées*.
- OMS. (2004). Directives de la qualité pour l'eau de boisson, critères d'hygiène et documentation à l'appui Vol. 2. Organisation mondiale de la santé 2^{ème} édition, 1050p.
- OMS. (2010). Chapitre 11: Microbial fact sheets. Dans : Guidelines for drinking-water quality. 3e édition. Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse.
- OMS. (2017). *Rapport sur les résultats de l'OMS : budget programme 2016-2017*.
- PNDP. (2011). *Programme National de Développement Participatif*.
- Public Health Association, A. (n.d.). *APHA Method 4500-CL: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.
- Santé Canada. (2013). Conseils sur les bactéries pathogènes d'origine hydrique. Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). (N° de catalogue H129-25/1-2014F-
- Sigha Nkamdjou et al. (1998). Variabilité de régime hydrologiques de sources d'eau de la bande méridionale du plateau sud-camerounais. *AHS Pubi*, 1–8.
- Shigomnou Daniel. (2004). *Analyse et redéfinition des régimes climatiques et hydrauliques du Cameroun: Perspectives d'évolution des ressources en eau*.
- Xi, C., Zhang, Y., Marrs, C., Ye, W., Simon, C., Foxman, B. et Nriagu, J. (2009). Prevalence of antibiotic resistance in drinking water treatment and distribution systems. *Appl. Environ. Microbiol*, 75(17): 5714–5718.
- Yoder, J., Roberts, V., Craun, G.F., Hill, V., Hicks, L.A., Alexander, N.T., Radke, V., Calderon, R.L., Hlavsa, M.C., Beach, M.J. et Roy, S.L. (2008). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with drinking water and water not intended for drinking—United States, 2005-2006. *MMWR Surveill. Summ.*, 57: 39–62.

Remerciements

Nos vifs remerciements au BIIDD/CODIMLAB qui a pu trouver les fonds nécessaires à la réalisation de ce doctorat en Sciences de la santé. Un remerciement particulier à tous les professeurs de Distant Production House University (DPHU), pour l'intérêt accordé à ce projet.