

Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau des réseaux d'adduction dans 5 villes d'Haïti : Plaisance, Saint-Marc, Hinche, Jacmel et Jérémie

M. A. C. J.-B. Blaise, Département des Sciences et Technologie des Aliments, Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV), Université d'Etat d'Haïti (UEH), Laboratoire du Centre Technique d'Exploitation de la Région Métropolitaine de Port-au-Prince (CTE-RMPP) de la DINEPA, J. Blaise, Département de Production Animale, S. Dol, Département du Génie Rural, W.-A. Laroche, B. Michel, J.-R. Pierre-Louis et A. Bernard, Département des Sciences et Technologie des Aliments, Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire (FAMV), Université d'Etat d'Haïti (UEH)

RESUME

Blaise M. A. C. J.-B., Blaise J., Dol S., Laroche W.-A., Michel B., Pierre-Louis J.-R. et Bernard A. 2015. Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau des réseaux d'adduction dans 5 villes d'Haïti : Plaisance, Saint-Marc, Hinche, Jacmel et Jérémie. RED 7 (1) : 37 - 41

A la suite d'enquêtes rétrospectives menées dans 5 communes d'Haïti réparties dans 5 départements géographiques différents: Plaisance (Nord), Saint-Marc (Artibonite), Hinche (Centre), Jacmel (Sud-Est) et Jérémie (Grand'Anse), une évaluation de la qualité de l'eau des réseaux d'adduction sur une période de 9 ans (2005-2014), a été réalisée. La stratégie de contrôle dans le cadre de ces enquêtes repose sur la recherche des paramètres physico-chimiques suivants : pH, turbidité, conductivité, TDS (Total Dissolved Solids), nitrates, nitrites, sulfates, chlorures, alcalinité et des indicateurs de pollution microbiologique : coliformes totaux, coliformes fécaux, *E. coli*, *Salmonelles*. Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés à partir d'appareils conçus à cet effet (pH-mètre, turbidimètre, conductivimètre, spectrophotomètre) ou de réactifs appropriés. Les indicateurs de pollution microbiologiques ont été mesurés soit par la technique du nombre le plus probable (NPP) ou méthode en tube multiple, soit par celle de la membrane filtrante. Les résultats montrent que les paramètres microbiologiques recherchés sont totalement non conformes par rapport aux normes établies pour l'eau de boisson tandis que les paramètres physico-chimiques ne le sont que partiellement selon les villes investiguées. Les taux de nitrates à Jacmel, Plaisance et Jérémie dépassent la valeur admise internationalement. Des propositions d'intervention à des fins de protection des réseaux ou de traitement de l'eau distribuée ont été faites.

ABSTRACT

Blaise M. A. C. J.-B., Blaise J., Dol S., Laroche W.-A., Michel B., Pierre-Louis J.-R. et Bernard A. 2015. Physicochemical and microbiological characteristics of water public supply in 5 cities of Haïti : Plaisance, Saint-Marc, Hinche, Jacmel et Jérémie. RED 7 (1) : 37 - 41

Using retrospective surveys in five communes of Haïti located in 5 different geographical departments: Plaisance (Nord), Saint-Marc (Artibonite), Hinche (Centre), Jacmel (Sud Est) and Jérémie (Grand'Anse), an evaluation of the quality of the water supply networks over a period of 9 years (2005-2014), was performed. The control strategy as part of these investigations is based on research of the following physicochemical parameters: pH, turbidity, conductivity, TDS (Total Dissolved Solids), nitrates, nitrites, sulfates, chlorides, alkalinity, hardness and microbiological pollution indicators: total coliforms, fecal coliforms, *E. coli*, *Salmonella*. The physicochemical parameters were determined from devices designed for this purpose (pH meter, turbidity meter, conductivity meter, and spectrophotometer) or appropriate reagents. Microbiological pollution indicators were measured either by the technique of most probable number (MPN) method or multiple tube, or by that of the filter membrane. The results show that the desired microbiological parameters are totally not in accordance with established standards for drinking water while the physicochemical parameters are only partly under the investigated cities. The nitrate levels in Jacmel, Plaisance and Jérémie exceeds the internationally accepted value. Proposals for intervention for protection of networks or treatment of distributed water were made.

Introduction

Les enquêtes menées par la FAMV (2, 4, 8, 9, 11) au cours de la période allant de 2005 à 2014 révèlent que la qualité de l'eau des réseaux d'adduction distribuée à la population dans les grandes villes d'Haïti laisse beaucoup à désirer selon les utilisateurs. Ces derniers signalent à cet effet la présence de grosses particules visibles telles que sédiments et matières organiques altérant ma-

croscopiquement l'aspect physique de l'eau. Même quand celle-ci apparaît propre, son usage pour la boisson est à l'origine de malaises chez les consommateurs. Le problème est tellement préoccupant et connu en Haïti qu'on assiste à une prolifération de compagnies de traitement de l'eau potable sans aucune évaluation desdites compagnies par les responsables au niveau national.

Parmi les facteurs susceptibles de

contribuer à une détérioration de la qualité de l'eau, on peut citer : la pollution des sites par des déchets d'origine animale ou végétale, le non respect des périmètres de protection, les dommages causés aux réseaux par le piratage etc. Ces facteurs, s'ils ne sont pas maîtrisés peuvent entraîner des répercussions négatives sur la santé de la population en particulier, la propagation des maladies à transmission hydrique. Par ailleurs, le risque de contamination par des polluants chimiques à partir d'infiltrations des nappes, n'est pas non plus à écarter.

Il devient donc de plus en plus nécessaire d'envisager non seulement la conservation de l'eau mais aussi la protection de cette ressource. Pour cela, une meilleure connaissance de la qualité et une analyse des facteurs de contamination de l'eau se révèlent indispensables.

Matériels et méthode

Présentation des sites

Ce travail a été réalisé au niveau de 5 communes : Plaisance (Nord), Saint-Marc (Artibonite), Hinche (Centre), Jacmel (Sud-Est) et Jérémie (Grand'Anse). La ville de Plaisance, située à 40 km du Cap-Haïtien et à 210 km de Port-au-Prince, la capitale d'Haïti, a une superficie de 7.5 km² et une population des 4.051 habitants (6, 7), elle a une pluviométrie moyenne annuelle variant entre 1.500 à 1.929 mm de pluie et une température moyenne de 24 °C (4).

Saint-Marc, située à 104 km de Port-au-Prince, est à la fois une ville partiellement côtière et intérieure. Son climat est caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison humide. Les données

pluviométriques moyennes mensuelles oscillent entre 20 et 39 mm en saison sèche, 90 et 166 mm en saison pluvieuse. Elle possède une rivière : la rivière de Saint-Marc comportant 2 embranchements qui se jettent dans la baie de Saint-Marc (11).

La ville de Hinche, située dans le Plateau Central est le chef lieu de ce département, avec une superficie de 1.992 km². La population est estimée à 52.793 habitants soit une densité de 8 habitants /km². La pluviométrie moyenne mensuelle est inférieure à 40 mm et la température moyenne annuelle oscille entre 24 et 25 °C (9).

Jacmel, chef-lieu du département du Sud-Est est une ville côtière ayant une superficie de 455.55 Km² et une population estimée à 150.000 habitants (6, 7) Elle a une pluviométrie de 1.278 mm/an et est traversée par la Grande Rivière de Jacmel divisée en 2 affluents : la Rivière Gauche et La Gosseline (8).

Jérémie est à la fois une commune du département de la Grand'Anse et le chef-lieu dudit département. Elle a une superficie de 427.2km² et une population de 35 412 habitants (6). Sa pluviométrie moyenne annuelle varie entre 1200 à 3000 mm répartie en 2 grandes saisons pluvieuses : avril-mai et septembre-décembre (2).

Echantillonnage

Un total de 102 échantillons d'eau a été prélevé dans les réseaux publics de distribution des six villes à l'étude. Le nombre d'échantillons a varié de 6 pour la ville de Jérémie à 40 pour Saint-Marc (Tableau 1). Au niveau de cette dernière, les échantillons ont été prélevés dans trois zones différentes (Fleurenceau, Cité Miami et Privert). Dans les villes enquêtées, les échantillons provenaient de sources, de réservoirs et du robinet. Dans le cas de Saint-Marc, outre ces trois sites, des prélèvements ont été également effectués au niveau des stations de pompage.

Pour les villes de Plaisance et de Hinche, les prélèvements ont été

Tableau 1. Nombre et sites de prélèvement d'échantillons dans les villes enquêtées

Ville	Nombre d'échantillons	Sites de prélèvement			
		Sources	Stations de pompage	Réservoirs	Robinet
Plaisance	22	8	-	8	6
St-Marc	40	5	5	10	20
Hinche	20	6	-	2	12
Jacmel	14	2	-	2	10
Jérémie	6	2	-	1	3
Total	102	23	5	23	51

Tableau 2. Chronologie de la période de mesures des paramètres en fonction de sites

Sites	Département	Période de mesure des paramètres
Plaisance	Nord	2005 -2006
Saint-Marc	Artibonite	2006 -2007
Hinche	Centre	2008- 2009
Jacmel	Sud-Est	2009- 2010
Jérémie	Grand'Anse	2013- 2014

effectués en 2 séries et 3 sites ont été retenus (Tableau 1). A Saint-Marc, 3 zones de prélèvements (Fleurenceau, Cité Miami et Privert) ont été définis et 4 sites de prélèvements (1 source, 1 station de pompage, 2 réservoirs et 6 robinets). Pour la ville de Hinche, 20 échantillons ont été prélevés en 2 séries entre mai et septembre 2008 et 3 points du réseau d'adduction (source, réservoir et robinets) ont été retenus. Pour la ville de Jacmel, 14 échantillons d'eau brute ont été prélevés pour analyse. Deux séries de prélèvements portant sur les 2 saisons (sèche et pluvieuse) et 3 sites de prélèvements (1 source, 1 réservoir et 5 robinets) ont été envisagés. Pour la ville de Jérémie, 6 échantillons d'eau brute ont été prélevés pour analyse. Trois sites de prélèvements (2 sources, 1 réservoir et 5 robinets) ont été envisagés. Les prélèvements et les analyses de laboratoire ont été effectués entre 2005 et 2014 (Tableau 2).

Conditionnement des échantillons

Les échantillons d'eau prélevés pour les analyses physico-chimiques ont été conditionnés dans des flacons de 1 ou 1.5 litres préalablement rincés 3 fois avec de l'eau provenant du site

de prélèvement. Pour les analyses microbiologiques, les prélèvements ont été réalisés dans des flacons stériles. Les échantillons ont été ensuite conservés en glacière réfrigérée (à 4°C) jusqu'au moment de l'analyse.

Mesure des paramètres microbiologiques et physico-chimiques

Pour la mesure des paramètres microbiologiques, deux méthodes ont été utilisées (3, 10) :

- Au niveau du Laboratoire du Centre Technique d'Exploitation de la Région Métropolitaine de Port-au-Prince (CTE-RMPP), de la Direction Nationale Eau Potable et Assainissement (DINEPA), la technique de la membrane filtrante a été utilisée pour Jacmel, Jérémie et Hinche. Cette technique a consisté à faire passer 100 ml d'eau à travers une membrane cellulosique ayant des pores de diamètre uniforme égal à 0,45 µm; après filtration, cette membrane a été déposée dans une boîte de Pétri contenant un milieu de culture approprié à la recherche des germes sous étude.
- Au niveau du Laboratoire Vétérinaire de Contrôle Qualité des Aliments de Tamarinier (LVCQAT) du Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Dévelop-

Tableau 3. Moyenne des résultats des analyses bactériologiques (1^{ère} série)

Paramètres	Nombre le plus probable			Membrane filtrante			
	Norme Col/100ml	Sites		Norme Cfu/100 ml	Sites		
		Plaisance	Saint-Marc		Hinche	Jacmel	Jérémie
Coliformes totaux	<2.2	>2.2	>2.2	<1	>1	>1	>1
Taux de contamination		100	70		100	43	70
Coliformes fécaux	<2.2	>2.2	>2.2	<1	<1	>1	>1
Taux de contamination		100	45		100	29	35
<i>E. coli</i>	Absence	Absence	Absence	<1	<1	>1	>1
Taux de contamination		0	0		100	100	35
<i>Salmonella sp.</i>	Absence	Absence	Absence	<1	>1	>1	
Taux de contamination		0	0		100	100	
Nombre de prélèvements		11	20		10	7	7

Tableau 4. Moyenne des résultats des analyses bactériologiques (2^{ème} série)

Paramètres	Nombre le plus probable			Membrane filtrante		
	Norme Col/100ml	Sites		Norme Cfu/100 ml	Sites	
		Plaisance	Saint-Marc		Jacmel	Hinche
Coliformes totaux	<2.2	>2.2	>2.2	<1	>1	>1
Taux de contamination		100	100		71	100
Coliformes fécaux	<2.2	>2.2	>2.2	<1	>1	>1
Taux de contamination		100	70		0	100
<i>E. coli</i>	Absence	Absence	Absence	<1	<1	>1
Taux de contamination		0	0		0	100
<i>Salmonella sp.</i>	Absence	Absence	Absence	<1	<1	>1
Taux de contamination		0	0		0	100
Nombre de prélèvements		11	20		7	10

pement Rural (MARNDP), la méthode du nombre le plus probable (NPP) a été utilisée pour Plaisance et Saint-Marc. Cette méthode permet de donner une estimation de la densité la plus probable des micro-organismes viables dans un échantillon. Il s'agit d'une technique faisant appel à la fermentation en tube multiple. La recherche a porté sur les coliformes totaux, les coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les salmonelles.

Pour la mesure des paramètres physico-chimiques, le pH, la turbidité, la conductivité, la dureté, l'odeur, la couleur, les nitrates, les nitrites et les chlorures ont été recherchés dans les 5 sites.

Résultats et discussion

Un total de 102 échantillons ont été analysés au niveau de différents

points d'eau : sources, forages, réservoirs et robinets pour les 5 sites. D'une façon globale, tous les échantillons d'eau analysés pour les 2 séries sont de très mauvaise qualité bactériologique pour les germes recherchés (Tableaux 3 et 4). Par contre les résultats des analyses physico-chimiques sont partiellement conformes aux normes établies (Tableaux 5 et 6).

Caractéristiques microbiologiques des eaux analysées

Les résultats des tableaux 3 et 4 montrent une charge en coliformes totaux et fécaux à Plaisance et à Saint-Marc supérieure aux normes admises (10). Ces données traduisent une contamination fécale importante de l'eau, ce qui représente un risque important pour les consommateurs. Bien que la présence d'*E. coli* n'ait pas été mise en évi-

dence, il faut souligner le fait bien connu que certains colibacilles commensaux peuvent acquérir occasionnellement chez l'homme un pouvoir pathogène à l'occasion d'une modification de terrain (12). Ces colibacilles entéropathogènes se révèlent souvent très redoutables chez les enfants. En ce qui concerne l'eau potable, les normes européennes recommandent l'absence de coliformes dans 95% des échantillons de 100ml (10), ce qui ne concorde pas avec les résultats trouvés quel que soit le site considéré.

Sauf à Hinche, il n'a pas été toutefois révélé une contamination de l'eau en salmonelles. La seule présence de ce germe dans l'eau doit susciter une attention particulière. Parmi les 3000 sérotypes de salmonelles identifiés, seuls quelques dizaines sont connues comme agents

de salmonelloses humaines (5, 12) dont la plupart sont des germes très pathogènes impliqués dans la fièvre typhoïde et dans des gastro-entérites. Leur présence pourrait être imputée à l'existence d'élevage traditionnel très répandu à proximité des points d'eau, ce qui nécessite un contrôle du réseau et une évaluation

du traitement chloré utilisé.

Caractéristiques physico-chimiques des eaux analysées

Tous les paramètres physico-chimiques mesurés au cours de la première série se sont révélés conformes aux normes sauf à Jacmel et à Jérémie où il a été constaté une

turbidité et un taux de nitrates supérieurs à ceux recommandés. La présence de décharge et d'animaux d'élevage a été observée dans le périmètre immédiat des sources. À Jérémie, la turbidité très élevée (16.20 et 13.30 NTU) a été constatée au niveau de la source Débarasse, second réseau du système de distribution de l'eau de robinet, Zone aviation. Les autres paramètres mesurés pour ce réseau sont tout à fait conformes (Tableaux 5 et 6).

Tableau 5. Mesures des paramètres physico-chimiques des eaux analysées (1^{ère} série)

Paramètres	Norme	Sites				
		Plaisance	Saint-Marc	Jacmel	Hinche	Jérémie
pH	6.5 - 8.5	7.2	7.3	7.5	7.4	7.3
	Unité de pH					
Turbidité	<1	<1	0.5	<u>2.52</u>		<u>6</u>
	NTU					
Conductivité	150 - 800 μ S/cm		615	454	460	480
TDS	100 - 600 mg/l		300	220	230	230
Alcalinité	100 - 600 mg/l de CaCO ₃		290	220	240	200
Nitrates	10 mg/l NO ₃	Négatif	Négatif	<u>12</u>		12
		50%	100%			
Nitrites	<1 mg/l NO ₂	Négatif	Négatif	0.1		
		100%	100%			
Sulfates	0 - 200 mg/l			2.5	7	4
Dureté totale	100 - 300 mg/l CaCO ₃		250	220	240	240
Chlorures	0 - 200 mg/l Cl ⁻	18	50	11	5.5	24
Nombre de prélèvements		11	20	7	10	6

Tableau 6. Moyenne des résultats des analyses physico-chimiques (2^{ème} série)

Paramètres	Norme	Sites			
		Plaisance	Saint-Marc	Jacmel	Hinche
pH	6.5 - 8.5	7.3	7.6	7.4	7.4
	Unité de pH				
Turbidité	<1		0.90	2.00	
	NTU				
Conductivité	150 - 800 μ S/cm		650	500	450
TDS	100 - 600 mg/l		340	250	219
Alcalinité	100 - 600 mg/l de CaCO ₃		320	220	242
Nitrates	10 mg/l NO ₃	Positif	Négatif	11	1.5
		100%	100%		
Nitrites	<1 mg/l NO ₂	Négatif	Négatif		
		50%	90%		
Sulfates	0 - 200 mg/l			2.51	7.5
Dureté	100 - 300 mg/l CaCO ₃		350	240	250
Chlorures	0 - 200 mg/l Cl ⁻	19	60	14	4
Nombre de prélèvements		11	20	7	10

Pour la 2^{ème} série, à Saint-Marc, une concentration supérieure à la norme pour la dureté, a été retrouvée au niveau des échantillons analysés. À Plaisance et à Jacmel, il a été constaté la présence d'un taux de nitrates supérieur à la norme au niveau de tous des prélèvements. Les nitrates étant un contaminant de l'environnement, leur présence dans l'eau pourrait être imputée à l'utilisation d'engrais (5) non négligeable dans les parties agricoles de ces sites. Le risque pour le consommateur est double. D'un côté, les nitrates peuvent avoir un effet méthémoglobinisant en oxydant le fer ferrique rendant ainsi la molécule d'hémoglobine non fonctionnelle, d'où asphyxie. De l'autre côté, à partir d'expériences réalisées chez diverses espèces animales, il a été démontré que les nitrates peuvent être réduits en nitrites par la flore buccale avec possibilité de formation, à partir de certains aminoacides et diverses protéines des denrées alimentaires, de nitrosamines cancérigènes pour le foie, le rein, le poumon, l'œsophage, le cerveau (1).

Conclusion

Ce travail mené au cours des 9 dernières années a permis d'avoir une idée de l'état réel de 5 réseaux d'adduction d'eau répartis dans la moitié des 10 départements du pays. En dehors de la région de Port-au-Prince. Les analyses réalisées révèlent que l'eau mise à la disposition de la population est exposée à une pollution microbiologique importante tandis que les paramètres physico-chimiques sont à peu près

conformes aux normes exigées. L'importance des germes retrouvés en particulier, la charge en coliformes totaux dans tous les sites, la présence de salmonelles à Hinche et à Jacmel malgré un traitement chloré effectué, la détection d'un taux de nitrates supérieur aux normes à Jacmel, Plaisance et Jérémie, montrent que l'eau au niveau de ces sites est inapte à l'utilisation comme boisson, sans la réalisation de traitements efficaces.

Le protocole de traitement suivant réalisé avec succès au niveau du site de Port-au-Prince peut être recommandé : il s'agit de la désinfection au chlore avec un bon contrôle du chlore résiduel au niveau des différents sites de production, de stockage et aussi sur le réseau de distribution.

En plus du traitement, un programme visant la protection des points d'eau contre la pollution fécale et contre le rejet de déchets provenant de l'activité humaine et les activités de lessive paraît comme incontournable dans la perspective d'une meilleure prévention de certains risques sanitaires liés à l'eau.

Références bibliographiques

1. AUPELF (Association des Universités Partiellement ou Entièrement de Langue Française), ci après AUF. 1984. La toxicologie alimentaire dans les pays d'Afrique Centrale. Actes, Brazzaville, Congo, 193p
2. Bernard A. 2014. Etude de la potabilité de l'eau distribuée par le Centre Technique d'Exploitation (CTE) de Jérémie. Mémoire de fin d'études agronomiques, FAMV, Damien, UEH, 48p.
3. Bourgeois C. M. et Leveau J. Y. 1991. Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Tome 3 : le contrôle microbiologique. Paris, Lavoisier, Tec et Doc., 454p.
4. Dol S. 2006. Etude de la potabilité de l'eau fournie par le réseau d'adduction d'eau potable de la ville de Plaisance au Nord d'Haïti. Mémoire de fin d'études agronomiques, FAMV, Damien, UEH, 40p.
5. Frémy D. et Frémy M. 2000. Quid 2001 ? Tout sur tout et un peu plus que tout. Paris, Editions Robert Laffont, 2078p.
6. IHSI (Institut Haïtien de Statistiques et d'Informatique). 1998. Inventaire des ressources naturelles et potentialités d'Haïti. CD-ROM.
7. Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique (IHSI). 2005. Inventaire des ressources naturelles et potentialités d'Haïti.
8. Laroche W. 2014. Etude de la potabilité de l'eau fournie par le réseau d'adduction de la ville de Jacmel (Département du Sud-est) et propositions d'amélioration. Mémoire de fin d'études agronomiques, FAMV, Damien, UEH, 71p.
9. Michel B. 2008. Etude de la potabilité de l'eau distribuée par le Service National d'Eau Potable (SNEP) dans la ville de Hinche. Mémoire de fin d'études agronomiques, FAMV, Damien, UEH, 52p.
10. OMS. 1996. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Deuxième édition (Volume 2). Critère d'hygiène et documentation à l'appui. 1050p.
11. Pierre-Louis J. R. 2007. Etude des caractéristiques physico-chimiques et de la qualité de l'eau du réseau d'adduction de Saint-Marc et propositions d'amélioration. Mémoire de fin d'études agronomiques, FAMV, 60p.
12. Pilet C, Bourdon J. L, Toma B., Marchal N., Balbastre C. et Person J. M. 1987. Bactériologie médicale et vétérinaire. Paris, Doin, 372p.