

**CENTRE D'AGRONOMIE TROPICALE
DE RECHERCHE ET D'ENSEIGNEMENT**

**DÉPARTEMENT D'ÉDUCATION
ÉCOLE DE POST GRADUÉ**

MAITRISE EN GESTION DE BASSINS VERSANTS HYDROGRAPHIQUES

**ETUDE DE LA QUALITE DE L'EAU CONSOMMEE PAR LA POPULATION DE LA VILLE
DES CAYES (DEPARTEMENT DU SUD D'HAÏTI) PROVENANT DE DIFFERENTES
SOURCES**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES SOUMIS À L'EXAMEN DU DÉPARTEMENT D'ÉDUCATION
ET DE L'ÉCOLE DE POST GRADUÉ COMME EXIGENCE POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME DE**

MAITRE EN GESTION DE BASSINS VERSANTS HYDROGRAPHIQUES

Auguste-César CHARLES

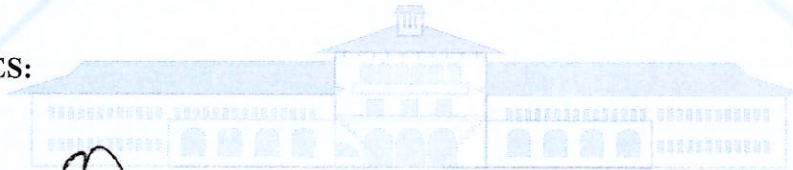
TURRIALBA, COSTA RICA

2022

Ce projet de fin d'études a été accepté dans sa présente forme par le Département d'Éducation et l'École de Post Gradué de CATIE et approuvé par le Comité Examineur de l'étudiant Auguste-César CHARLES, comme exigence partielle pour l'obtention du diplôme de

MAITRE EN GESTION DE BASSINS VERSANTS HYDROGRAPHIQUES

SIGNATAIRES:



Bommat Ramakrishna, Ph.D.
Co-Conseiller du projet de fin d'études

Ovidio Ibañez López, M.Sc.
Co-Conseiller du projet de fin d'études

Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.
Doyen de l'École de Post Gradué

Auguste-César CHARLES
Candidat

DEDIDACES

Je dédie ce mémoire à :

- La mémoire de ma mère Marie-Yolaine CHARLES, que ce travail te soit un hommage posthume ;
- A mon épouse Rufine ASTREMOND CHARLES ;
- Mes enfants Abimaël-César CHARLES et Anne-Yolly CHARLES ;
- Ma Sœur Fabiola ANDRE et mon cousin Luckson AVRIL, recevez ici l'expression de toute l'affection qui nous unit;
- Mon collègue, ami, et Professeur Ovidio Ibanez-Lopez pour avoir contribué à mon parcours académique et professionnel ;
- Mes collègues, amis et camarades de la promotion Cuencas 2020-2012 : Tite COLIN, Edes Charles PHILIPPE, Michbordy JULES et Roger MONTES.

REMERCIEMENTS

Alors que s'achève la rédaction de ce travail de recherche, permettez-moi d'exprimer ma sincère et profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail.

Je suis reconnaissant à l'endroit du CATIE et de la Direction de la Maitrise en Gestion de Bassin Versants Hydrographiques en général de m'avoir accordé une bourse d'études partielle pour la formation que j'ai reçu d'eux. En particulier, je remercie la Dr Laura Benegas , Coordinatrice de la Maitrise en Gestion de Bassins Versants et le Professeur Ovidio Ibanez-Lopez, M.sc, pour leur contribution à cette formation.

Je remercie aussi les Professeur Ph.D. : Bommat Ramakrishna Ph.D., Conseiller Principal de mémoire et le M.Sc. : Ovidio Ibanez-Lopez, Conseiller Adjoint de mémoire, pour m'avoir guidé avec rigueur scientifique et volonté à sa réalisation. Je vous remercie aussi pour vos conseils précieux.

Tous les professeurs et le personnel de l'Unité de la Maitrise en Gestion des Bassins Versants ayant contribué à la réalisation de cette formation, notamment Aranjid Valverde pour les messages de rappel et le professeur William Watler, M.Sc pour sa contribution à ma formation.

Mes Camarades de la promotion Cuencas 2020-2021.

Tous les représentants des institutions ayant partagé avec moi des informations et collaboré pour la réalisation de ce travail.

Ingénieur Guerda Elysée de la DINEPA pour ses contributions à ma formation en contrôle et suivi de la qualité de l'eau.

Je ne peux fermer cette page sans remercier les amis et connaissances qui m'ont soutenu dans les activités de terrain. Je cite : Guemy Decossard, Valery Volcy, Gaël Pierre, Huguenson Chroné, Salomon Paul.

Que tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, mais dont les noms n'y figurent pas, ne se sentent pas oubliés. Puissent-ils trouver ici notre expression de gratitude.

TABLE DES MATIERES

DEDIDACES	iii
REMERCIEMENTS	iv
TABLE DES MATIERES	v
1. Introduction.....	1
1.1 Antécédents.....	1
1.2 Justification de l'étude	2
1.3 Importance de l'étude.....	4
1.4 Objectifs de l'étude.....	4
2. Revue de littérature.....	5
2.1 Définition de l'eau.....	5
2.2 Importance de l'eau	5
2.3 Origines de l'eau sur terre.....	5
2.4 Cycle de l'eau	7
2.5 Etapes du cycle de l'eau	7
2.6 Normes internationales liées à la consommation de l'eau.....	9
2.7 Définition de concepts liés à l'étude	10
2.7.1 Accès.....	10
2.7.2 Accès à l'eau.....	10
2.7.3 Eau potable ou de qualité.....	10
2.7.4 Habitant.....	10
2.7.5 Hygiène	10
2.7.6 Assainissement.....	10
2.8 Paramètres de l'eau.....	10
2.8.1 Paramètres physico-chimiques.....	10
2.8.2 Paramètres organoleptiques	11
2.8.3 Paramètres microbiologiques.....	11
2.8.4 Paramètres liés aux substances indésirables.....	13
2.8.5 Paramètres liés aux substances toxiques.....	13
2.9 Comment analyser la qualité de l'eau.....	13
2.10 Eau et Santé.....	16
2.11 Objectifs du développement durable à l'égard de l'eau	16
2.12 Ressources en eau de surface disponibles d'Haïti	16
2.13 Qualité des eaux de surface à Haïti	18
2.14 Accès à des services en eau potable en Haïti	18
2.15 Couverture en eau potable de la ville des Cayes par le système de forage de l'OREPA Sud/ DINEPA	19
2.16 Gouvernance de l'eau en Haïti.....	20
2.17 Structure de la DINEPA.....	20
2.18 Ressources eau disponibles dans le Sud d'Haïti.....	21
3. Méthodologie.....	22
3.1 Localisation de la zone d'étude.....	22
3.2 Description générale	23
3.3 Délimitation de la ville des Cayes.....	24
3.4 Processus méthodologique.....	24

3.4.1	Recherche documentaire	24
3.4.2	Enquête exploratoire	24
3.4.3	Typologies.....	25
3.4.3.1	Sources de consommation en eau de boisson	25
3.4.3.2	Chefs de ménages- consommateurs.....	25
3.4.4	Echantillonnages	25
3.4.4.1	Echantillonnage des sources de consommation en eau de boisson	26
3.4.4.2	Echantillonnage des enquêtés	26
3.4.5	Prélèvement et Identification des échantillons d'eau	27
3.4.6	Cartographie des sources d'eau	27
3.4.7	Analyses des paramètres physiques	27
3.4.7.1	pH.....	27
3.4.7.2	Température.....	28
3.4.7.3	Conductivité électrique.....	28
3.4.8	Analyses des paramètres chimiques	28
3.4.9	Analyses des paramètres bactériologiques	29
3.4.10	Analyses des paramètres organoleptiques	29
3.4.11	Enquête formelle.....	29
3.4.12	Analyse statistique des données et discussion.....	30
3.4.13	Systématisation des données.....	31
4.	Résultats et discussions	31
4.1	Paramètres physiques	31
4.1.1	pH.....	31
4.1.2	Température.....	32
4.1.3	Conductivité.....	32
4.2	Paramètres chimiques.....	33
4.2.1	Dureté de l'eau.....	33
4.2.2	Sulfure d'Hydrogène.....	33
4.2.3	Chlorure de Sodium.....	33
4.2.4	Fer.....	34
4.2.5	Cuivre	34
4.2.6	Manganèse.....	34
4.2.7	Nitrate.....	34
4.2.8	Plomb.....	34
4.2.9	Fluorure.....	34
4.2.10	Nitrite.....	34
4.2.11	Sulfate	34
4.2.12	Alcalinité de l'eau	35
4.2.13	Zinc	36
4.3	Paramètres bactériologiques.....	36
4.4	Cartographie des points de prélèvements des échantillons d'eau	38
4.5	Résultats socio-économiques.....	38
4.5.1	Caractérisation de la population par rapport aux sources de consommation en eau de boisson.....	38
4.5.2	Répartition des enquêtés selon leur sexe, source principale de consommation en eau de boisson et occupation actuelle	39

4.5.3	Répartition des enquêtés selon le nombre d'enfants et leur source principale de consommation en eau de boisson et occupation actuelle	39
4.5.4	Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, source principale de consommation en eau de boisson et leur préférence	40
4.5.5	Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, niveau d'étude et source principale de consommation en eau de boisson	41
4.5.6	Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, niveau d'étude et source secondaire de consommation en eau de boisson	41
4.5.7	Répartition des enquêtés à l'égard de la consommation de puits.....	42
4.5.8	Répartition des enquêtés selon la consommation de l'eau de puits et leur préférence.....	42
4.5.9	Répartition des enquêtés selon leur habitude de traitement de l'eau et occupation actuelle	43
4.5.10	Types de traitement de l'eau utilisés par les enquêtés.....	43
4.5.11	Maladies d'origine hydrique rencontrées dans les ménages et les zones	44
4.5.12	Perception des enquêtés à l'égard de l'eau de robinet de la DINEPA	44
4.5.13	Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des puits communautaires.....	45
4.5.14	Perception des enquêtés à l'égard de l'eau de pluie.....	45
4.5.15	Perception des enquêtés à l'égard de l'eau vendue par les entreprises privées.....	46
4.5.16	Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des puits privés	46
4.5.17	Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des rivières.....	47
4.5.18	Répartition des enquêtés selon leur accès à une prise d'eau privée de la DINEPA	47
4.5.19	Répartition des enquêtés selon leur disposition à payer pour avoir une prise privée de la DINEPA.....	48
4.5.20	Répartition des enquêtés selon le montant mensuel disposé à payer pour avoir une prise privée de la DINEPA.....	48
4.5.21	Répartition des enquêtés selon leur perception à disposer des informations sur la qualité des eaux de boisson consommées.....	49
4.6	Proposition d'un plan de suivi de la qualité des eaux de boisson et vulgarisation	49
5.	Conclusion.....	51
6.	Recommandations	53
7.	Bibliographie.....	54
8.	Annexe	56

LISTES DES CARTES

Carte 1: Ville des Cayes	23
Carte 2: Cartographie des échantillons d'eau prélevés dans le cadre de l'étude	38

LISTES DES FIGURES

Figure 1: Cycle de l'eau	7
Figure 2: Accès à l'eau potable en Haïti (d'après Who/Unicef jmp, 2017)	18

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Valeurs limites des éléments chimiques dans l'eau potable (OMS, 2006).....	9
Tableau 2: Bassins de drainage majeurs	17
Tableau 3: Répartition des enquêtés par rue/bloc	30
Tableau 4: Modèle de canevas de plan de suivi annuel de la qualité des eaux	50
Tableau 5: Proposition de budget annuel pour la mise en œuvre du plan de le suivi de la qualité des eaux de boisson.....	51

LISTE DES GRAPHES

Graphe 1: Comparaison des valeurs obtenues du pH et celles recommandées par l'OMS	31
Graphe 2: Comparaison des valeurs obtenues de la température et celles recommandées par l'OMS	32
Graphe 3: Comparaison des valeurs obtenues de la conductivité et celles recommandées par l'OMS	32
Graphe 4: Comparaison de la dureté des échantillons prélevés et de la valeur limite OMS	33
Graphe 5: Comparaison des valeurs obtenues du Chlorure de Sodium et celles recommandées par l'OMS	34
Graphe 6: Comparaison des valeurs obtenues de la sulfate et celles recommandées par l'OMS .	35
Graphe 7: Comparaison des valeurs obtenues de l'alcalinité totale (bicarbonate) et celles recommandées par l'OMS	36
Graphe 8: Répartition des échantillons de source en eau de boisson selon leur présence/absence d'E. coli	36
Graphe 9: Répartition des échantillons de source en eau de boisson selon leur NPP/100ml.....	37
Graphe 10: Répartition des enquêtés selon leur sexe et source principale de consommation en eau de boisson	39
Graphe 11: Répartition des enquêtés selon le nombre d'enfants et leur source principale de consommation en eau de boisson.....	39
Graphe 12: Répartition des enquêtés selon leur source principale de consommation en eau de boisson et leur préférence	40
Graphe 13: Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, niveau d'étude et source principale de consommation en eau de boisson	41
Graphe 14: Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, niveau d'étude et source principale de consommation en eau de boisson	41
Graphe 15: Répartition des enquêtés à l'égard de la consommation de l'eau de puits.....	42
Graphe 16: Répartition des enquêtés selon leur préférence par rapport à la consommation de l'eau de puits.....	42

Graphe 17:Répartition des enquêtés selon leur habitude de traitement de l'eau et occupation actuelle	43
Graphe 18:Types de traitement de l'eau utilisés par les enquêtés.....	43
Graphe 19:Répartition des enquêtés selon les maladies d'origine hydrique rencontrées dans leurs ménages et leurs zones	44
Graphe 20:Perception des enquêtés à l'égard de l'eau de robinet de la DINEPA.....	44
Graphe 21:Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des puits communautaires/forage	45
Graphe 22:Perception des enquêtés à l'égard de l'eau de toit des maisons/eau de pluie.....	45
Graphe 23:Perception des enquêtés à l'égard de l'eau vendue par les entreprises privées	46
Graphe 24:Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des puits privés/à domicile	46
Graphe 25:Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des rivières	47
Graphe 26:Répartition des enquêtés selon leur accès à une prise d'eau domiciliaire de la DINEPA.....	47
Graphe 27:Répartition des enquêtés selon leur disposition à payer pour avoir une prise domiciliaire de la DINEPA.....	48
Graphe 28:Répartition des enquêtés selon le montant mensuel disposé à payer pour avoir une prise domiciliaire de la DINEPA.....	48
Graphe 29:Perception des enquêtés selon leur perception à disposer des informations sur la qualité des eaux de boisson consommées	49

LISTE DES ACRONYMES

AECID	Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le Développement
CAEPA	Comité d'Adduction Eau Potable et de l'Assainissement
CAMEP	Centrale Autonome Métropolitaine Eau Potable
CTE	Centre Technique d'exploitation
DINEPA	Direction Nationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement
EAH	Eau Potable et Assainissement en Haïti
MDE	Ministère de l'Environnement
ODD	Objectif de Développement Durable
OMS/WHO	Organisation Mondiale de la Santé
ONU	Organisation des Nations Unies
OREPA	Office Régionale de l'Eau Potable et de l'Assainissement
UNESCO	Organisation des Nations-Unies pour l'Education, la Science et la Culture
UNICEF	Fonds des Nations-Unies pour l'Enfance
USAID	Agence des Etats-Unis pour le Développement International
SNEP	Service Nationale de l'Eau Potable

RESUME

Cette étude a été réalisée au niveau de la ville des Cayes. Son objectif principal est d'évaluer la qualité des eaux consommées par la population de la ville des Cayes provenant de différentes sources pour déterminer les risques sanitaires qu'encourent éventuellement la population en consommant l'eau ne répondant pas aux valeurs limites et valeurs guides de l'OMS.

Pour atteindre cet objectif, la démarche méthodologique suivante a été adoptée. D'abord, une première enquête dite exploratoire a été effectuée dans la zone sous-étude afin d'avoir une idée des population-cible à partir desquelles notre échantillon allait être constitué. Elle nous a permis aussi de réaliser une catégorisation des sources en eau de boisson et des enquêtés suivant les critères respectifs « types eau de boisson » et « occupation actuelle » les enquêtés ». Cinq (5) catégories de sources en eau de boisson ont été constituées. D'un autre côté, trois (3) catégories pour les enquêtés.

Ensuite, 22 échantillons d'eau réparties dans les 5 catégories d'eau ont été prélevés et analysés aléatoirement. De plus, une enquête formelle a été réalisée au niveau de 130 enquêtés choisies aléatoirement au niveau de 13 rues et réparties dans les catégories, I, II, et III.

Les résultats ont montré que pour le scientifique, toutes les eaux de boisson consommées au niveau de la ville des Cayes ne répondent pas aux valeurs limites et valeurs guides de l'OMS. L'eau des entreprises et des puits sont plus acceptables en termes de potabilité et ceci en considération des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. A la différence, toutes les eaux faisant partie de ces 3 catégories ne sont pas forcément potables.

D'une façon générale, le choix de la source en eau de boisson est influencé par des paramètres socioéconomiques et culturelles de la population. L'eau de puits n'est pas impropre à la consommation et est préférée par les enquêtés pour au moins 5 raisons majeures. Sur le plan nutritionnel, l'eau des puits a une qualité intéressante compte tenu de sa teneur en calcium, bicarbonate et magnésium.

En ce qui a trait à la perception des enquêtés à l'égard des sources de consommation en eau de boisson, l'eau des entreprises et des puits sont perçues de bonne qualité et qualité moyenne.

Dans le but d'améliorer la qualité des eaux de boissons et aussi d'augmenter la couverture en eau de boisson pour les habitants de la ville des Cayes et ses environs, nous avons formulé des recommandations.

1. Introduction

1.1 Antécédents

L'accès à l'eau potable et à l'assainissement est un droit humain et est l'un des Objectifs de développement durable (ODD). Malgré d'importants progrès enregistrés dans le secteur durant ces 15 dernières années, cet objectif est toujours hors de portée pour une bonne partie de la population mondiale. En 2019, 785¹ millions de personnes ne disposent même pas d'un service de base d'alimentation en eau potable et 144 millions d'entre elles doivent utiliser des eaux de surface. Selon l'UNICEF et l'OMS, 1 personne sur 3 n'a pas accès à l'eau potable. Cette situation a suscité de nombreuses préoccupations et interventions². Selon les chiffres de l'ONU, plus de personnes meurent de la consommation d'eau polluée /contaminée à travers le monde que de conflits armés.

Haïti fait face encore à de problèmes de pénurie d'eau potables. C'est le pays le plus en retard³ d'Amérique Latine et des Caraïbes en termes de couverture eau et d'assainissement. Le manque d'accès à une eau potable de bonne qualité a eu un impact énorme sur les plus pauvres au cours des vingt-cinq (25) dernières années. Bien que la proportion d'Haïtiens qui dépendent des eaux de surface pour boire soit passée de 17 à 3% entre 1990 et 2015⁴, l'accès à des sources d'eau potable de qualité a diminué de 4 points (la population ayant accès à l'eau courante ou l'eau potable a diminué en passant de 62 à 58%). Durant la même période, l'accès aux sources d'eau améliorées parmi les 40% les plus pauvres en milieu rural a diminué de 7%. Différentes études ont montré que le problème de l'eau est lié à la mauvaise exploitation et gestion des ressources en eau et son inégale répartition. La ressource en eau souterraine en Haïti, estimée à 56 milliards de m³ par an selon Emmanuel et Lindskog (2000), sont de loin très supérieures aux ressources en eau de surface estimées à 14 milliards de m³ par an, mais la répartition des ressources en eau souterraine se révèle très problématique car des 56 milliards de m³, 48 milliards sont emmagasinés dans les aquifères continus généralement liés aux plaines littorales et alluviales et 8 milliards dans les aquifères discontinus des faciès calcaires karstifiés toujours selon la même source. Fort⁵ de ces défis et opportunités, une loi-cadre a donné naissance à la DINEPA en 2009, portant sur la réforme du secteur Eau Potable et Assainissement, et une Direction a été créée en 2011, pour réguler le secteur de l'assainissement public et piloter le développement de ce secteur.

La situation de l'accès à l'eau dans le Sud d'Haïti est plus intéressante par rapport à l'ensemble du pays puisqu'elle se situe autour de 52%⁶. Bien que cela puisse sembler relativement plus important, il s'avère important d'évaluer en permanence la qualité des eaux et ses propriétés pour éviter des conséquences néfastes sur la santé puisque ces propriétés sont dynamiques. Ces propriétés de l'eau sont donc des enjeux majeurs de société : il s'agit alors de lutter contre les maladies hydriques. Actuellement, les habitants de la ville des Cayes, située dans le département du Sud d'Haïti, consomment de l'eau provenant de différentes sources

¹ <https://www.actioncontrelafaim.org/a-la-une/tout-savoir-sur-lacces-a-leau-dans-le-monde/>

² http://ciat.bach.anaphore.org/file/misc/201304PU_caves.pdf

³ <https://www.dinepa.gouv.ht/wp-content/uploads/2014/11/Plan-strategique-du-secteur-de-leau-potable-et-de-l-assainissement.pdf>

⁴ World Bank Document

⁵ document d'orientation stratégique pour l'assainissement en Haïti (pseau.org)

⁶ <https://www.banquemonde.org/fr/news/feature/2019/03/22/haïti-face-au-defi-de-lacces-a-leau-potable>

mais qui ne sont pas forcément toutes potables. Parmi ces eaux de boisson consommées, il y en a qui sont insalubres surtout en période d'intempéries et que leur consommation peut avoir un impact direct sur la santé. Ce constat nous interpelle à évaluer la qualité des eaux de boisson consommée par la population des Cayes provenant de différentes sources pour déterminer les risques sanitaires qu'encourent éventuellement la population en consommant l'eau ne répondant pas aux valeurs limites et valeurs guides de l'OMS. Parce que l'analyse systématique⁷ de la qualité de l'eau est une activité qu'il convient d'encourager et de développer car elle contribue à un meilleur suivi des ressources en eau ; elle participe à une exploitation optimisée des infrastructures hydrauliques et elle contribue à instaurer une plus grande confiance entre exploitants et usagers.

1.2 Justification de l'étude

Garantir une eau potable sûre est un enjeu majeur de santé publique. Car, les conséquences de la consommation d'eau non potable sont catastrophiques pour la population. Selon l'OMS, la diarrhée, symptôme d'une infection causée par des bactéries, virus et parasites qui se transmettent, pour la plupart d'entre eux, causée par de l'eau contaminée par des matières fécales, tue chaque année en Afrique et en Asie 1.1 million de personnes âgées de plus de cinq ans. C'est aussi la deuxième cause de décès chez les enfants de moins de 5 ans : la diarrhée tue 1.5 million d'enfants chaque année. Chaque année, 3.2 millions de personnes meurent faute d'accès à l'eau potable et à l'assainissement, soit environ 6% des décès, et un enfant toutes les trois secondes. Cent (100) millions de personnes en permanence de gastro entérites hydriques.

En Haïti, la DINEPA est chargée de mettre en œuvre la politique gouvernementale dans le domaine de l'eau potable et de l'assainissement. De nombreux partenaires tels que la Banque mondiale, l'UNICEF, l'AECID, l'USAID, ont soutenu la DINEPA dans l'accomplissement de sa mission en vue de l'atteinte des ODD⁸ liés à l'EAH. Toutefois, les efforts réalisés par la DINEPA visant l'amélioration de la couverture en eau potable ne seront probablement pas suffisants à l'approche de 2030. Il semble d'une évidence à tel point que la littérature existante cite « Le meilleur accès à des services en eau potable en milieu urbain provient principalement de l'offre proposée par les nombreux opérateurs privés produisant de l'eau traitée par osmose inverse ». Néanmoins, la qualité de ces services nous laisse perplexe au regard des statistiques disponibles sur les maladies hydriques en Haïti. L'UNICEF, en 2016, a révélé que près de 50% d'enfants haïtiens sont atteints de maladies hydriques, en raison de la mauvaise qualité de l'eau. Par ailleurs, la qualité de l'eau de boisson⁹ et de services est fortement affectée par la gestion des déchets solides et liquides en Haïti. En effet, en milieu urbain, les déchets solides sont entreposés autour des points d'eau ou des rivières, seuls espaces autour des villes faisant encore partie du domaine de l'Etat. Aucune enquête récente n'a été réalisée au niveau national sur la qualité de l'eau. Cependant, selon une enquête réalisée en avril 2012 avec le financement de CDC dans le Département de l'Artibonite, sur 108 sources testées pour la qualité de l'eau, les

⁷ [Analyse de la qualité de l'eau – REZODLO](#)

⁸ [Garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable](#)

⁹ [document d'orientation stratégique pour l'assainissement en haïti \(pseau.org\)](#)

deux tiers 2/3 des échantillons (66.7%) présentait des traces de E. Coli et 25.9% avaient une concentration de plus de 100 MPN/100mL qui sont des niveaux de haut à très haut risque pour la santé.

Les habitants de la ville des Cayes consomment de l'eau provenant de différentes sources. Toutefois, il y en a, qui, à priori, ne répond pas aux normes de consommation de l'OMS et le choix de consommation semble guidé par des raisons méritant d'être élucidées.

Par ailleurs, le CTE¹⁰ des Cayes ne compte que 1082 abonnés, ce qui représente une couverture totale d'environ 7,9% de la population. Les infrastructures de distribution d'eau potable sont sous-dimensionnées, le territoire couvert est restreint, le nombre d'abonnés limité et les volumes accordés insuffisants. De plus, la qualité de l'eau n'est pas assurée puisqu'il est conseillé de la traiter à nouveau avant sa consommation selon les normes du Référentiel Technique National Eau Potable et Assainissement¹¹ de la DINEPA. Au niveau de la ville des Cayes, l'eau de puits provenant de la nappe phréatique supérieure et l'eau de pluie collectée au niveau toit des maisons sont consommées par une partie de la population. Or, il semblerait que ces eaux sont impropres à la consommation et pire, certains les utilisent sans avoir préalablement traités.

Actuellement, la population a un accès limité à l'eau de boisson, par suite du passage du tremblement de terre de magnitude 7.2 qui a frappé la ville durant la matinée du 14 août 2021. Les opérateurs privés produisant de l'eau traitée au niveau de la ville fonctionnent au ralenti. Une situation qui pourrait amener les gens à modifier leur mode de consommation d'eau qui ne respecte pas les normes de consommation de l'OMS. Par ailleurs, les habitants pratiquent le traitement d'eau à domicile de manière efficace, ce qui engendrerait la persistance des maladies hydriques dans la ville et risquerait de compromettre davantage leur situation sanitaire. Face à cette situation complexe, la santé de la population est compromise, d'où la nécessité d'évaluer à juste valeur la qualité des eaux de boisson consommées par la population pour pouvoir documenter la situation. Alors, pour ainsi dire, nous allons, tout au long de ce travail, réunir les éléments de réponse aux questions de recherche ci-après :

Les eaux de boisson consommées par les habitants de la ville des Cayes et de ses environs répondent-elles aux valeurs limites et valeurs guides de l'OMS ?

Qu'est-ce qui explique chez les consommateurs l'existence d'une certaine préférence individuelle pour une eau de boisson plutôt qu'une autre ?

Quelles sont les raisons qui justifient la consommation de l'eau provenant des puits artésiens (pompe à bras) par les habitants de la ville des Cayes et de ses environs, au regard d'autres sources d'approvisionnement en eau de boisson existantes dans la zone ?

L'eau distribuée ou achetée ou puisée subit-elle un traitement préalable avant consommation finale par la population ?

Quel est le niveau (degré) de satisfaction et de perception de la population par rapport aux différentes sources de consommation ?

¹⁰ http://ciat.bach.anaphore.org/file/misc/201304PU_cayes.pdf

¹¹ [REFERENTIEL TECHNIQUE NATIONAL EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT \(dinepa.gouv.ht\)](http://dinepa.gouv.ht)

1.3 Importance de l'étude

La présente recherche est utile pour plusieurs raisons :

Cette étude s'inscrit dans la Stratégie Nationale pour la Conservation et le Traitement de l'Eau à Domicile (C-TED) 2018-2027 de la DINEPA ¹² qui a pour ambition de contribuer à apporter de l'eau potable à ceux qui en sont privés et d'encadrer le développement du domaine C-TED en coordination avec l'ensemble des parties prenantes concernées. Elle permettra de disposer des données sur la qualité des eaux consommées par les habitants de la ville des Cayes.

L'étude se veut être une contribution dans l'atteinte de l'objectif de cette stratégie et de l'ODD6 qui stipule que "Garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable". Dans un contexte préoccupé par l'atteinte de cet objectif, l'étude permettra d'anticiper les interventions pour pouvoir garantir effectivement au moment opportun l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement. Cette recherche met également l'accent sur l'environnement car elle implique des actions écoresponsables vis-à-vis de la nappe phréatique.

D'un point de vue scientifique et des nouvelles connaissances, les résultats peuvent être mis à profit pour réduire l'incidence des maladies hydriques et ainsi améliorer les services d'eau et sensibiliser la population.

La revue littérature nous a permis de constater qu'il n'y a pas de documentation disponible et accessible sur les eaux de boisson consommées au niveau de la ville des Cayes. La réalisation de cette étude aboutira à de nouvelles connaissances sur la qualité de ces eaux et tentera de stimuler des travaux de recherche dans d'autres villes du pays.

1.4 Objectifs de l'étude

Objectif général de l'étude

Evaluer la qualité des eaux consommées par la population de la ville des Cayes provenant de différentes sources pour déterminer les risques sanitaires qu'encourent éventuellement la population en consommant l'eau ne répondant pas aux valeurs limites et valeurs guides de l'OMS.

Objectifs spécifiques de l'étude

- Effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux consommées par la population.
- Caractériser brièvement l'environnement immédiat des différentes sources d'eau de boisson soumises à l'échantillonnage.
- Mesurer les paramètres de l'eau potable en fonction des normes établies par l'OMS et formuler des recommandations pour le suivi de la qualité de l'eau que consomme la population de la ville des Cayes
- Recueillir des informations auprès de la population pour évaluer leur préférence et mode de consommation et leur perception sur la qualité des eaux qu'elle consomme.

¹² https://www.pseau.org/outils/ouvrages/dinepa_strategie_conservation_et_traitement_eau_a_domicile_c_ted_2018.pdf

2. Revue de littérature

2.1 Définition de l'eau

L'eau ou H₂O, dans sa nomenclature chimique, est le liquide essentiel au maintien de la vie. Elle est composée de gaz dissous (oxygène, gaz carbonique et hydrogène, mais aussi azote et parfois méthane). Elle contient aussi des substances minérales (environ une centaine, sels minéraux et oligo éléments) et organiques (innombrables et difficilement identifiables). Les matières minérales contenues dans l'eau sont essentiellement le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, les carbonates et les bicarbonates, les chlorures et les nitrates. On retrouve aussi, à l'état de trace, du manganèse, du fer, du zinc, du cobalt, du plomb. Les substances organiques sont soit sous forme dissoute (pesticide, solvants.) ou en suspension (déchets végétaux).

2.2 Importance de l'eau

L'eau est indispensable à la vie, humaine, animale ou végétale. L'eau est le constituant essentiel de notre corps : elle représente 65 % de notre poids soit 45 litres pour un sujet de 70kgs. L'eau maintient l'hydratation de nos cellules, elle transporte les autres constituants de notre organisme, elle élimine les déchets filtrés par le rein, sous forme d'urine. Elle participe à de nombreuses réactions chimiques de notre métabolisme, c'est à dire de notre fonctionnement.

2.3 Origines de l'eau sur terre

L'origine de l'eau¹³ sur Terre fait l'objet d'un débat scientifique qui repose principalement sur deux hypothèses concurrentes, une source interne et une source externe. La première suggère que l'eau et les autres volatils terrestres sont dérivés du dégazage de l'intérieur de la Terre au moment de sa formation il y a 4,55 milliards d'années. La seconde suggère un apport tardif de l'eau, durant les dernières phases d'accrétion de la Terre, par des petits corps planétaires chondritiques (comètes et météorites) relativement riches en eau. De nos jours, environ 70,9 % de la surface de la Terre sont recouverts d'eau. Le débat actuel porte sur l'apport relatif de chaque source.

Les différentes hypothèses

Aujourd'hui encore, les scientifiques ne sont pas unanimes quant à l'origine de l'eau sur Terre, principalement présente actuellement (et depuis des milliards d'années) dans ses océans. Les océans se seraient individualisés il y a 4,4 milliards d'années. L'étude de zircons très anciens permet de mettre en évidence qu'ils ont été en contact avec de l'eau liquide. C'est-à-dire que de l'eau liquide existait à la surface de la jeune Terre il y a $4\,404 \pm 8$ Ma. Ces études mettent en évidence la présence d'une jeune hydrosphère mais aussi un environnement caractérisé par des températures autorisant l'existence d'eau liquide (théorie de la « cool early Earth »). Certaines études sur les échantillons de roches lunaires et terrestres concluent à une limitation des

¹³ [Origine de l'eau sur la Terre — Wikipédia \(wikipedia.org\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Origine_de_l'eau_sur_la_Terre)

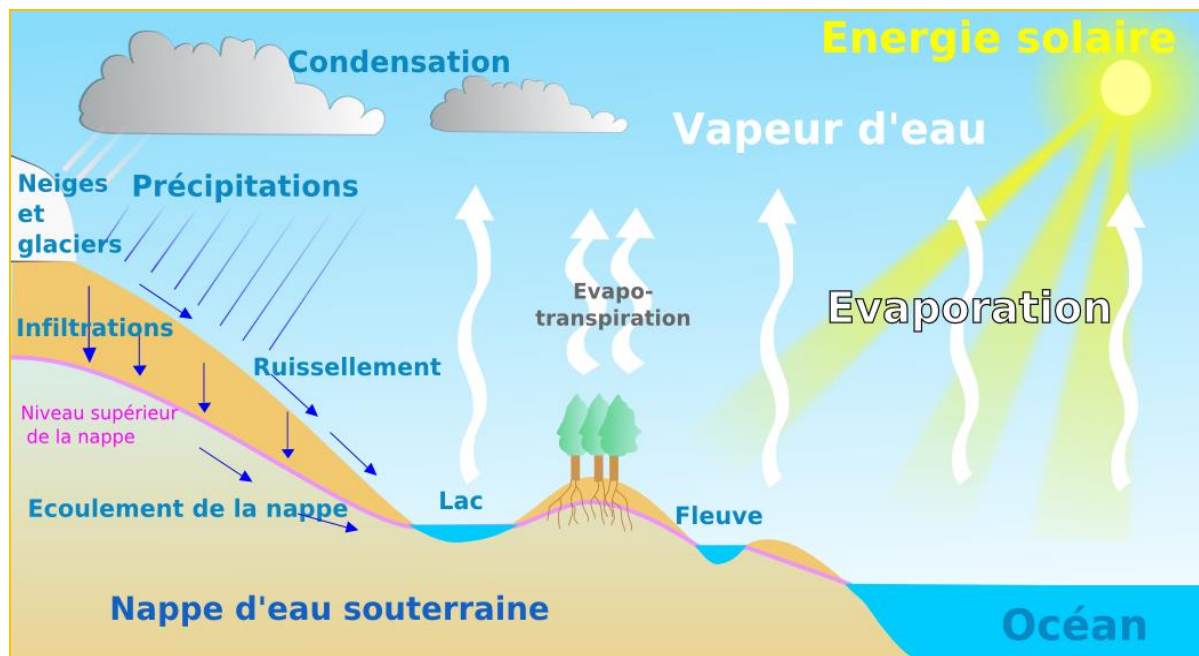
apports extérieurs en eau, et notamment de l'impact de Théia, de l'ordre de 5 à 30 %, d'autres considèrent que la majorité de l'eau provient de cet impacteur.

- L'hypothèse la plus prisée des scientifiques est actuellement celle des chondrites carbonées qui sont arrivées sur Terre à la fin de l'accrétion et qui transportaient de l'eau, modélisé par le scénario du Grand Tack. Elle s'explique par une corrélation des rapports isotopiques proches entre l'eau de la Terre et celle des chondrites carbonées, même si la possible altération de ces rapports est sujette à discussion.
- Une nouvelle hypothèse émise en 2020 se fonde sur la teneur en eau des chondrites à enstatite, des météorites rares mais d'une composition chimique proche de celle de la terre. Selon cette théorie, la majorité de l'eau aujourd'hui présente sur Terre y serait depuis l'origine.
- L'eau pourrait provenir des comètes, qui, après la période d'accrétion, se sont écrasées sur Terre. En effet, les comètes sont des corps célestes issus de la ceinture d'Edgeworth-Kuiper ou du nuage d'Oort ; elles ont un diamètre en général inférieur à 20 kilomètres, et sont composées à ~80 % de glace. Les premières mesures du rapport D/H dans la queue des comètes ont d'abord laissé penser que l'apport cométaire est faible et qu'une faible partie seulement ($\approx 10\%$) proviendrait de cométésimaux de la région Uranus-Neptune et de la ceinture d'Edgeworth-Kuiper. Le rapport D/H des comètes hyperactives comme 46P/Wirtanen est cependant voisin de celui des océans terrestres, et le rapport D/H des comètes est d'autant plus proche de celui de la Terre que ces comètes sont actives. Plusieurs hypothèses peuvent rendre compte de cette corrélation, mais de toute façon elle relance la théorie selon laquelle la majeure partie de l'eau terrestre proviendrait des comètes.
- L'eau pourrait également être issue de la nébuleuse protosolaire, avoir ensuite été stockée à l'intérieur lors de la formation de la planète puis relâchée par dégazage des magmas (contenant de l'eau liée aux silicates des minéraux hydratés et des gaz emprisonnés dont l'hydrogène et l'oxygène). Depuis 2014, on pointe essentiellement une zone de roches principalement constituées de ringwoodite, entre 525 et 660 km de profondeur, qui pourrait contenir plusieurs fois le volume des océans actuels.
- Une autre hypothèse, plus minoritaire, invoque l'apport d'eau par les micrométéorites, dont le diamètre est de l'ordre du micromètre mais qui sont très fréquentes.

2.4 Cycle de l'eau

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature et sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère. Le **cycle de l'eau** (ou **cycle hydrologique**)¹⁴ est un phénomène naturel qui représente le parcours entre les grands réservoirs d'eau liquide, solide ou de vapeur d'eau sur Terre : les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eaux souterraines et les glaciers. Le « moteur » de ce cycle est l'énergie solaire qui, en favorisant l'évaporation de l'eau, entraîne tous les autres échanges

Figure 1: Cycle de l'eau



Source : Wikipédia

2.5 Etapes du cycle de l'eau

Le cycle de l'eau comprend les 7 étapes suivantes ¹⁵:

- L'évaporation

L'évaporation est le passage de l'eau de l'état liquide vers l'état gazeux. Certains facteurs favorisent l'évaporation de l'eau : la chaleur (qui permet à l'eau liquide de se transformer en vapeur); le vent (qui disperse la vapeur d'eau); une faible pression atmosphérique ; le taux d'humidité peu élevé; la surface de contact : plus il y a de cours d'eau, plus il y a d'évaporation.

- La transpiration

La transpiration est le phénomène durant lequel l'eau est évacuée du corps d'un être vivant. L'eau liquide qui circule dans les végétaux passe également à l'état gazeux par un phénomène

¹⁴ [Cycle de l'eau — Wikipédia \(wikipedia.org\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l'eau)

¹⁵ [Le cycle de l'eau | Alloprof](https://www.alloprof.qc.ca/fr/Le-cycle-de-l'eau)

d'évaporation. Cette transpiration s'applique aussi aux animaux, mais elle est moins importante que chez les végétaux dans le cycle de l'eau.

- [La condensation](#)

La condensation est le phénomène durant lequel la vapeur d'eau (eau gazeuse) se transforme sous forme liquide pour former les nuages. Ce phénomène se produit lorsque la température diminue. Ainsi, la vapeur d'eau produite par l'évaporation monte dans l'atmosphère et se condense en gouttes d'eau (état liquide), ce qui entraînera la formation des nuages. Il est également possible de voir ce phénomène au niveau du sol. En été, on peut remarquer tôt le matin la rosée (fines gouttelettes d'eau) sur le gazon. En hiver, on verra plutôt du givre (fine couche de glace) sur le sol, mais cela correspond aussi au phénomène de condensation.

- [Les précipitations](#)

Les précipitations surviennent lorsque l'eau présente dans les nuages retourne au sol. Lorsque les gouttelettes d'eau contenues dans les nuages deviennent trop lourdes, elles retombent sur Terre sous forme de précipitations. Selon la température, ces précipitations tombent sous forme liquide (pluie, bruine) ou sous forme solide (neige, grêle).

- [Le ruissellement](#)

Le ruissellement désigne l'écoulement des précipitations sur le sol, sans qu'il ne se produise d'infiltration. L'eau suit donc la pente du terrain sur lequel elle s'écoule. Ainsi, elle descend des montagnes jusqu'à ce qu'elle rencontre un cours d'eau (ruisseau, rivière, lac, fleuve, etc.). Éventuellement, toute l'eau de ruissellement aboutit dans un océan.

- [L'infiltration](#)

L'infiltration se produit lorsque l'eau pénètre dans le sol. Lorsque le sol est poreux, l'eau provenant des précipitations peut s'infiltrer à l'intérieur du sol. Selon l'importance des précipitations de la région, ces infiltrations peuvent mener à la formation de cours d'eau souterrains. C'est d'ailleurs grâce à l'infiltration que les plantes peuvent puiser l'eau qui leur est nécessaire grâce à leurs racines.

- [La circulation souterraine](#)

La circulation souterraine est le déplacement de l'eau à l'intérieur du sol. Après l'infiltration, l'eau circule dans le sol afin d'atteindre éventuellement un cours d'eau. S'il y a accumulation de cette eau souterraine, on assiste à la formation d'une nappe phréatique.

2.6 Normes internationales liées à la consommation de l'eau

L'organisation mondiale de la santé au OMS a instauré quelques lignes directrices concernant la qualité requise pour que l'eau soit dite potable. Ces lignes directrices sont les références internationales qui garantissent une eau saine est donc potable.

Tableau 1: Valeurs limites des éléments chimiques dans l'eau potable (OMS, 2006)

Eléments/Substances/Paramètres	Norme de l'OMS
Température	25°C
PH	6,5 < pH < 9
Conductivité	250 < C < 1000 u S/cm
Couleur	Pas de valeur guide
Oxygène dissous	Pas de valeur guide
Dureté	200 ppm
Aluminium (Al)	0.2 mg/l
Ammoniac (NH ₄)	Pas de valeur guide
Antimoine (Sb)	0.002 mg/l
Arsenic (As)	0.01 mg/l
Baryum (Ba)	0.7 mg/l
Beryllium (Be)	Pas de valeur guide
Bore (B)	0.5 mg/l
Brome (Br)	Pas de valeur guide
Cadmium (Cd)	0.003 mg/l
Chrome (Cr)	0.05 mg/l
Cuivre (Cu)	2 mg/l
Fer (Fe)	Pas de valeur guide
Sulfure d'Hydrogène	0.05 à 1 mg/l
Plomb (Pb)	0.01 mg/l
Manganèse (Mn)	0.4 mg/l
Mercurie (Hg)	0.006 mg/l
Nickel (Ni)	0.07 mg/l
Azote (total N)	50 mg/l
Sélénium (Se)	0.01 mg/l
Argent (Ag)	Pas de valeur guide
Sodium (Na)	Pas de valeur guide
Etain (Sn) inorganique	Pas de valeur guide
Zinc (Zn)	3 mg/l
Chlore (Cl)	250 mg/l
Cyanure (CN)	0.07 mg/l
Fluor (F)	1.5 mg/l
Sulfate (SO ₄)	500 mg/l
Bactérie coliforme	0 / 100 mL
Bactéries sulfite-réductrices y compris les spores	0 / 100 mL
Escherichia coli (E. coli)	0 / 100 mL
Entérocoques	0 / 100 mL

2.7 Définition de concepts liés à l'étude

2.7.1 Accès

Le mot accès est défini comme étant une possibilité d'obtenir, possibilité d'approcher quelqu'un ou quelque chose, selon Encarta 2009.

2.7.2 Accès à l'eau

L'accès à l'eau potable¹⁶ est un indicateur représentant la part de la population disposant d'un accès raisonnable à une quantité adéquate d'eau potable. Toujours selon l'OMS, la quantité adéquate d'eau potable représente au minimum 20 litres d'eau par habitant et par jour. On entend généralement par « accès raisonnable », un approvisionnement en eau potable disponible à moins de quinze minutes de marche du lieu d'habitation.

2.7.3 Eau potable ou de qualité

Une eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industriel.

2.7.4 Habitant

Occupant d'un sol ou d'un territoire réel ou supposé, personne qui habite ordinairement dans un lieu déterminé.

2.7.5 Hygiène

Ensemble¹⁷ des mesures, des procédés et des techniques mis en œuvre pour préserver et pour améliorer la santé.

2.7.6 Assainissement

L'assainissement¹⁸ est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement dans ses différents composants. Il comprend la collecte, le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments.

2.8 Paramètres de l'eau

De nombreux paramètres sont mesurés afin de s'assurer de la qualité de l'eau. Il s'agit des :

2.8.1 Paramètres physico-chimiques¹⁹

Ils correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité ou la dureté de l'eau et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates. Exemples :

- La teneur en sulfate doit être inférieure à 250 mg/l
- La teneur en chlorures doit être inférieure à 200 mg/l
- La teneur en potassium doit être inférieure à 12 mg/l

¹⁶ [Accès à l'eau potable — Wikipédia \(wikipedia.org\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Accès_à_l'eau_potable)

¹⁷ [HYGIÈNE : Définition de HYGIÈNE \(cnrtl.fr\)](https://www.cnrtl.fr/definition/hygiene)

¹⁸ [Assainissement — Wikipédia \(wikipedia.org\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Assainissement)

¹⁹ [L'eau potable : sa définition, ses origines, ses critères de potabilité et ses traitements | Centre d'information sur l'eau \(cieau.com\)](https://www.cieau.com/fr/leau-potable-sa-definition-ses-origines-ses-criteres-de-potabilite-et-ses-traitements)

- Le pH de l'eau doit être compris entre 6,5 et 9
- Le TH soit la dureté de l'eau, qui correspond à la mesure de la teneur d'une eau en ions calcium et magnésium, doit être supérieur à 15 degrés français. Autrement dit, une eau ne doit pas posséder moins de 60 mg/l de calcium ou 36 mg/l de magnésium, sinon elle sera jugée trop douce : pour ne pas corroder les canalisations, elle devra faire l'objet de minéralisation et/ou de neutralisation pour retrouver un équilibre calco-carbonique.

2.8.2 Paramètres organoleptiques

Ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation, ils n'ont pas de valeur sanitaire directe.

2.8.3 Paramètres microbiologiques

Ils permettent de contrôler que l'eau ne contient aucun germe pathogène, comme les virus, les bactéries ou les parasites, pouvant provoquer des maladies, voire de épidémies. Selon une étude, E. coli constitue le meilleur indicateur sanitaire²⁰. Sa présence dans un puits indique une contamination d'origine fécale, qu'elle soit humaine (fosse septique) ou animale (fumier, lisier, épandage, puits mal construit, contamination de la nappe, etc.). Son absence n'assure cependant pas l'absence de contamination d'origine fécale humaine ou animale. Les entérocoques constituent le second indicateur bactérien sélectionné. La spécificité de ce groupe à une contamination fécale est moins grande que celle de E. coli. En raison de leur persistance plus longue dans l'environnement, ils possèdent cependant l'avantage de permettre la mise en évidence de pollution fécale plus ancienne que celle mise en évidence par E. coli. Les coliphages F-spécifiques constituent un indicateur viral de contamination fécale. Ils possèdent l'avantage d'être assez spécifiques d'une contamination d'origine fécale, mais l'inconvénient de ne pas être toujours présents lors d'une telle contamination. Il n'existe aucun indicateur microbiologique de pollution fécale qui soit parfait. Les trois indicateurs choisis dans cette étude étaient complémentaires et permettaient d'augmenter la probabilité de détecter une contamination fécale associée à un risque de la présence de virus, de bactéries et de protozoaires pathogènes d'origine entérique.

Selon la DINEPA²¹, une analyse bactériologique de l'eau doit être effectuée régulièrement, (au moins 2 fois par an) à moins que l'analyse de routine ait déterminé que l'eau a un résiduel de chlore libre supérieur ou égal à 0.5 mg/l et une turbidité inférieure à 5 NTU ; il n'est alors pas nécessaire de faire une analyse bactériologique. Une analyse bactériologique devra déterminer les concentrations de :

- Coliformes totaux
- E. Coli

²⁰ [ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DE L'EAU POTABLE DANS SEPT BASSINS VERSANTS EN SURPLUS DE FUMIER ET IMPACTS POTENTIELS SUR LA SANTÉ - MÉTHODOLOGIE \(gouv.qc.ca\)](#)

²¹ [1.3.1 FIT1 Echantillonnage et analyse de l'eau potable.pdf \(dinepa.gouv.ht\)](#)

Lit-on dans ce document, dans les analyses de routine, on recherche les bactéries coliformes dites thermotolérantes, *Escherichia coli*, étant un membre de ce groupe. La présence de ces bactéries indique un risque de contamination fécale.

Escherichia coli²² est une bactérie naturelle et normale de la flore intestinale des humains et des animaux à sang chaud. *E. coli* joue des rôles utiles dans l'intestin en participant à la synthèse des vitamines et en protégeant l'hôte contre des microorganismes pathogènes (FDA, 2003). A priori, *E. coli* n'est pas un microorganisme pathogène. Seulement certaines souches, notamment 0157 : H7, présentent un pouvoir pathogène important. *E. coli* est généralement reconnu comme le meilleur indicateur bactérien de contamination d'origine fécale des animaux à sang chaud, y compris l'humain. Sa présence dans l'eau indique de manière certaine une contamination d'origine fécale, et par conséquent, l'existence d'un risque de la présence de microorganismes pathogènes entériques. Il constitue un indicateur plus spécifique à une contamination d'origine fécale que le groupe des coliformes fécaux (aussi appelé « coliformes thermotolérants »). Ce dernier comprend certaines espèces bactériennes telles que *Klebsiella pneumoniae* qui ne sont pas nécessairement d'origine fécale. Selon le Règlement sur la qualité de l'eau potable (MENV, 2001), la présence de *E. coli* dans un échantillon d'eau « potable » doit entraîner aussitôt l'émission d'un avis d'ébullition dans le but de protéger la population.

Coliformes totaux ne sont pas spécifiques d'une contamination fécale. Rencontrés fréquemment dans les puits individuels, dans le sol et les végétaux. N'ont pas de signification sanitaire dans une eau non-traitée. Est utilisé comme indicateur d'efficacité de traitement dans un réseau de distribution pour une eau traitée.

Coliformes fécaux (ou thermotolérants) sont moins spécifiques que *E. coli* pour indiquer une contamination fécale. Par exemple, *K. pneumoniae* est détecté par les méthodes traditionnelles d'analyse des coliformes fécaux, mais elle n'est généralement pas considérée comme une bactérie d'origine fécale.

Les « entérocoques, avant les années 1990, constituaient une catégorie du genre bactérien *Streptococcus*. Cette catégorie contenait quatre espèces bactériennes : *Streptococcus faecalis*, *S. faecium*, *S. avium* et *S. gallinarum* (Hardie, 1984). De son côté, l'appellation « streptocoques fécaux » était utilisée pour désigner des bactéries appartenant au genre *Streptococcus* qui étaient associées au tractus gastro-intestinal des 10 Ministère de l'Environnement Méthodologie humains et des animaux (Leclerc et al., 1996). Le groupe des streptocoques fécaux comprenait les quatre espèces déjà nommées de la catégorie des entérocoques et deux espèces d'une catégorie du genre *Streptococcus* nommée « autres streptocoques » soit *S. bovis* et *S. equinus* (APHA, AWWA et WEF, 1998). Le groupe des streptocoques fécaux était fondé sur les méthodes d'analyse plutôt que sur des critères taxonomiques. À la suite d'études avec de nouveaux outils génétiques de caractérisation, des changements ont été apportés dans la nomenclature du genre *Streptococcus* (Leclerc et al.,

²² [ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DE L'EAU POTABLE DANS SEPT BASSINS VERSANTS EN SURPLUS DE FUMIER ET IMPACTS POTENTIELS SUR LA SANTÉ - MÉTHODOLOGIE \(gouv.qc.ca\)](#)

1996). Un nouveau genre nommé *Enterococcus* a été créé et les espèces appartenant à l'ancienne catégorie des entérocoques du genre *Streptococcus* ont été transférées vers le nouveau genre.

2.8.4 Paramètres liés aux substances indésirables

Ils concernent les substances telles que les nitrates, les nitrites et les pesticides.

- La teneur en nitrates ne doit pas dépasser 50 mg/l
- La teneur en fluor doit être inférieure à 1.5 mg/l

2.8.5 Paramètres liés aux substances toxiques

Les micropolluants tels que l'arsenic, le cyanure, le chrome, le nickel, le sélénium ainsi que certains hydrocarbures sont soumis à des normes très sévères à cause de leur toxicité. Leur teneur tolérée est de l'ordre du millionième du gramme.

2.9 Comment analyser la qualité de l'eau

Grâce à la chimie²³, on peut aujourd'hui détecter des milliers de substances chimiques dans l'eau, même à des concentrations minimales. Déjà impressionnante, la liste des tests disponibles ne cesse de s'allonger et la plupart des méthodes requièrent un équipement de laboratoire de pointe. Mais, heureusement, il n'est pas besoin d'analyser tous les éléments présents dans l'eau ! Un ensemble de tests plus restreints et plus pratiques suffit pour avoir une bonne idée de la qualité chimique de l'eau. Ces dispositifs existent également dans une version plus sommaire, pour les petits budgets.

Les différents types de test

Trois grandes catégories de tests portatifs permettent de mesurer *in situ* la composition chimique de l'eau :

- *Les bandelettes test* – Il s'agit de petites bandes à usage unique qui changent de couleur pour indiquer la concentration de tel ou tel produit chimique. On « active » la bandelette en papier ou en plastique en la trempant dans l'échantillon d'eau à analyser et en l'agitant, ou en la maintenant sous un flux d'eau. Après un temps d'attente très court, on compare la couleur de la bandelette aux couleurs d'une plaquette colorimétrique et on lit la valeur correspondante. Ces kits sont extrêmement simples à utiliser, mais moins précis que d'autres méthodes, surtout si l'on ne suit pas parfaitement les instructions.
- *Les kits colorimétriques* – Ils sont très nombreux. Dans la plupart des cas, il faut ajouter un sachet de poudre ou quelques gouttes d'un réactif à un échantillon d'eau dans un tube en plastique réutilisable, puis placer le tube dans un petit boîtier contenant un disque en plastique sur lequel une échelle chromatique est imprimée. On fait tourner le disque pour déterminer la couleur la plus proche de celle de l'échantillon, et on lit la valeur correspondante. Ces kits sont un peu plus complexes et plus coûteux, car il faut suivre

²³ [Comment analyser la qualité de l'eau ? Des tests chimiques peu coûteux \(worldbank.org\)](http://www.worldbank.org)

plusieurs étapes et, bien souvent, attendre un certain temps le résultat, mais celui-ci est généralement assez précis.

- *Les appareils numériques manuels* – L'eau peut aussi être analysée avec des testeurs, des colorimètres ou des photomètres numériques légers et portatifs. Ces appareils donnent les résultats les plus précis, mais sont également plus onéreux et plus difficiles à utiliser que les deux méthodes précédentes. Ils fonctionnent avec des piles et doivent être étalonnés. Ils sont utiles aux techniciens qui procèdent à des mesures sur le terrain, et ils jouent un rôle essentiel dans un réseau de suivi en continu ou à distance. Cependant, ils sont peu susceptibles de convenir pour des [tests de la qualité de l'eau qui reposent sur ce que l'on appelle la « science citoyenne » ou la « science participative »](#).

Les paramètres de la qualité chimique de l'eau

La question suivante est : quels éléments chimiques faut-il rechercher ? Le [Fonds des Nations Unies pour l'enfance \(UNICEF\) recommande](#) (a) de surveiller en priorité la teneur en fluorure, arsenic et nitrates. Dans les zones où le sol est naturellement riche en minéraux contenant du fluor et de l'arsenic, la concentration de ces substances dans l'eau des puits peut être élevée. Or, une exposition chronique est dangereuse pour la santé humaine.

Comment déterminer la présence de ces éléments ?

- **Fluorure** : il existe au moins un kit colorimétrique manuel pour le fluorure, mais, parce qu'ils sont précis, on préfère souvent les colorimètres numériques portatifs. La société [Akvo a récemment présenté Akvo Caddisfly](#), un système de test colorimétrique qui permet d'afficher sur l'écran d'un smartphone la teneur en fluorure.
- **Arsenic** : il existe peu de méthodes de test *in situ* pour l'arsenic. C'est en laboratoire que l'on mesure le mieux ce polluant. On trouve dans le commerce des kits de test, mais ils sont relativement difficiles à utiliser et le processus comporte plusieurs étapes. Cependant, malgré des « mesures » qui ne sont pas toujours précises, ils détectent la teneur en arsenic dans presque tous les échantillons où elle est supérieure à 100 microgrammes par litre ($\mu\text{g/l}$), ainsi que dans la plupart des échantillons où elle est comprise entre 50 et 99 $\mu\text{g/l}$. C'est pourquoi l'UNICEF recommande, lorsque ces kits sont utilisés, que le résultat (la présence ou l'absence d'arsenic) soit indiqué par rapport à une concentration de référence de 50 $\mu\text{g/l}$, la norme pour l'eau potable dans de nombreux pays affectés par une contamination naturelle à l'arsenic.
- **Nitrates** : on peut recourir à des bandelettes test ou à des kits colorimétriques, ou encore à un testeur numérique. Une forte teneur en nutriments sera associée à une pollution agricole due à des engrais (azote et phosphore) ou à des déjections animales (azote). Les latrines, les eaux usées, les décharges et la pollution industrielle peuvent aussi générer de l'azote. La surveillance des nitrates constitue un moyen simple d'évaluer l'effet des déchets agricoles et humains sur la qualité de l'eau.

Selon les ressources disponibles, l'UNICEF propose d'inclure trois paramètres chimiques supplémentaires dans les programmes de suivi de la qualité de l'eau : la concentration en fer et

en manganèse, deux métaux d'origine naturelle, et la quantité totale de matières solides dissoutes (TDS). Le fer, le manganèse et les TDS peuvent donner à l'eau un goût et une odeur qui risquent d'inciter les consommateurs à chercher ailleurs une eau plus agréable... mais potentiellement insalubre.

- **Fer et manganèse** : la concentration de ces deux métaux peut être mesurée avec des bandelettes test ou des kits colorimétriques, mais aussi avec des appareils numériques portatifs. Les tests *in situ* qui font appel à un équipement numérique sont jugés fiables.
- **TDS** : Les TDS se composent d'un mélange de sels inorganiques, essentiellement du sodium, des chlorures, du potassium, du calcium et du magnésium. Au lieu de détecter la concentration de tel ou tel élément, on mesure la [conductivité](#) de l'eau au moyen d'un testeur numérique. Il n'est pas possible d'utiliser une bandelette ou un kit colorimétrique, même s'il existe aujourd'hui au moins un système de mesure de la conductivité qui peut être [utilisé avec un smartphone](#) .

Dans les réseaux de distribution d'eau chlorée, il est important de surveiller deux autres paramètres chimiques : le pH (potentiel hydrogène) et le chlore résiduel.

- **pH** : nombre de bandelettes test et de kits colorimétriques permettent de déterminer le pH. Une méthode plus coûteuse et plus sophistiquée consiste à utiliser un pH-mètre à électrode. Le pH indique la quantité d'ions d'hydrogène, c'est-à-dire l'acidité ou la basicité de l'eau. Le pH n'est pas un polluant, mais une variable chimique de base. Il influe sur le comportement d'autres éléments chimiques, et notamment sur la capacité du chlore résiduel à lutter contre la contamination microbienne. Une variation brutale du pH peut être le signe d'un dysfonctionnement de l'usine de traitement de l'eau, ou d'une pollution survenue dans une masse d'eau (à la suite, par exemple, de rejets industriels illégaux).
- **Chlore** : on dispose de nombreuses méthodes simples pour mesurer le chlore résiduel, telles que des bandelettes test ou des disques colorimétriques, et même des kits d'analyse de l'eau de piscine. En outre, des testeurs numériques portatifs permettent des mesures quantitatives fiables.

En fonction du contexte local et de l'objectif d'un projet de suivi de la qualité de l'eau, des analyses chimiques supplémentaires peuvent être réalisées. On peut notamment mesurer l'**alcalinité** ou la dureté de l'eau (dont la teneur en calcium, en magnésium, etc. ; des kits de test *in situ* existent), le **chlore** (un indicateur des intrusions de sel de voirie ou d'eau saline ; des kits de tests sont disponibles), l'**oxygène dissous**, les niveaux de **carbone organique**, les **produits agrochimiques** ou les **contaminants miniers/industriels**. En outre, il est souvent intéressant d'analyser au niveau local la quantité de **métaux lourds** comme le plomb, le mercure, le cuivre ou le chrome.

Néanmoins, étant donné les technologies actuelles, c'est en laboratoire que ces tests supplémentaires sont le plus souvent effectués. Mais ceux qui nécessitent peu de moyens

techniques – il suffit, par exemple, d'un smartphone – font l'objet de travaux de recherche, notamment en ce qui concerne le [mercure](#) ou les [pesticides](#).

La variation de la conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}) et de sodium, (Na^{+}), de chlorures (Cl^{-}), des bicarbonates (HCO_3^{-}) (**RODIER et al. 2009**).

2.10 Eau et Santé

L'eau est le mode de transmission de maladies dites hydriques. Ce sont toutes les maladies qui sont causées par la consommation d'eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques. Les plus connues sont le choléra, la typhoïde, l'hépatite A et les diarrhées infectieuses (*Escherichia coli*), la dysenterie et la poliomyélite, selon l'OMS, Elles sont directement liées aux problèmes de fabrication d'eau potable, dont le coût est lourd dans les situations de pauvreté et de précarité. L'insuffisance ou l'absence des services d'alimentation en eau et d'assainissement ou leur mauvaise gestion expose les personnes concernées à des risques évitables pour leur santé.

On estime que, chaque année, plus de 829 000²⁴ personnes dans le monde meurent de diarrhée à cause de l'insalubrité de leur eau de boisson et du manque d'assainissement et d'hygiène. Cependant, la prévention de la diarrhée est en grande partie possible et on pourrait, par exemple, éviter chaque année la mort de 297 000 enfants de moins de 5 ans si on luttait contre ces facteurs de risque. Lorsque l'eau est difficile à se procurer, il arrive que les gens décident que le lavage des mains n'est pas une priorité, ce qui augmente le risque de diarrhée et d'autres maladies.

2.11 Objectifs du développement durable à l'égard de l'eau

Le sixième objectif vise un accès universel et équitable à l'eau potable, à l'hygiène et à l'assainissement d'ici 2030, en particulier pour les populations vulnérables. Il appelle également à une gestion durable de cette ressource, et mentionne la réduction du nombre de personnes souffrant de la rareté de l'eau. Cet objectif intègre la notion de gestion transfrontalière de cette ressource, essentielle à la gestion durable mais aussi favorable à la paix et à la coopération.

2.12 Ressources en eau de surface disponibles d'Haïti

Selon Trac (1990), cité G. Joseph (2006) par en Haïti dispose des ressources en eau considérables dont la seule partie renouvelable est estimée à quelques 12 milliards de m³ par an. En 1990, moins de 10% de ce potentiel était exploité. Les écoulements superficiels représentent à eux seuls plus de 90% du total des ressources en eau potentielles. En 1997, grâce à un système d'information géographique le potentiel des ressources en eau renouvelable contrairement à l'estimation précédente a été évalué à 14 milliards de m³ par an dont 12,5 milliards correspondent aux écoulements superficiels (Emmanuel et Lindskog, 2000). Selon eux, la répartition géographique des ressources en eau et leur mode d'exploitation résultent en une insuffisance de systèmes adéquats d'approvisionnement en eau potable, une faible couverture

²⁴ [Eau \(who.int\)](#)

en périmètres irrigués et l'existence d'un système d'assainissement déficient dans les principales villes du pays.

D'après Thys (1997), les ressources en eau sont abondantes mais la plupart des eaux de surface d'un débit annuel estimé à 9,5 milliards de m³ ne sont ni aménagées ni utilisées. Selon Emmanuel et Lindskog (2000), hydrologiquement, l'eau ne varie pas. La variation existe au niveau du ruissellement et de l'infiltration. Cette variation est fonction de l'occupation de l'espace, de l'activité anthropique, des activités économiques et de l'incompréhension humaine du cycle hydrologique. De ce fait, il faudrait tenir compte de l'adaptation de la société face aux conditions hydrologiques du milieu avant toute confrontation entre les besoins et les disponibilités.

Le débit des principaux cours d'eau du pays oscille entre 10 et 100 m³ /s. Cependant, les ressources sont mal réparties car cinq rivières concentrent à peu près 60% des ressources en eau du pays (MDE, 1998). Cette même source indique que le fleuve Artibonite, avec son bassin hydrographique de 9550 km² dont le tiers se trouve en République Dominicaine, représente le plus important cours d'eau du pays. Son potentiel hydroélectrique est exploité grâce au barrage de Péligre dont la capacité installée s'estime à 47,1 mégawatts. En plus, le même barrage joue un rôle de régulation des crues et d'approvisionnements des communautés avoisinantes. Le tableau suivant présente les bassins de drainage majeurs.

Tableau 2: Bassins de drainage majeurs

Numéro de bassin	Nom de rivière	Surface de Drainage (km²)	Débit maximum journalier (m³ /s)	Débit minimum journalier (m³ /s)	Débit moyen journalier (m³ /s)
III	Les trois rivières	897	1500	0,3	13,3
VI	Rivière du Limbé	312	485	0,3	4,29
VIII	Grande Rivière du Nord	663	390	0,02	7,66
X	Rivière de L'Estère	834	95,3	1,85	18,76
XI	Rivière de l'Artibonite	6862	2500	8,4	101,4
XIII	Rivière Grise	290	475	0,31	3,97
XVI	Rivière Romance	330	420	0,6	5,88
XVII	Grande Rivière de Jacmel	560	800	0,12	4,67
XXII	Rivière de Cavillon	380	1 035	07	9,42
XXIV	Ravine du Sud	330	350	0,28	4,86
XXVI	Rivière Grand 'Anse	541	850	0,7	26,85

Source : Ehrlich (1985).

2.13 Qualité des eaux de surface à Haïti

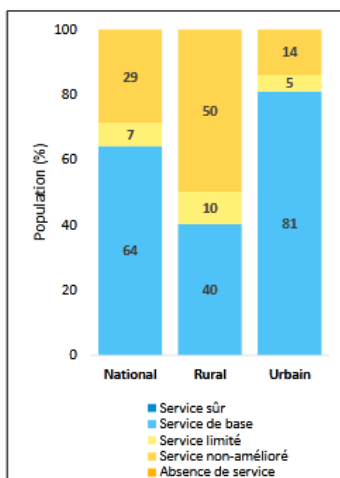
En Haïti, la chloration reste le seul mode de traitement appliqué à l'eau brute destinée à la consommation humaine (Emmanuel et Lindskog, 2000). Théoriquement, la désinfection au chlore est très économique et très efficace mais il y a des risques qui y sont associés. Le chlore, réagissant à des substances organiques contenues dans l'eau, forme des trihalométhanes qui sont susceptibles d'être des produits ayant des effets cancérigènes. Une étude menée par Markley et al. (1999) indique que la contamination de l'eau de surface d'origine domestique et industrielle a lieu un peu partout dans le pays surtout près des zones extrêmement peuplées (Port-au-Prince, 2 millions habitants). L'information spécifique sur la qualité n'est pas disponible soulignent-ils, mais beaucoup de sources indiquent que la contamination de l'eau de surface a augmenté significativement ces dernières années. Les eaux usées domestiques et l'eau de drainage agricole causent la contamination biologique de 45 l'eau de surface à proximité et en aval des rivières des zones peuplées. La contamination chimique peut être un problème sérieux près des grandes villes et des sites industriels.

2.14 Accès à des services en eau potable en Haïti

En 2017, d'après les données disponibles de la figure suivante partagée par la DINEPA, l'accès à l'eau potable en Haïti est caractérisé de la manière suivante :

- ✓ 64% de la population disposent de services de base issus d'une infrastructure améliorée accessible en moins de 30 minutes ;
- ✓ 7% de la population disposent de services limités issus d'une infrastructure améliorée, mais accessible en plus de 30 minutes ;
- ✓ 29% de la population disposent de services non-améliorés fournis par des infrastructures non-protégées telles que des sources non-captées ou des puits domestiques.

Figure 2: Accès à l'eau potable en Haïti (d'après WHO/Unicef jmp, 2017)



La classification établie ne retient aucun accès à des services sûrs issus d'une infrastructure hydraulique garantissant un accès domiciliaire permanent à de l'eau exempte de toute contamination bactériologique. De même, elle exclut un accès à des eaux de surface (rivière, canal, lac, etc.). Même si à l'échelle nationale l'accès à ces types de services est exceptionnel,

ce dernier peut néanmoins être vérifié localement dans certaines villes pour des services de qualité optimale, et, à l'inverse, dans certaines zones rurales pour un accès à des eaux superficielles.

L'inégalité de l'accès à des services en eau potable entre populations urbaines et rurales est notoire. En effet, il est mis en évidence que 50% des personnes vivant en zones rurales n'ont accès qu'à des services non-améliorés, alors que cela ne concerne que 14% des populations urbaines. Le meilleur accès à des services en eau potable en milieu urbain provient principalement de l'offre proposée par les nombreux opérateurs privés produisant de l'eau traitée par osmose inverse, vendue au niveau de kiosques ou sous forme de sachets, bouteilles ou récipients scellés d'une contenance de 5 gallons. En milieu urbain, l'eau traitée par osmose inverse constitue la principale source d'approvisionnement en eau potable destinée à la boisson, y compris auprès des populations les plus pauvres. On notera encore que le développement de kiosques privés, ainsi que la vente d'eau ensachée ou embouteillée sont en constante progression à l'échelle nationale. Ainsi, de plus en plus, de telles options deviennent accessibles, non seulement dans les villes secondaires, mais aussi au sein de localités rurales.

Par ailleurs, des campagnes d'analyses de la qualité de l'eau effectuées par la DINEPA, entre 2014 et 2015, dans les 10 départements du pays, ont ciblé plus de 300 ressources en eau utilisées pour l'approvisionnement des populations. Il apparaît notamment que 68% des sources sont contaminés par des bactéries d'origine fécale (*E. coli*). En revanche, seuls 3% des sources ou forages présentent des caractéristiques physico-chimiques ou chimiques pouvant présenter des risques sanitaires ou nuire à l'acceptance du service. D'une manière générale, l'eau souterraine utilisée dans le cadre de l'approvisionnement en eau des populations est de bonne qualité ; cependant, le risque de contamination fécale reste extrêmement important. Ce dernier s'explique notamment par la faible couverture en assainissement, par des pratiques d'hygiène inappropriées et par la dégradation de l'environnement.

2.15 Couverture en eau potable de la ville des Cayes par le système de forage de l'OREPA Sud/ DINEPA

Au niveau de la ville des Cayes notamment à Vernet, cinq (5) forages sont mis en place par l'OREPA Sud dont trois (3) d'entre eux sont fonctionnels. Ces trois (3) forages alimentent un réservoir d'une capacité de 300 mètres cubes d'eau. Les rues qui sont alimentées par ce réservoir sont Brefette, Derrière Fort, Dexia, Vernet, Village Nadia, Gabion, Quatre Chemins, et Charpentier pour environ 3500 abonnés/ménages actifs tandis que ceux inactifs sont au nombre de 500 selon les données de l'un des responsables de la DINEPA. En comparant le nombre de ménages au niveau de la ville des Cayes en 2015, soit 17884, l'on peut dire que le taux de couverture en eau du système de l'OREPA est de 22,36%. Il faut souligner que l'OREPA Sud a aussi installé un autre réservoir de capacité de 700 mètres cubes dans la localité de Nan Savann mais ce dernier est non fonctionnel.

2.16 Gouvernance de l'eau en Haïti

La loi cadre de la réforme du secteur eau et assainissement a été adoptée en février 2009 dont l'objectif est de réorganiser ce secteur, en difficulté depuis plusieurs années, pour entre autres, développer les services d'accès à l'eau potable et mettre en place les services d'assainissement. La réforme vise aussi à donner un cadre légal aux comités de gestion de l'eau potable et de l'assainissement (CAEPA), à professionnaliser les exploitants des services, à faciliter le recours au secteur privé, et à réguler les tarifs des services d'eau et d'assainissement via l'adoption d'un décret tarifaire.

C'est à la DINEPA, créée en juin 2009, qu'incombe la mise en œuvre de la réforme du secteur de l'eau. La DINEPA assurera la coordination et la régulation du secteur. Au niveau local, quatre OREPA (Organismes Régionaux de l'Eau Potable et de l'Assainissement) des systèmes urbains. En milieu rural, les CAEPA, dont les statuts sont en cours de légalisation, continueront d'assurer la gestion des systèmes.

2.17 Structure de la DINEPA

La DINEPA a pour mission d'exécuter la politique de l'état dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement autour de 3 grands axes :

- Le développement du secteur au Niveau National
- La régulation du secteur
- Le contrôle des acteurs

L'office régionale de l'eau potable et de l'assainissement (OREPA)²⁵ est une structure déconcentrée de la DINEPA, chargée de la mise en œuvre de la politique du secteur EPA dans les divisions territoriales à savoir : développer le secteur EPA au niveau régional ; régulariser le secteur EPA ; contrôler les acteurs évoluant dans le secteur EPA ; assurer la gestion commerciale et opérationnelle des systèmes d'adduction urbains et ruraux. Chaque OREPA est administré par un directeur régional relevant hiérarchiquement du directeur général de la DINEPA. Les Offices régionaux sont aux nombres de 4 et couvrent respectivement les régions du Centre, Nord, Ouest et Sud du pays :

- L'OREPA-CENTRE comprend deux (2) départements : Artibonite, Centre
- L'OREPA-NORD comprend trois (3) départements : Nord, Nord'Est, Nord 'Ouest
- L'OREPA-OUEST comprend le département de l'ouest
- L'OREPA-SUD comprend quatre (4) départements : Sud, Sud' Est, Grand'Anse et Nippes

Il faut souligner que l'OREPA SUD, n'a pas de laboratoire pour pouvoir effectuer des analyses de qualité de l'eau. Ce service n'existe nulle part au niveau de la ville des Cayes. Les analyses portant sur la qualité de l'eau se font uniquement à Port au Prince où les déplacements se font actuellement dans un contexte sécuritaire très difficile.

Les attributions de la DINEPA sont les suivantes:

²⁵ [OREPA – DINEPA](#)

- Elaborer la politique nationale du secteur de l'eau potable et de l'assainissement (EPA) en fonction des orientations du gouvernement et en coordination avec les ministères concernés et les institutions intéressés ;
- Etablir la politique de tarification de l'EPA basée sur l'efficacité économique, la viabilité financière et l'équité sociale ;
- Fixer, conformément aux instructions du gouvernement, les conditions de participations de l'état aux financements des infrastructures du secteur EPA ;
- Etablir de concert avec les ministères concernés les normes et règlements relatifs à la qualité de l'eau potable et de l'assainissement ;
- Elaborer les indicateurs de performances et les procédures permettant de mesurer les critères établis pour le secteur ;
- Attribuer les permis de fonctionnement à tous gestionnaires de système d'AEPA ;
- Evaluer les services d'EPA fournis par les gestionnaires de système en fonction des critères de qualité et de performance établis ;
- Approuver les contrats de gestion d'affermage et de concession des services d'EPA ;
- Appliquer et faire appliquer les sanctions prévues pour la violation et règlements établis pour le secteur ;
- Approuver les projets de grille tarifaire de tout gestionnaire de système d'AEPA et évaluer la qualité de service fournis par ces gestionnaires ;
- Donner son Aval sur la construction et l'installation de tout nouveau réseau de distribution d'eau ;
- Intervenir comme arbitre dans tout conflit qui pourrait survenir entre les maîtres d'ouvrage, les gestionnaires de systèmes et les usagers des services d'AEPA sans préjudices des actions éventuelles par devant les tribunaux.

2.18 Ressources eau disponibles dans le Sud d'Haïti

En 1997, le bureau du Génie de la région militaire du sud de l'armée des États-Unis a chargé le génie militaire du district de Mobile, Alabama, et le centre d'ingénierie topographique du génie à Alexandria en Virginie, de diriger une évaluation des ressources d'eau de Haïti. Dans ce rapport, il est décrit la situation des ressources en eau pour le département du Sud :

L'eau de surface :

L'eau de surface douce est perpétuellement disponible seulement dans la partie du département le long de la Plaine des Cayes. L'eau douce est disponible de très petites à très grandes quantités des rivières telles que Rivière de Cavaillon, Rivière de l'Islet, Ravine du Sud, Rivière De Torbeck, et Rivière de l'Acul. Rivière de l'Islet et Rivière de Torbeck peuvent disparaître et reparaître avant d'atteindre la côte. La capitale du département Les Cayes est située à la bouche de Ravine du sud. L'eau de surface douce est saisonnièrement disponible des ruisseaux tels que la Rivière Brodequin, la Rivière Mombin, et la Rivière de Tiburon. Beaucoup de ruisseaux sont secs pour une partie de l'année. Beaucoup de ruisseaux dans la partie de l'est du département sont profondément incisés et ont un écoulement torrentiel. Le long de la côte et sur l'île à Vache sont des zones où l'eau saumâtre et salée est disponible toute l'année.

L'eau souterraine

Les meilleures zones pour l'exploration de l'eau souterraine sont les aquifères alluviaux dans la Plaine des Cayes et les vallées de ruisseaux majeurs, telles que Rivière de Cavaillon, Ravine du Sud, Rivière de Torbeck, les étendues basses et moyennes de la Rivière de l'Acul, et la partie la plus basse de la Rivière Brodequin. Dans ces zones, qui couvrent à peu près un quart du département, l'eau souterraine douce est généralement disponible de petites à énormes quantités. La profondeur de l'eau peut être aussi profonde que 150 mètres. Ces dépôts alluviaux sont utilisés pour la provision domestique et localement des puits d'irrigation et sont aptes pour les puits à pompe à main et tactique. La capitale du département est Les Cayes. Près de la ville, l'intrusion de l'eau de mer est un problème. Quelques zones peuvent être convenables pour les puits à pompe à main, mais les puits réussis peuvent dépendre sur la rencontre des fractures contenant de l'eau. L'exploration de l'eau souterraine pendant les exercices militaires n'est pas recommandée dans le reste du département sans la reconnaissance des sites-spécifiques parce que l'eau douce est rare ou manque.

3. Méthodologie

3.1 Localisation de la zone d'étude

L'étude se déroulera au niveau de la ville des Cayes qui est comprise dans la commune des Cayes, chef-lieu du département du Sud d'Haïti. Les coordonnées géographiques de la ville sont : [18° 11' 37" nord, 73° 45' 01" ouest](#). La commune des Cayes est composée de 6 sections communales : Bourdet, Fonfrède, Laborde Laurent, Mercy et Boulmier.

Le secteur urbain est limité au sud par la Baie des Cayes (Mer des Caraïbes), à l'ouest par la Ravine du Sud, en incluant les parcelles habitées à l'ouest du cours d'eau. La limite nord correspond aux zones urbanisées du quartier Vernet et la limite au secteur de plaine urbanisé le long de la RN2 et de la rivière de l'Islet. La ville des Cayes est située à environ 190 km au sud-ouest de la capitale de Port-au-Prince.

La ville des Cayes est gérée²⁷ par un conseil communal. Sur le plan économique, le commerce demeure l'activité principale de la population. La ville des Cayes possède un aéroport : l'aéroport Antoine-Simon. Il existe de multiples plages aux alentours du département du Sud et particulièrement de la ville des Cayes. L'une des plages les plus réputées est Gelée ou chaque année, le 15 août, on fête la patronale de la ville.

Dans la ville même et dans les environs il y a plusieurs usines de transformation du "Vétiver" en huiles destinées à l'exportation. Tout autour de la ville beaucoup de bonnes terres agricoles produisent du maïs, du riz et de la canne-à-sucre, maintenant en voie de disparition.

Sur le plan éducationnel, au niveau secondaire, la ville compte deux lycées : le lycée Philippe Guerrier et le lycée Claudy Museau. Ainsi que plus d'une vingtaine d'écoles privées. Parmi celles-ci, on peut citer les plus remarquées : les collèges Saint-Jean, Sainte Marie des Anges, Externat Saint Joseph, Frère Odile Joseph et Frère Fabien Caron tous les trois sont gérés par l'Église catholique. Au niveau Universitaire, il y a au moins 5 Universités dans la ville.

La ville des Cayes reçoit de 1000 et 3000 mm de pluie par an et est inondée régulièrement en raison de sa faible altitude au-dessus de la mer (1 à 5 mètres) et de la dégradation du bassin versant des rivières qui y rejoignent la mer. Cette situation n'est pas nouvelle. À l'époque coloniale, le plan directeur de la ville prévoyait un réseau de canaux destiné à réguler l'écoulement des eaux.

3.3 Délimitation de la ville des Cayes

La ville des Cayes est située dans la plaine est limitée, au Nord par la rivière de l'Islet et le Bois l'Etat, au Sud et à l'Est par la mer; à l'Ouest, par la ravine du Sud et partiellement par des localités des Sections de la Commune de Torbeck et de la Plaine à Jacob

3.4 Processus méthodologique

La présente étude s'inscrit dans la vérification de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux destinées à la consommation humaine de la ville des Cayes et issues de différentes sources. Pour atteindre l'objectif du travail, la méthodologie suivante a été adoptée : recherche documentaire, enquête exploratoire, catégorisation des sources de consommation en eau de boisson, échantillonnage, analyses physicochimique et bactériologique, enquête formelle, traitement et analyse des données.

3.4.1 Recherche documentaire

Certains documents tels que les livres, les thèses, les travaux de fin d'étude ont été consultés afin d'obtenir les informations afférentes à notre étude.

3.4.2 Enquête exploratoire

Des sources de consommation en eau de boisson existantes ont été visitées ainsi que le CTE des Cayes aussi pour mieux comprendre la situation de l'accès à l'eau au niveau de la ville. La majorité des rues de la ville ont été aussi sillonnées pour avoir une vue globale de la

²⁷ [https://fr.wikipedia.org/wiki/Les_Cayes_\(ville\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Les_Cayes_(ville))

localisation des sources en eau de boisson et sur la situation socioéconomique globale de la population. Ce travail nous a permis de sélectionner un échantillon représentatif des sources au niveau des rues. Cette phase préliminaire a été nécessaire pour bien cadrer le questionnaire préalablement conçu et acquérir une connaissance de terrain. L'OREPA sud aussi été contacté pour mieux comprendre son rôle dans le secteur et la facilitation de l'accès à l'eau pour la communauté.

3.4.3 Typologies

3.4.3.1 Sources de consommation en eau de boisson

La catégorisation été faite à partir des informations recueillies lors de l'enquête exploratoire, et la population statistique est constituée de l'ensemble des sources de consommation en eau de boisson existantes au niveau de la ville des Cayes et de ses environs. De ce fait, le critère «sources en eau de boisson » pour tenir compte de l'hétérogénéité existant entre les sources et ainsi les classer. Pour y parvenir, nous avons identifié les types de sources de consommation en eau de boisson. Ainsi, nous avons formé cinq (5) catégories de sources de consommation en eau de boisson qui sont les suivantes :

- Catégorie 1 : La source de consommation en eau de boisson est « Achat d'eau au niveau des entreprises par gallon/sachet/bidon »
- Catégorie 2 : La source de consommation en eau de boisson est « Eau collectée au niveau des toits des maisons/Eau de pluie »
- Catégorie 3 : La source de consommation en eau de boisson est « Prise privée de la DINEPA /Eau de la DINEPA (Forage)
- Catégorie 4 : La source de consommation en eau de boisson est « Puits/pompes à bras communautaire (moins de 20 mètres) »
- Catégorie 5 : La source de consommation en eau de boisson est « Puits/pompes à bras privé (moins de 20 mètres) »

3.4.3.2 Chefs de ménages- consommateurs

Pour la typologie, le critère qui a été retenu est la situation actuelle des chefs de ménage en vue d'avoir une idée de leur niveau économique. Trois types de ménages ont été ainsi identifiés et sont présentés comme suit :

- Type I : Chef de ménage ayant un emploi
- Type II : Chef de ménage sans emploi
- Type III : Chef de ménage ayant un travail indépendant

3.4.4 Echantillonnages

Echantillonner, c'est choisir un nombre limité d'individus ou d'évènement dont l'observation permet de tirer des conclusions appréciables à la population entière à l'intérieur de laquelle le choix a été fait (BILOSO, 2008). Dans le cadre de cette étude, l'échantillonnage a été fait à deux niveaux. L'un concerne les sources de consommation en eau de boisson et l'autre se rapporte aux enquêtés.

3.4.4.1 Echantillonnage des sources de consommation en eau de boisson

L'échantillonnage des sources de consommation en eau de boisson a eu lieu au mois d'Avril, ce qui a été notamment très important notamment pour l'analyse des puits. Car les valeurs obtenues ont reflété leurs caractéristiques réelles. Grâce à l'enquête exploratoire, nous avons disposé des informations sur les types de sources de consommation en eau de boisson utilisées par les habitants. La méthode d'échantillonnage aléatoire stratifiée a été adoptée. L'échantillon est réparti de façon aléatoire au niveau des types de sources en eau de boisson formées connues sous le nom de strates. Le tableau présente la répartition de l'échantillon par catégorie.

Tableau 3: Répartition de l'échantillon des sources de consommation en eau de boisson

Catégorie	Taille de l'échantillon
I	8
II	1
III	2
IV	10
V	1
Total	22

Source: données de l'auteur (Avril 2022)

3.4.4.2 Echantillonnage des enquêtés

Dans le but d'apporter des éléments de réponse à certaines questions de recherche formulées dans le cadre de l'étude, il a été déterminant de réaliser une enquête auprès de la population. Pour ce faire, nous avons eu recours à la méthode d'échantillonnage aléatoire stratifiée a été adoptée. L'échantillon est réparti de façon aléatoire au niveau des types connus sous le nom de strates. Le tableau présente la répartition de l'échantillon par catégorie.

Tableau 4: Répartition des enquêtés selon leurs rues/quartiers

Catégorie	Taille de l'échantillon
I	37
II	55
III	38
Total	130

Source: données de l'auteur (Avril 2022)

3.4.5 Prélèvement et Identification des échantillons d'eau

Chaque échantillon d'eau a été bien identifié par l'auteur avec des informations suivantes : date et l'heure du prélèvement, nom et numéro de l'échantillon, lieu du prélèvement, provenance de l'échantillon (puits, robinet, entreprise), état sanitaire des lieux. Nous avons effectué un prélèvement par source de consommation en eau de boisson sélectionnée. La procédure de prélèvement de l'échantillon d'eau a été faite en deux (2) tâches différentes : (1) prélever un échantillon d'eau ; (2) remplir un questionnaire portant sur les caractéristiques de l'eau et de son environnement physique. Les échantillons d'eau prélevés dans les différentes sources seront mis dans des bouteilles/flacons/sachets adaptés préalablement lavés à l'acide nitrique puis à l'eau distillée. Avant remplissage des bouteilles, ils ont été lavés trois fois avec l'eau à prélever. Le remplissage des bouteilles a été fait à ras bord puis le bouchon vissé afin d'éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère. Certains échantillons ont été conservés en glacière réfrigérée pendant le transport jusqu'au lieu où les analyses seront effectuées. Les tests physiques, chimiques et bactériologiques ont été effectués aux Cayes par l'auteur à l'aide de tests colorimétriques et des appareils électroniques. Deux (2) modèles de test²⁸²⁹ ont été achetés à la charge de l'auteur et utilisés pour analyses des eaux.

3.4.6 Cartographie des sources d'eau

Un GPS a été utilisé pour repérer chaque eau de consommation en eau de boisson échantillonnée. Le système de coordonnées géographiques « latitude et longitude », a été utilisé puisque c'est celui le plus utilisé par défaut par les GPS.

3.4.7 Analyses des paramètres physiques

Dans le cadre de l'étude, les principes³⁰ et les étapes qui ont été adoptées pour les analyses bactériologiques et physicochimiques et organoleptiques s'inscrivent en annexes dans le document fiche technique de la DINEPA intitulé échantillonnage et analyse de l'eau potable pour laboratoires simplifiés.

Les paramètres physiques correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser. Le pH, la température et la conductivité électrique, ont été déterminés dans le cadre de cette étude en référence à ces deux travaux de recherche réalisés sur l'eau³¹ et **ADE, 2011**. Les valeurs obtenues ont été comparées à celles limites de l'OMS indiquées dans le **tableau 1**. Les mesures concernant la détermination de ces paramètres ont été faites in situ car leur concentration serait modifiée durant le transport des échantillons.

3.4.7.1 pH

C'est l'un des paramètres les plus importants pour l'évaluation de la qualité d'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (**RODIER et al., 2009**). Pour la détermination du pH, nous avons utilisé une

²⁸ [Amazon.com : Coliform Bacteria Test Kit for Drinking Water - Easy to Use 48-Hour Water Quality Testing Kit for Home Tap & Well Water | EPA Approved Testing Method | Made in The USA | Incl. E Coli | 4-Pack : Patio, Lawn & Garden](https://www.amazon.com/Coliform-Bacteria-Test-Kit-for-Drinking-Water-Easy-to-Use-48-Hour-Water-Quality-Testing-Kit-for-Home-Tap-Water-EPA-Approved-Testing-Method-Made-in-The-USA-Incl-E-Coli-4-Pack-Patio-Lawn-Garden)

²⁹ [17 in 1 Premium Drinking Water Test Kit - 100 Strips + 2 Bacteria Tests - Home Water Quality Test - Well and Tap Water - Easy Testing for Lead, Bacteria, Hardness, Fluoride, pH, Iron, Copper and more!: Amazon.com: Industrial & Scientific](https://www.amazon.com/17-in-1-Premium-Drinking-Water-Test-Kit-100-Strips-2-Bacteria-Tests-Home-Water-Quality-Test-Well-and-Tap-Water-Easy-Testing-for-Lead-Bacteria-Hardness-Fluoride-pH-Iron-Copper-and-more-Industrial-Scientific)

³⁰ [1.3.1 FIT1 Echantillonnage et analyse de l'eau potable.pdf \(dinepa.gouv.ht\)](https://www.dinepa.gouv.ht/1.3.1.FIT1.Echantillonnage-et-analyse-de-l-eau-potable.pdf)

³¹ [PDF Analyse de l'eau du Poncia \(Gembloux\) | Gilles Olive - Academia.edu](https://www.academia.edu/11111111/PDF-Analyse-de-l-eau-du-Poncia-Gembloux-Gilles-Olive)

méthode électrométrique avec électrode qui consiste à plonger dans l'échantillon, une électrode spécifique **(ADE, 2011)**. La mesure a été faite en :

- Appuyant sur le bouton ON/OFF pour mettre l'appareil sous tension ;
- Rinçant l'électrode avec l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir jetable ;
- Plongeant l'électrode dans la solution à mesurer à une profondeur minimum de quatre centimètres ;
- Attendant que la valeur soit stable avant la lecture ;
- Rinçant à nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et l'essuyer avec un mouchoir **(Boubekeur HACHEMAOUI, 2014)**.

3.4.7.2 Température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment) **(SARI, 2014)**. Dans le cadre cette étude, pour chaque échantillon sélectionné, elle a été déterminée sur les lieux de prélèvement par l'auteur à l'aide d'un thermomètre incorporé au pH mètre, étalonné. La température est exprimée en degré Celsius.

3.4.7.3 Conductivité électrique

La détermination de la conductivité a été faite par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage a été appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et la chute du voltage due à la résistance de la solution a été utilisée pour calculer la conductivité par centimètre. Cette opération a été réalisée par un conductivimètre après les étapes suivantes :

- Allumer l'appareil.
- Agiter l'échantillon doucement et verser 100ml de l'eau à analyser dans un bécher propre.
- Rincer la sonde avec de l'eau ultra pure puis avec de l'eau à analyser.
- Immerger la sonde dans l'échantillon et essayer d'éliminer les bulles d'air au cours de la stabilisation de la mesure avec une simple agitation de la sonde.
- Enregistrer la valeur de la conductivité électrique et la température qui sont affichées sur l'appareil après la stabilisation de la lecture.
- Rincer la sonde et arrêter l'appareil. **(Boubekeur HACHEMAOUI, 2014)**.

3.4.8 Analyses des paramètres chimiques

Les paramètres chimiques présents dans l'eau sont nombreux et certains d'entre eux comme les éléments traces nécessitent dans analyses microscopiques pour leur détermination. Pour ce qui est de cette étude, la dureté, le fer, cuivre, plomb, manganèse, chlore total, mercure, nitrate, nitrite, sulfate, zinc, chlorure de sodium et l'alcalinité total, ont été pris en considération. Les échantillons d'eau prélevés au niveau des différentes sources ont été analysés à l'aide de test colorimétriques. La détermination des valeurs a été faite en mg/L. Les valeurs trouvées ont été comparées à celles des normes, valeurs guides, valeur limites de l'OMS.

3.4.9 Analyses des paramètres bactériologiques

La qualité microbiologique des eaux présente un facteur important qui doit être vérifiée lors de l'étude de la potabilité de l'eau. Les analyses microbiologiques ont permis d'identifier³² et de dénombrer les Streptocoques fécaux, les Coliformes totaux, Coliformes fécaux et les Clostridium perfringens. En référence³³ à cette étude réalisée sur l'eau, il n'existe aucun indicateur microbiologique de pollution fécale qui soit parfait. Toujours selon cette étude, les indicateurs E. coli, entérocoques et les coliphages F-spécifiques sont complémentaires et permettent d'augmenter la probabilité de détecter une contamination fécale associée à un risque de la présence de virus, de bactéries et de protozoaires pathogènes d'origine entérique.

Selon la DINEPA³⁴, une analyse bactériologique devra déterminer la concentration de E. Coli. Car, la présence de cette bactérie indique un risque de contamination fécale. Donc, l'étude en question a été portée son analyse sur la concentration de E. Coli dont la valeur obtenue a été comparée avec celle des normes de l'OMS. Selon, l'OMS l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale est en fait Escherichia Coli, membre du groupe des coliformes thermotolérants.

Pour la détermination de E. Coli, nous avons utilisé la méthode d'Aquagenx, car elle permet d'incuber sans énergie électrique. La procédure a été la suivante :

- Préparez la zone de travail
- Recueillez 100 ml d'échantillon d'eau avec le Sac Thio™Whirl-Pak™
- Ajouter le milieu de croissance Aquagenx EC + TC à l'échantillon dans le Sac Thio Whirl-Pa
- Versez l'échantillon avec le milieu dissous du Sac-Thio dans le Sac aux Compartiments Aquagenx
- Fermer le sac hermétiquement
- Période d'incubation et températures
- Notez et enregistrez les résultats des tests NP
- Décontaminez l'échantillon

3.4.10 Analyses des paramètres organoleptiques

Une partie des ménages a été enquêtée, à l'aide d'un questionnaire, pour apprécier les caractères organoleptiques (couleur, odeur et goût de l'eau) des différentes eaux de boisson. L'étude a recueilli aussi des informations sur l'environnement des sources d'eau sélectionnées.

3.4.11 Enquête formelle

L'enquête formelle a été portée essentiellement sur le choix des consommateurs par rapport aux différentes sources de consommation d'eau. Des informations additionnelles sur les caractéristiques socio-économiques de ces ménages ont été aussi collectées afin d'expliquer leur choix. Une fiche d'enquête a été élaborée pour recueillir ces informations. M water a été utilisée pour collecter rapidement les données. Cent trente (130) ménages répartis dans treize (13) rues ont été sélectionnées. Le nombre de personnes enquêtées par quartier/rue est basé sur la

³² [French-PA-CBT-ECTC-Instructions-Eau-Potable-20200504.pdf \(aquagenx.com\)](#)

³³ [ÉTUDE SUR LA QUALITÉ DE L'EAU POTABLE DANS SEPT BASSINS VERSANTS EN SURPLUS DE FUMIER ET IMPACTS POTENTIELS SUR LA SANTÉ - MÉTHODOLOGIE \(gouv.qc.ca\)](#)

³⁴ [1.3.1 FIT1 Echantillonnage et analyse de l'eau potable.pdf \(dinepa.gouv.ht\)](#)

méthode du calcul d'échantillon de François, ³⁵(2012) qui stipule que dans le cas de l'échantillon indépendant pour une population mère infinie, la formule donnant la taille « n » minimum de l'échantillon est :

$$n = t^2 p(1-p) / e^2 \text{ avec :}$$

n : Taille de l'échantillon pour une population mère très grande (infinie) ;

t : Coefficient de marge déduit du Taux de confiance « s » ; Pour un niveau de confiance s = 95%, t = 1.96.

p : Proportion (connue ou supposée, estimée) des éléments de la population-mère qui présentent une propriété donnée. (Lorsque p est inconnue, on utilise p = 0.5). (On dit aussi : Probabilité de succès ou probabilité de réalisation positive).

q = 1-p : Probabilité d'échec ou probabilité de réalisation négative ;

e : Marge d'erreur que l'on se donne pour la grandeur que l'on veut estimer (par exemple on veut connaître la proportion réelle à 5% près).

Ainsi, dans le cadre de ce travail, pour un événement ayant une probabilité de réalisation de 50% en prenant un niveau de confiance de 95% et une marge d'erreur de 10%, la taille de l'échantillon est : $n = (1,96)^2 \times 0,5 \times 0,5 / 0,1 = 9,6=10$ personnes par quartier/rues. L'effectif de l'échantillon est présenté dans le tableau ci-dessous :

Dans le cadre de l'étude, le nombre de ménages enquêtés représente une limite pour l'étude.

Tableau 5: Répartition des enquêtés par rue/bloc

Rues/Quartiers/Blocs	Nombre de personnes enquêtées	Poids (β%)
Avenue Cartagena	10	7.69
Bergeaud	10	7.69
Boulevard 4 Chemins	10	7.69
Brefete	10	7.69
Centre-Ville	10	7.69
Charpentier	10	7.69
Derrière fort	10	7.69
Dexia	10	7.69
Gelée	10	7.69
Pont Salomon	10	7.69
Vernet	10	7.69
Village Antoine Simon	10	7.69
Wharf Masse	10	7.69
Total	130	100%

3.4.12 Analyse statistique des données et discussion

Dans le cadre de l'étude, la présentation des données a été faite généralement sous forme de tableaux et de graphes en utilisant le tableur Excel. Les discussions ont porté essentiellement sur la comparaison des valeurs limites et valeurs guides de l'OMS et celles des analyses effectuées à l'aide de kits colorimétriques, etc.

³⁵ [Mémoire Online - Gestion des mobiliers urbains dans la ville de Parakou. - Odjoutchoni Aimé AKPAO](#)

3.4.13 Systématisation des données

La systématisation des données a été importante pour les décisions appropriées et la valorisation des connaissances. Le rapport de ce travail de recherche a été partagé à l'OREPA Sud/ DINEPA, aux ONG intervenant dans le Sud d'Haïti, aux étudiants et sur le site de CATIE.

4. Résultats et discussions

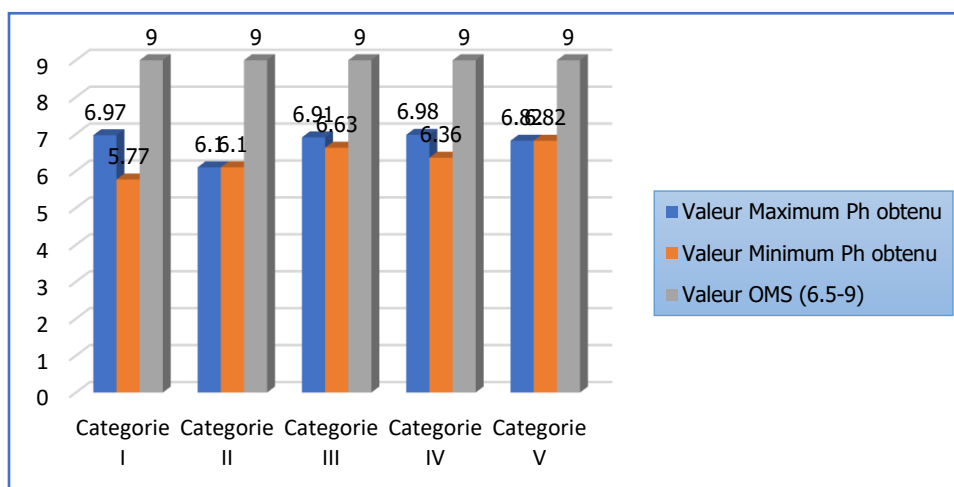
4.1 Paramètres physiques

Les résultats présentés dans cette section portent sur des paramètres physiques à savoir le pH, la température et la conductivité. Les valeurs obtenues au cours de notre enquête pour ces paramètres sont comparées à celles limites et guides de l'OMS. Car, il est important d'avoir une idée sur les risques sanitaires qu'encourent la population en consommant l'eau ne répondant pas aux valeurs limites et guides de l'OMS.

4.1.1 pH

Selon le graphe ci-dessous et les données de l'enquête, tous les échantillons d'eaux de boisson faisant partie de notre échantillon ont un pH de moins de 7. En revanche, seulement 50.00 % des eaux de la catégorie I ont un pH de moins de 6.5 situant dans l'intervalle recommandé par l'OMS. Ces eaux ne répondent pas aux références de l'OMS. Ce sont des eaux très acides ou agressives qui corrodent les parties métalliques des matériels de canalisation et distribution selon les recherches effectuées. Et cette corrosion s'accroît malheureusement avec la température. Or, au niveau de la ville des Cayes, la température de l'air ambiante est élevée notamment en raison de sa position géographique (ville côtière). Donc, la pérennité des installations est en jeu avec la température.

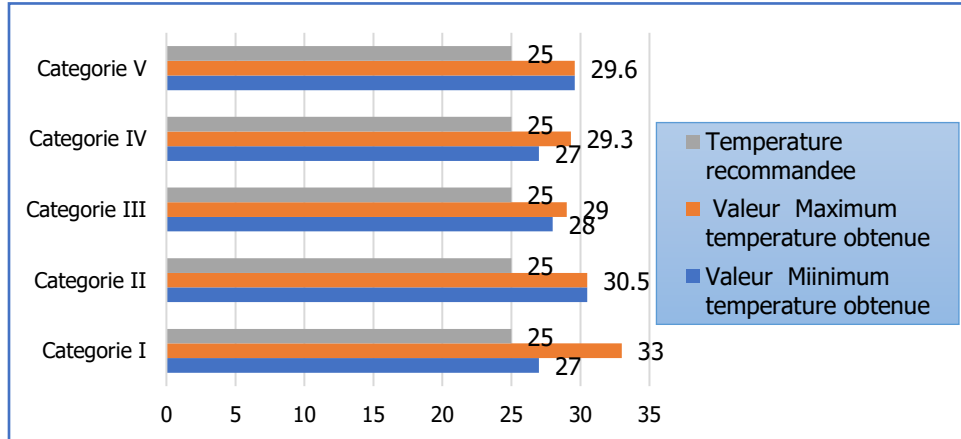
Graphe 1: Comparaison des valeurs obtenues du pH et celles recommandées par l'OMS



4.1.2 Température

Selon le graphe ci-dessous, globalement, les valeurs obtenues pour les températures moyennes des eaux constituant notre échantillon dépassent 25°C, ce qui est la référence de l'OMS pour l'eau de boisson à usage humain. On peut dire que la température des eaux est fortement influencée par les conditions environnementales de la ville (ville côtière), à l'hydrologie et surtout au climat. En général, la température des eaux de surface est influencée par la température moyenne de l'air au niveau de la ville (28°C) et ceci d'autant plus que leur est peu profonde. En effet, la nappe phréatique est haute au niveau de la ville des Cayes.

Graphe 2: Comparaison des valeurs obtenues de la température et celles recommandées par l'OMS

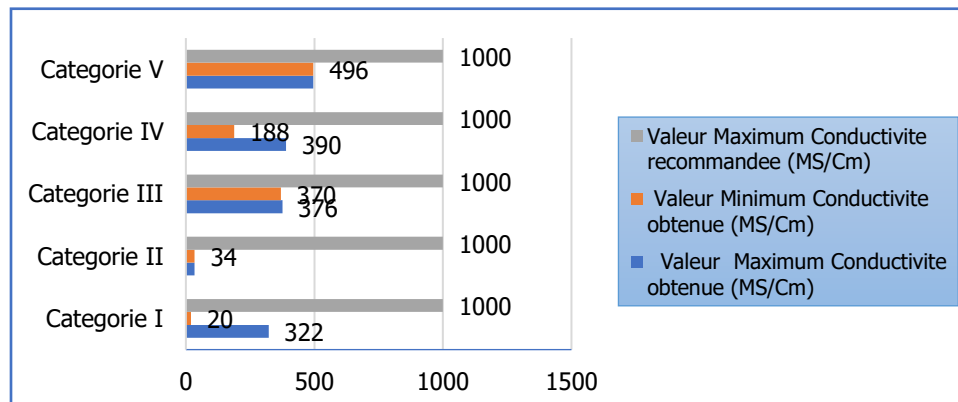


4.1.3 Conductivité

Selon l'OMS, pour que l'eau de boisson soit potable, elle doit avoir une conductivité comprise entre $250 < C < 1000$ u S/cm.

Le graphe ci-dessous nous montre, avec une valeur de 34 u S/cm que l'eau consommée au niveau de la catégorie II, autrement dit l'eau de pluie, a une très faible conductivité ou de solides totaux dissouts et donc ne respecte les valeurs guides de l'OMS. Par ailleurs, l'étude révèle aussi que 87.5% des eaux vendues par les entreprises privées (Catégorie II) ont une conductivité allant de 32 à 86 u S/cm et donc ont aussi des valeurs qui ne s'alignent pas avec celles recommandées par l'OMS. Selon des études, ce sont des eaux faiblement minéralisées qui peuvent être corrosives pour les canalisations et les appareils de chauffage. Elles peuvent entraîner une dissolution des métaux toxiques comme le plomb. Il faut souligner aussi qu'il semblerait qu'il y a une entreprise qui vend de l'eau de puits pour de l'eau traitée par osmose inverse. Enfin, les sources de consommation en eau de boisson des catégories III, IV, V ont des valeurs guides de l'OMS.

Graphe 3: Comparaison des valeurs obtenues de la conductivité et celles recommandées par l'OMS

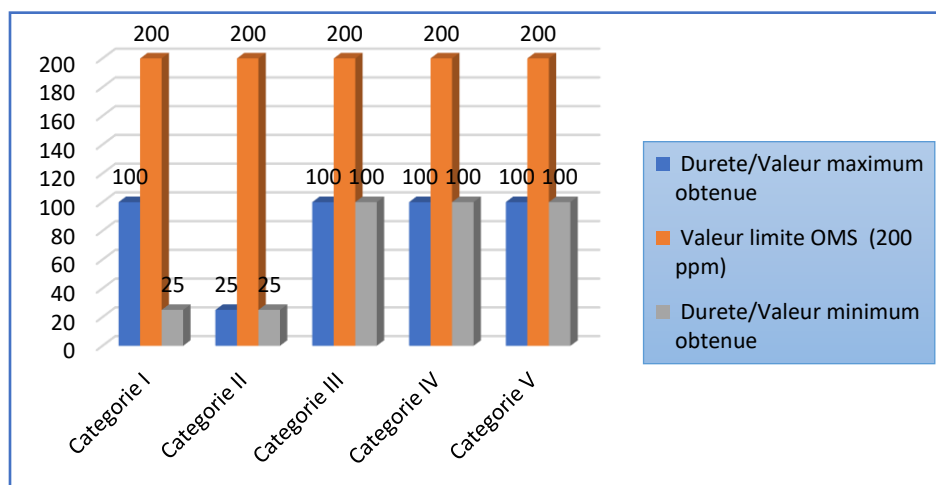


4.2 Paramètres chimiques

4.2.1 Dureté de l'eau

On constate que dans l'ensemble les valeurs obtenues pour la dureté des eaux au niveau des catégories correspondent à celles guides de OMS. Les valeurs les plus fortes de dureté sont observées au niveau des catégories III, IV et V constituées de l'eau de la DINEPA, des puits communautaires et privées, sauf pour une entreprise de la catégorie I qui vend de l'eau de puits en lieu et place de l'eau traitée par osmose inverse, d'où ce qui explique notamment une conductivité relativement élevée pour ces échantillons.

Graph 4: Comparaison de la dureté des échantillons prélevés et de la valeur limite OMS



4.2.2 Sulfure d'Hydrogène

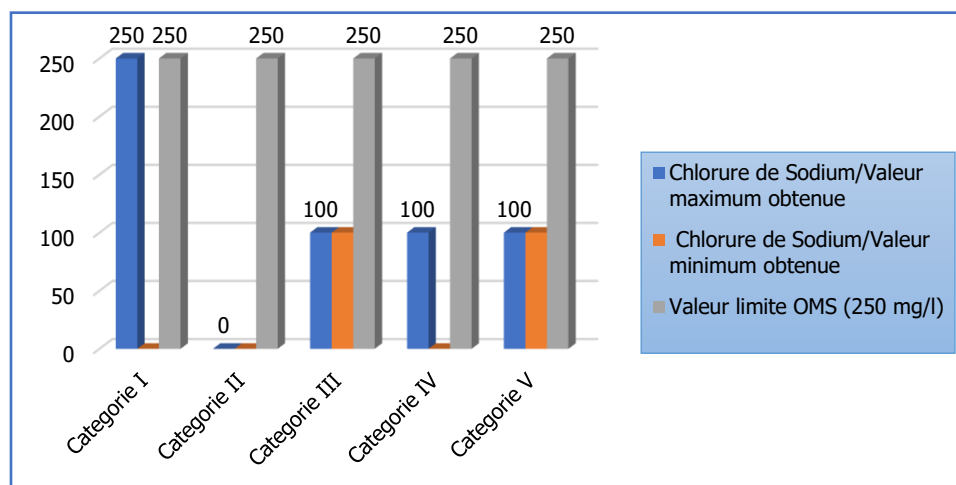
Selon les données de l'enquête, les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de sulfure d'hydrogène.

4.2.3 Chlorure de Sodium

L'OMS recommande pour la teneur en chlorure de sodium dans une eau destinée à la consommation humaine (eau potable) une valeur guide de 250 mg/l (voir tableau 1).

Les prélèvements ont montré que les eaux des catégories I, III, IV, V présentaient les teneurs en chlorure les plus élevées correspondant à la valeur guide de l'OMS avec un pic égal à 250 mg/L dans l'un des prélèvements de la catégorie I. L'eau de pluie ne renferme pas de chlorure de sodium. Il faut souligner aussi que l'eau de boisson de deux (2) entreprises sur huit (8) renferme du chlorure du sodium.

Graphe 5: Comparaison des valeurs obtenues du Chlorure de Sodium et celles recommandées par l'OMS



4.2.4 Fer

Selon les données de l'enquête, les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de fer.

4.2.5 Cuivre

Selon les données de l'enquête, les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de cuivre.

4.2.6 Manganèse

Selon les données de l'enquête, les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de manganèse.

4.2.7 Nitrate

Selon les données de l'enquête, les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de nitrate. Cela explique pourquoi les engrais azotés, source importante de pollution, n'est pas si fréquente dans ces zones.

4.2.8 Plomb

Selon les données de l'enquête, les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de plomb.

4.2.9 Fluorure

Selon les données de l'enquête, les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de fluorure.

4.2.10 Nitrite

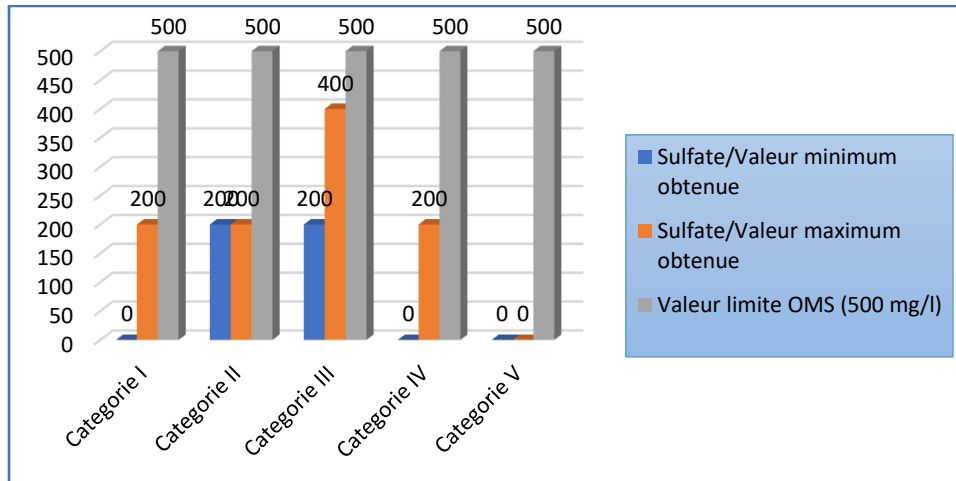
Selon les données de l'enquête, les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de nitrite.

4.2.11 Sulfate

Le graphe ci-dessous nous montre que le sulfate est présent dans toutes les catégories de sources en eau de boisson constituant notre étude. Quant aux teneurs des eaux analysées, elles ne dépassent pas la valeur limite de l'OMS en matière de potabilité et donc peuvent être

consommées sans danger pour la consommation humaine. Les eaux de robinet renferment des teneurs plus élevées que celles des entreprises et des puits. Ce niveau élevé peut provoquer le gout désagréable de l'eau du robinet.

Graphe 6: Comparaison des valeurs obtenues de la sulfate et celles recommandées par l'OMS



4.2.12 Alcalinité de l'eau

L'alcalinité totale³⁶ est une mesure en parties par million de tous les alcalins présents dans un échantillon. Par conséquent, l'alcalinité totale est une mesure de la capacité de l'eau à résister aux changements pH. L'alcalinité d'une eau³⁷ correspond à la présence d'hydrogénocarbonates ou bicarbonates (HCO_3^-), de carbonates (CO_3^{--}), d'ions hydroxydes (HO^-) et d'une façon plus limitée, aux ions silicates (HSiO_3^{--}), phosphates (PO_3^{----}) ou encore aux espèces moléculaires des acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité, exprimée en HCO_3^- , varie de 10 à 350 mg/L.

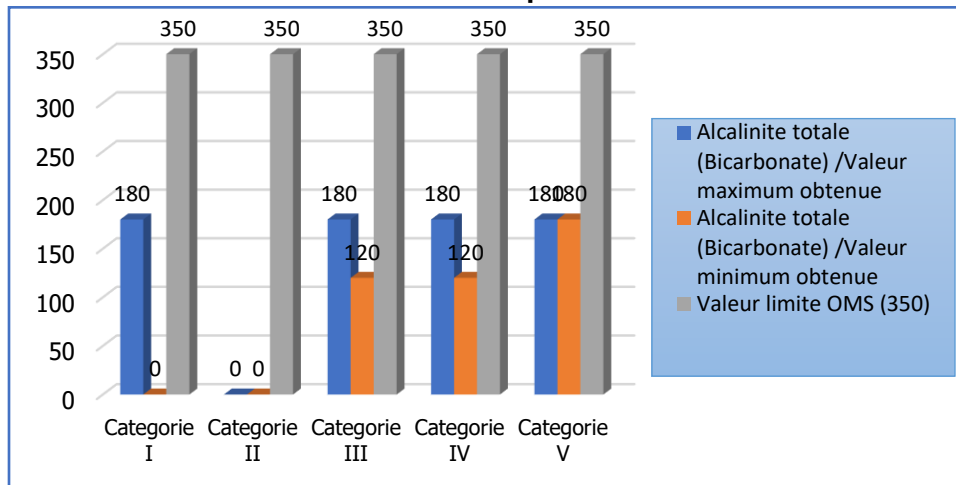
D'un point de vue minéralogique, les bicarbonates prédominent dans la composition de la plupart des eaux de surface. C'est la mesure du pH qui permet de déterminer la présence de ces éléments. Les bicarbonates sont trouvés en général entre 6,4 et 10,3 alors que les carbonates sont trouvés au-delà et en dessous de 6,4, les bicarbonates et les carbonates sont remplacés par du CO_2 libre.

Selon le graphe ci-dessous, les valeurs de bicarbonate obtenues varient obtenues évoluent entre 120 et 180 mg/l et correspondent aux normes de l'OMS. Les valeurs les plus élevées sont observées dans les prélèvements des eaux des catégories III, IV et V, sauf pour une entreprise de la catégorie I qui vend de l'eau de puits en lieu et place de l'eau traitée par osmose inverse. Ce constat permet de confirmer qu'il existe une forte corrélation entre les valeurs de pH et les teneurs en bicarbonate car un pH acide conduit à des teneurs en bicarbonate élevées. L'eau de pluie ne renferme pas de bicarbonate.

³⁶ [Alcalinité - Aperçu des paramètres de qualité de l'eau et produits | Hach®](#)

³⁷ [Mémoire Online - Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal - Cheikh Fall](#)

Graphe 7: Comparaison des valeurs obtenues de l'alcalinité totale (bicarbonate) et celles recommandées par l'OMS



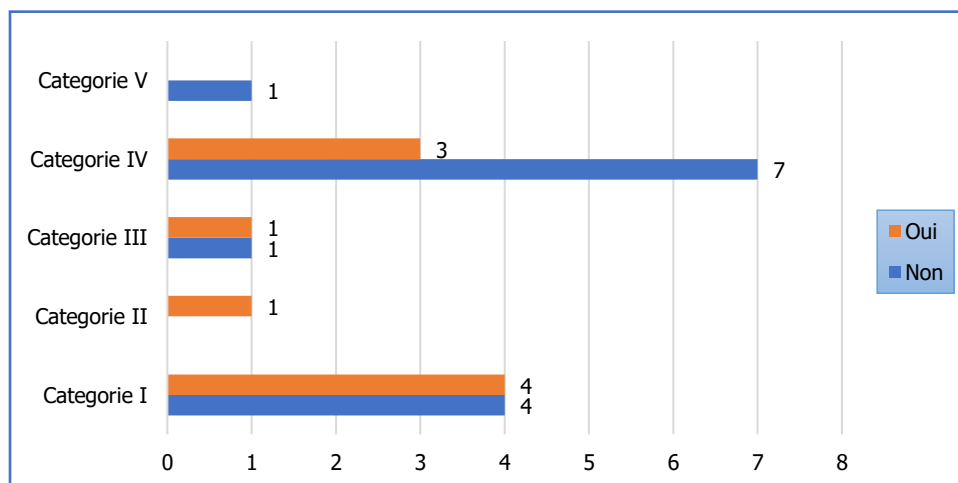
4.2.13 Zinc

Selon les données de l'enquête, les échantillons prélevés ne présentent aucune trace de zinc.

4.3 Paramètres bactériologiques

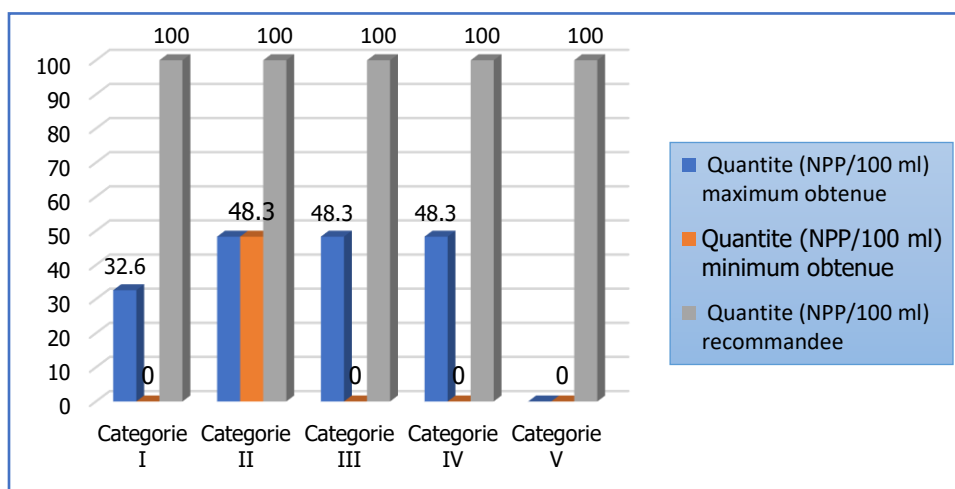
Nous constatons sur le graphe suivant que 4 catégories sur 5 des sources en eau de boisson constituant notre échantillon présentent de l'E. coli, cela veut dire qu'il y a l'existence quasi certaine de la contamination fécale de l'eau. En effet, c'est le cas pour 50% des entreprises privées de la catégorie I. Ce constat est le même pour les eaux de consommation de la catégorie II. Nous avons détecté la présence d'E coli au niveau de 30% des puits de la catégorie IV. La présence d'E. coli dans les échantillons d'eau prélevée est due à leur localisation et liée au haut niveau de la nappe phréatique dans la zone. Nous avons remarqué que les points d'eau sont situés au niveau des espaces logeant à la fois des églises/écoles et de grandes agglomérations. Les puits communautaires sont situés dans des marécages, à côté des ravines, rivières.

Graphe 8: Répartition des échantillons de source en eau de boisson selon leur présence/absence d'E. coli



Eu égard au graphe ci-dessous, des échantillons d'eau de consommation des catégories II, III et IV ont une concentration ayant une valeur maximale de 48.30/100 ml, ce qui est très dangereux pour la santé humaine. En effet, car l'OMS recommande 0/100ml. Par conséquent, sa détection dans l'eau doit donc être considérée comme reflétant la présence possible de microorganisme pathogènes d'origine fécale ou entérique(WHO,2011). E. coli est d'origine d'excréments humains et animaux, car il n'existe pas dans l'environnement naturel. Il peut cependant survivre quelques mois dans l'eau , le sol ou sur les plantes, bien qu'il se reproduise bien rarement dans ces milieux (Edberg et al., 2000 ; Sante Canada ,2012 ; WHO, 2011)³⁸, à moins que des conditions de température élevée et la présence de nutriments le permettent (Brandl, 2008; Hardina et Fujioka, 1991).

Graphe 9: Répartition des échantillons de source en eau de boisson selon leur NPP/100ml

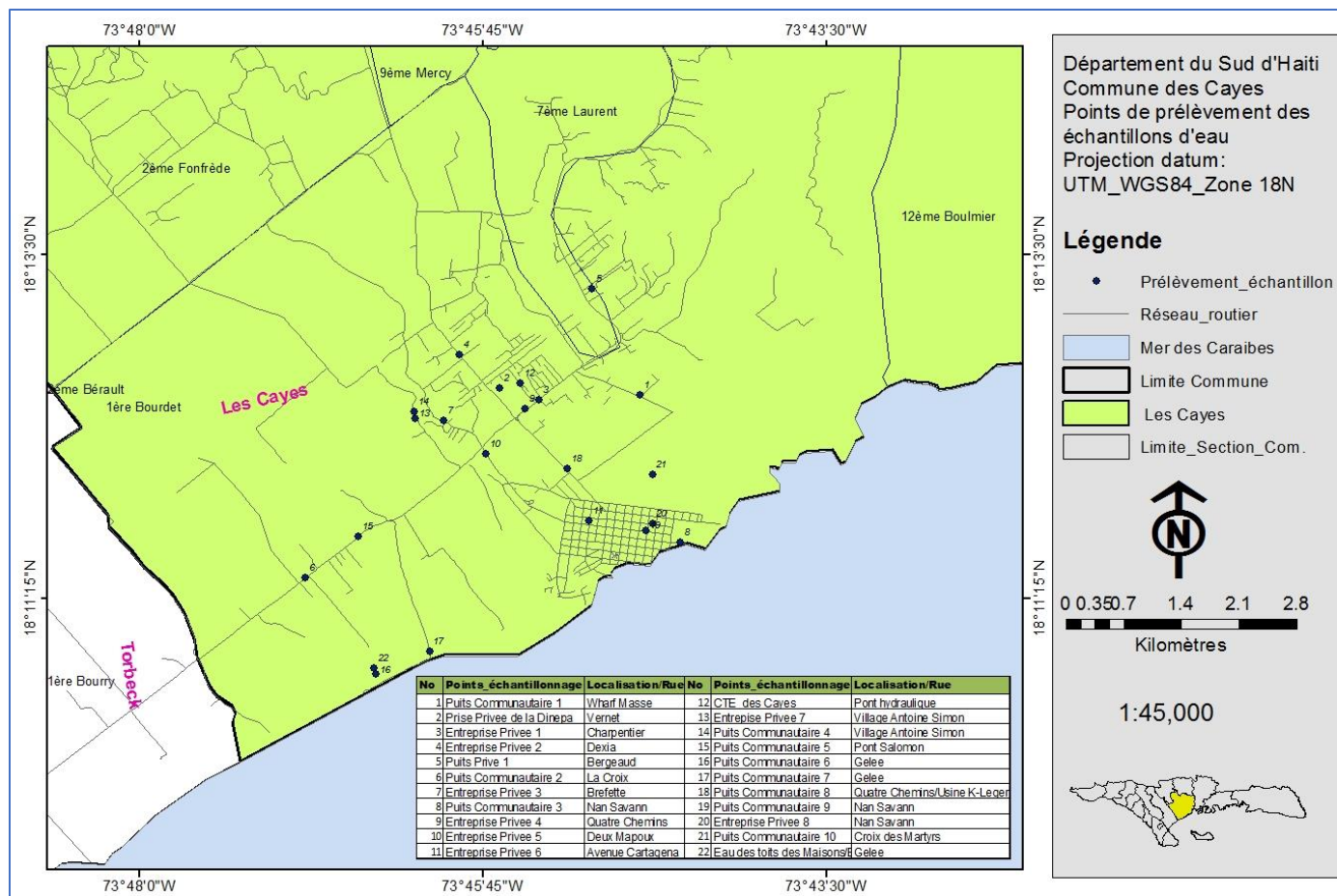


³⁸[Escherichia coli | Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine | INSPQ](#)

4.4 Cartographie des points de prélèvements des échantillons d'eau

La carte ci-dessous nous montre la répartition des échantillons d'eau prélevés dans le cadre de l'étude. Au total, 22 échantillons prélevés au niveau de la ville à travers au moins 10 rues/blocs.

Carte 2: Cartographie des échantillons d'eau prélevés dans le cadre de l'étude



4.5 Résultats socio-économiques

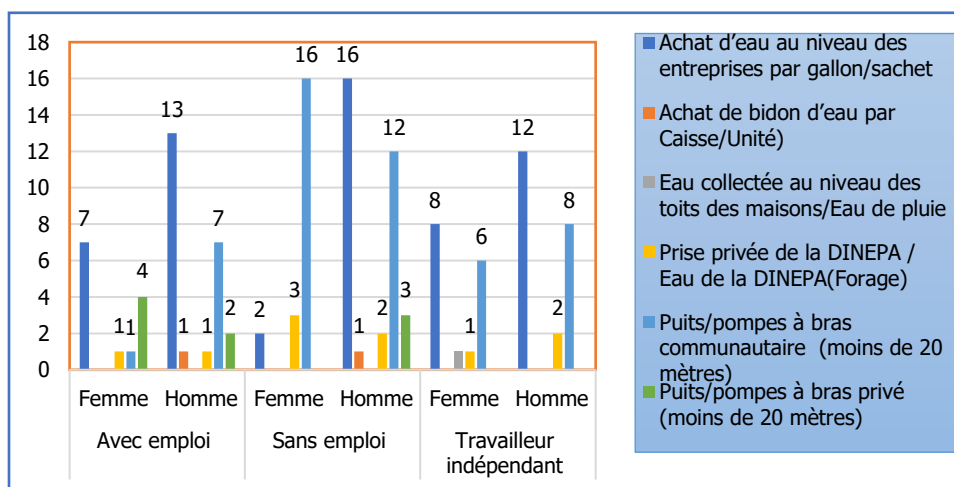
4.5.1 Caractérisation de la population par rapport aux sources de consommation en eau de boisson

La population de la ville des Cayes s'alimente en eau de boisson à partir de 5 sources en eau de boisson. Certaines rues sont alimentées par le système forage de la DINEPA facilitant à certains ménages de disposer d'une prise domiciliaire au niveau de leur maison. Il existe aussi des prises privées et communautaires dans certaines localités/rues et au niveau des maisons. De plus, il y a des entreprises privées qui vendent sur le marché de l'eau traitée. L'enquête révèle que 42% des enquêtés utilisent, régulièrement ou en période de pénurie, au moins une source secondaire en eau de boisson. Cela dit le fait d'avoir un meilleur accès à une source en eau de boisson ne justifie pas automatiquement sa consommation. En effet, nous avons enquêté des familles qui disposent d'une prise privée de la DINEPA mais qui ne font pas de cette dernière sa source principale en eau de boisson.

4.5.2 Répartition des enquêtés selon leur sexe, source principale de consommation en eau de boisson et occupation actuelle

Au regard de ce graphe nous constatons qu'indépendamment du sexe et de l'occupation actuelle, l'eau au niveau des entreprises privées demeure la source en eau de boisson la plus consommée par presque la totalité des ménages enquêtés et dirigés soit par des hommes ou des femmes. Autrement dit, le choix de consommation notamment de l'eau au niveau des entreprises privées par les enquêtés n'est pas influencé par leur sexe et occupation actuelle.

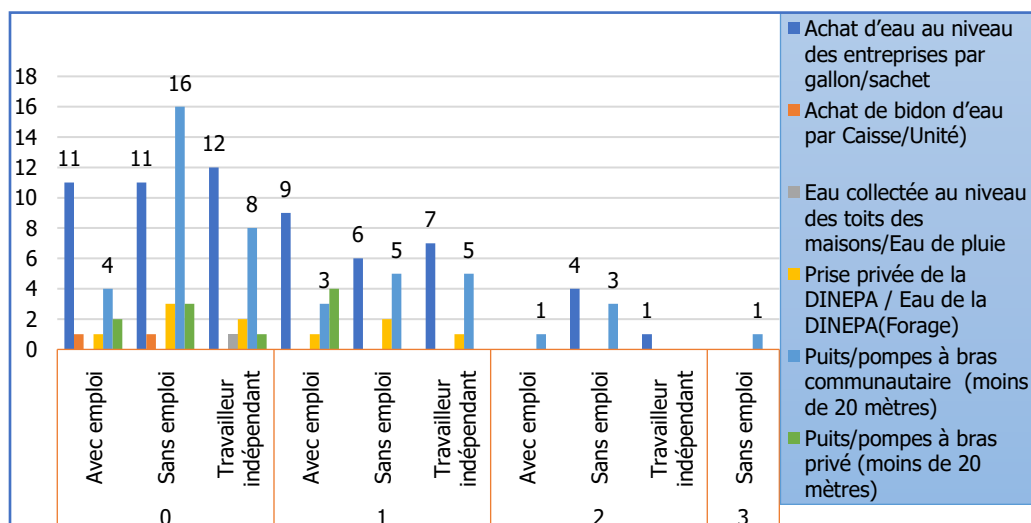
Graphe 10: Répartition des enquêtés selon leur sexe et source principale de consommation en eau de boisson



4.5.3 Répartition des enquêtés selon le nombre d'enfants et leur source principale de consommation en eau de boisson et occupation actuelle

Il ressort du graphe ci-dessous qu'un seul ménage a 3 enfants de moins de 5 ans et sans emploi dont sa source de consommation principale en eau de boisson est la pompe à bras communautaire. Les ménages ayant un enfant de moins de 5 ans avec et sans emploi et travailleur indépendant consomment principalement l'eau des entreprises. Les ménages n'ayant pas d'enfants de moins de 5 ans et en revanche avec emploi et qui sont des travailleurs indépendants consomment principalement l'eau des entreprises.

Graphe 11: Répartition des enquêtés selon le nombre d'enfants et leur source principale de consommation en eau de boisson



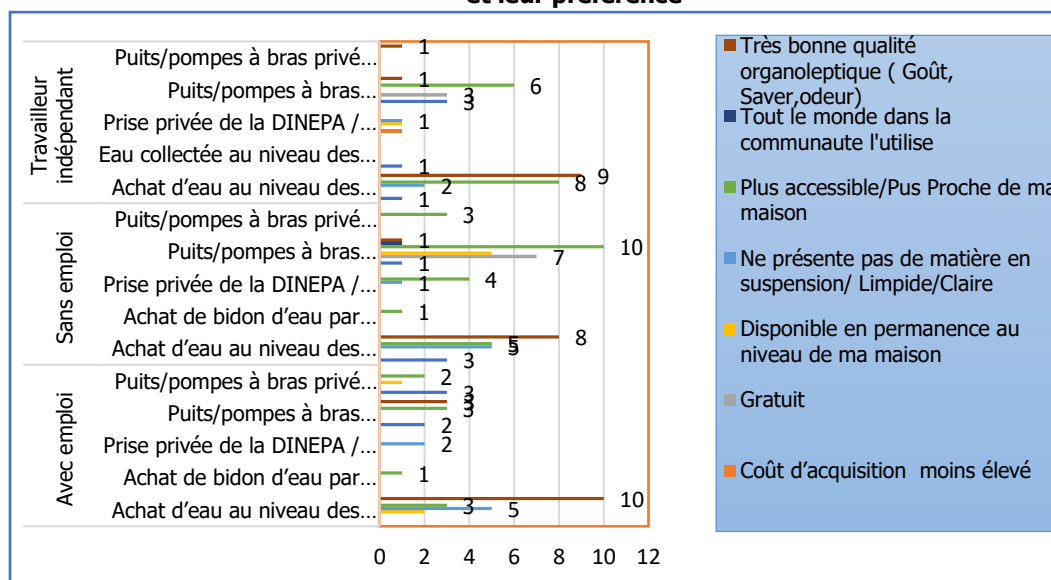
4.5.4 Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, source principale de consommation en eau de boisson et leur préférence

Les données de l'enquête et du graphe nous montrent que 46 enquêtés sur 130 préfèrent leur source principale de consommation en eau de boisson en raison de leur accessibilité par rapport de leur maison. Les sources de consommation accessibles sont par ordre d'importance les pompes à bras communautaires et les entreprises de vente d'eau par sachet/gallon. Les enquêtés sans emploi utilisent davantage les pompes à bras comme étant leur source principale de consommation en eau de boisson en raison de leur accessibilité. La gratuité des pompes à bras communautaire pour les sans-emploi joue aussi un rôle important dans leur choix de consommation. Pour les pompes à bras communautaires, leur préférence se rapporte aussi à d'autres critères notamment leur qualité, leur disponibilité en permanence et leur utilisation par tout le monde dans les communautés où elles sont installées. Malgré tout, une bonne partie de ce groupe consomme l'eau des entreprises.

Nous constatons aussi au niveau de ce même graphique que des enquêtés préfèrent leur source principale de consommation du fait de leur très bonne qualité organoleptique. Les entreprises de vente d'eau par sachet/gallon sont préférées de loin par les enquêtés pour ce critère. Les travailleurs indépendants et ayant un emploi consomment davantage l'eau au niveau des entreprises privées en raison de leur très bonne qualité organoleptique. Il faut souligner que l'eau vendue par les entreprises privées sont préférées aussi par les enquêtés pour d'autres raisons notamment : pas de matière en suspension, utilisation par la communauté.

Toujours selon les enquêtés, l'eau robinet de la DINEPA n'est pas préférée pour sa qualité organoleptique mais pour son accessibilité et sa limpidité. Les puits privés et communautaires sont préférés pour leur qualité organoleptique.

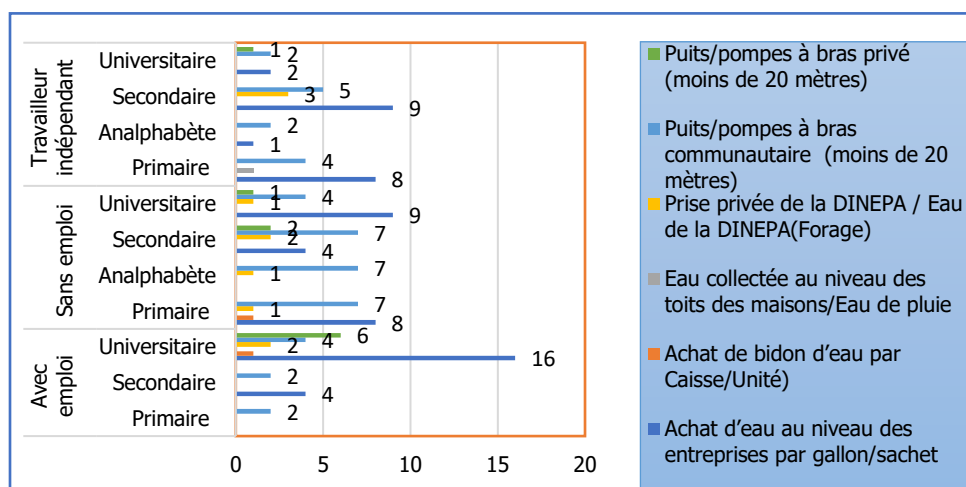
Graphe 12: Répartition des enquêtés selon leur source principale de consommation en eau de boisson et leur préférence



4.5.5 Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, niveau d'étude et source principale de consommation en eau de boisson

Il est clairement visible selon ce graphique que les enquêtés ayant un emploi et atteint un niveau d'étude universitaire ont pour source principale de consommation l'eau des entreprises. L'eau des pompes à bras communautaire est consommée peu importe leur niveau d'étude. L'enquête révèle aussi qu'il n'existe pas d'analphabète au sein des enquêtés avec emploi, ce qui paraît logique. Les enquêtés sans emploi consomment principalement l'eau des pompes à bras communautaires sauf pour ceux ayant atteint le niveau d'étude universitaire. Les travailleurs indépendants ont pour source principale de consommation l'eau des entreprises sauf pour ceux ayant atteint le niveau d'étude primaire et analphabète.

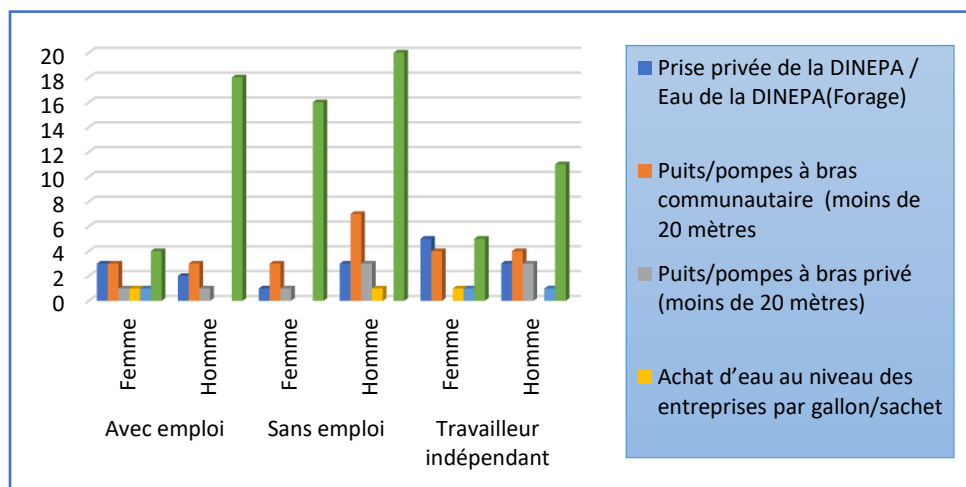
Graphe 13: Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, niveau d'étude et source principale de consommation en eau de boisson



4.5.6 Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, niveau d'étude et source secondaire de consommation en eau de boisson

Selon le graphe ci-dessous, par ordre d'importance, les pompes à bras communautaires et la prise privée de la DINEPA représentent la source secondaire en eau de boisson de la population.

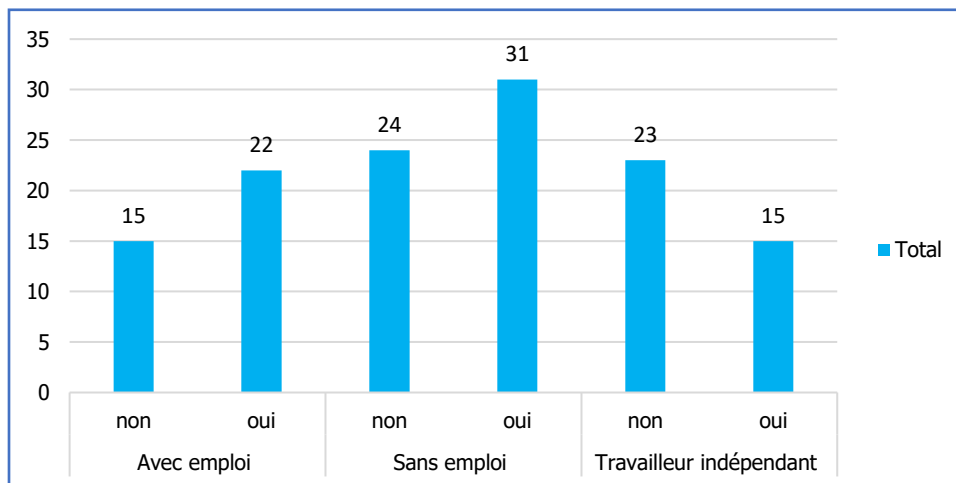
Graphe 14: Répartition des enquêtés selon leur occupation actuelle, niveau d'étude et source principale de consommation en eau de boisson



4.5.7 Répartition des enquêtés à l'égard de la consommation de puits

Dans le cadre de l'étude, il ressort du graphe que 68 sur 130 enquêtés, soit 52%, sont habitués à consommer l'eau des puits. Les enquêtés qui n'ont pas d'emploi consomment davantage l'eau de puits par rapport à ceux issus des autres catégories.

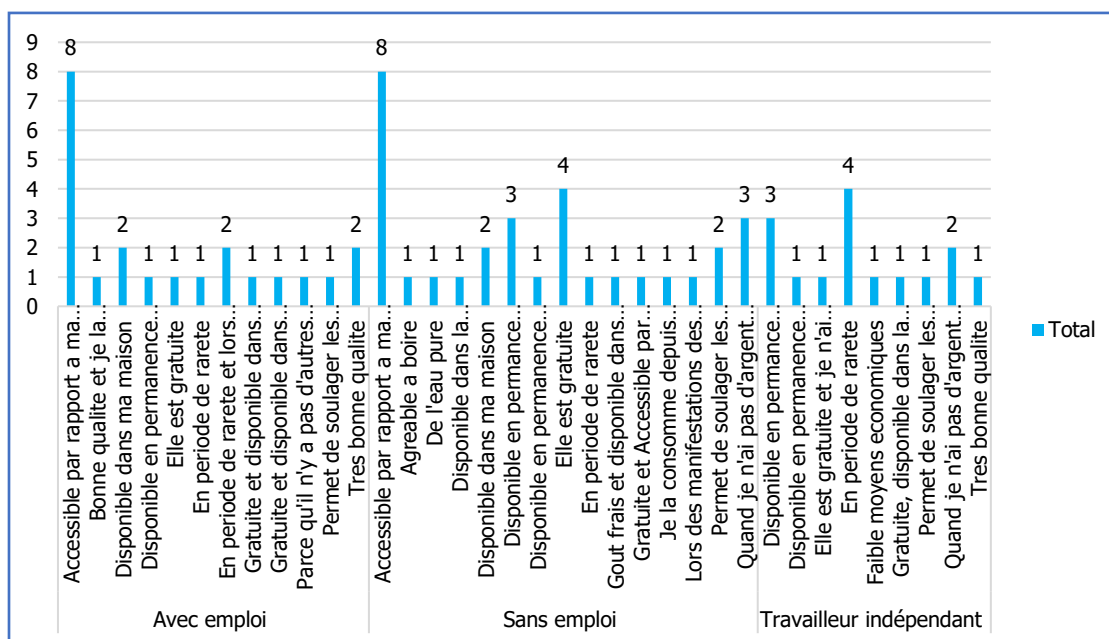
Graphe 15: Répartition des enquêtés à l'égard de la consommation de l'eau de puits



4.5.8 Répartition des enquêtés selon la consommation de l'eau de puits et leur préférence

Selon le graphe ci-dessous, l'eau des puits est consommée et préférée par les enquêtés pour au moins 7 raisons. Par ordre d'importance, elle accessible pour les enquêtés, disponible en permanence dans les communautés et au niveau de la cour des maisons, gratuite, et aussi est consommée du fait qu'elle permet de soulager les douleurs d'estomac selon les croyances des enquêtés. Il faut souligner que dans les zones ; d'une part, non couvertes par la DINEPA au niveau de la ville et ; d'autre part ; pas d'entreprises privées, l'eau de puits est consommée en permanence par la population de la ville des Cayes et de ses zones environ.

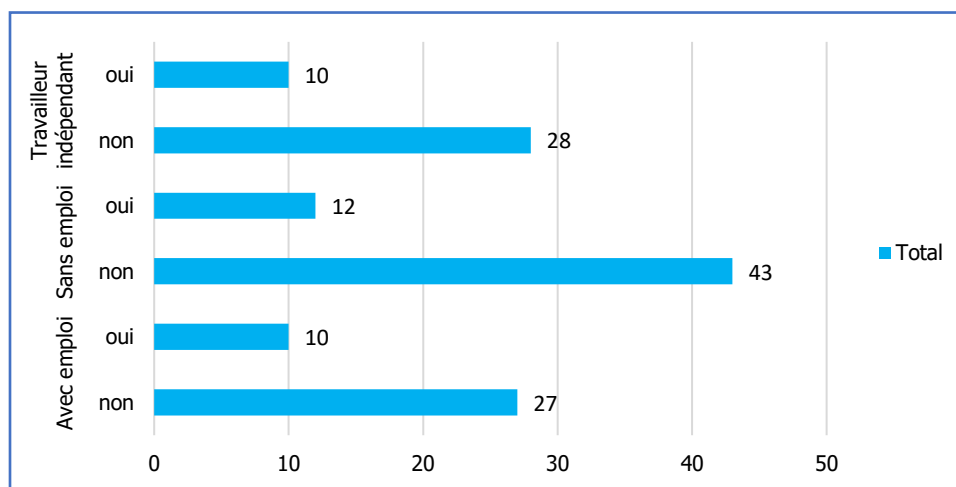
Graphe 16: Répartition des enquêtés selon leur préférence par rapport à la consommation de l'eau de puits



4.5.9 Répartition des enquêtés selon leur habitude de traitement de l'eau et occupation actuelle

Selon le graphe ci-dessous, il n'est pas coutumier pour la majorité des enquêtés (98 sur 130), de traiter l'eau de boisson. Ceux qui n'ont pas d'emploi et ne traitent pas l'eau sont au nombre de 43 sur 98. L'une des raisons à la base est que ces derniers consomment en partie l'eau des entreprises privées. Par ailleurs, la croyance et les mœurs de la population pourraient être aussi évoquées. L'enquête révèle que l'eau fournie par la DINEPA est la plus traitée parmi les sources principales de consommation en eau de boisson. Enfin, une partie de la population traite l'eau des pompes à bras privés.

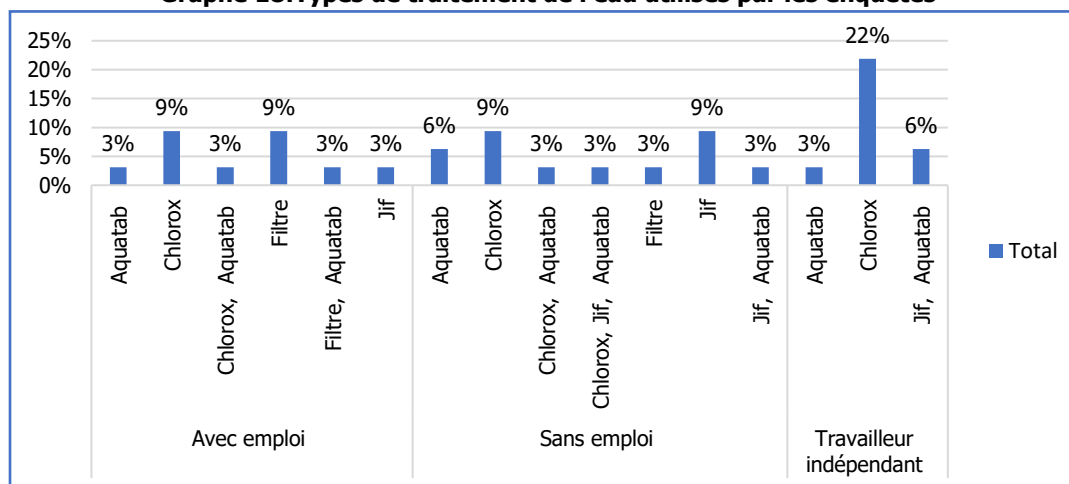
Graphe 17: Répartition des enquêtés selon leur habitude de traitement de l'eau et occupation actuelle



4.5.10 Types de traitement de l'eau utilisés par les enquêtés

Partant des résultats de ce graphique, nous constatons que 40% des enquêtés utilisent exclusivement le chlorox pour le traitement de l'eau tandis que 13% utilisent le Jif, l'aquatab et le filtre, cela se justifie au fait que le chlorox est plus accessible et disponible sur le marché local. Le chlorox est le produit le plus utilisé par tous les groupes pour le traitement de l'eau. Par ailleurs, d'autres enquêtés utilisent plusieurs produits à la fois. C'est le cas pour le chlorox et l'aquatab (6%) ; le jif et l'aquatab (9%).

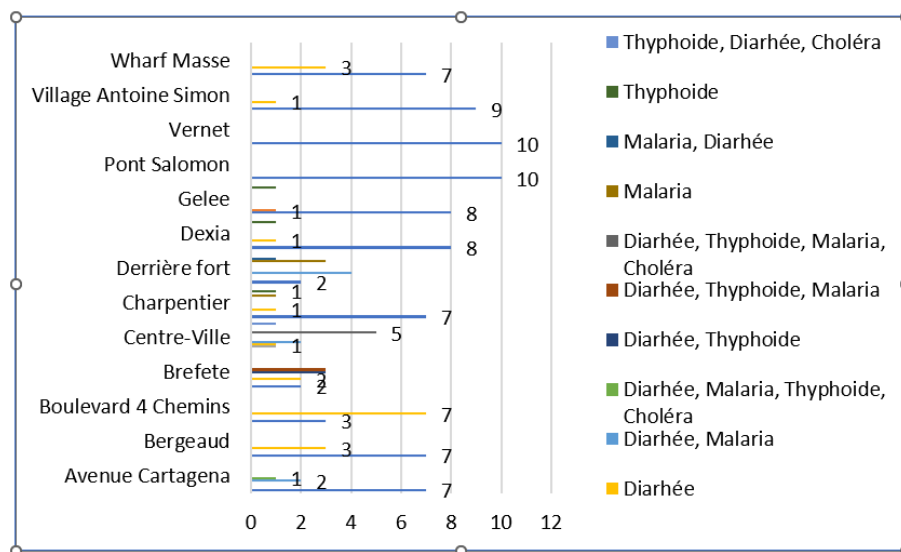
Graphe 18: Types de traitement de l'eau utilisés par les enquêtés



4.5.11 Maladies d'origine hydrique rencontrées dans les ménages et les zones

Nous constatons au niveau du graphe que, les maladies d'origine hydrique auxquelles les enquêtés ont fait face dans leurs ménages et leurs zones, sont principalement la diarrhée, la malaria et la typhoïde. La diarrhée est présente dans toutes les zones selon le graphe.

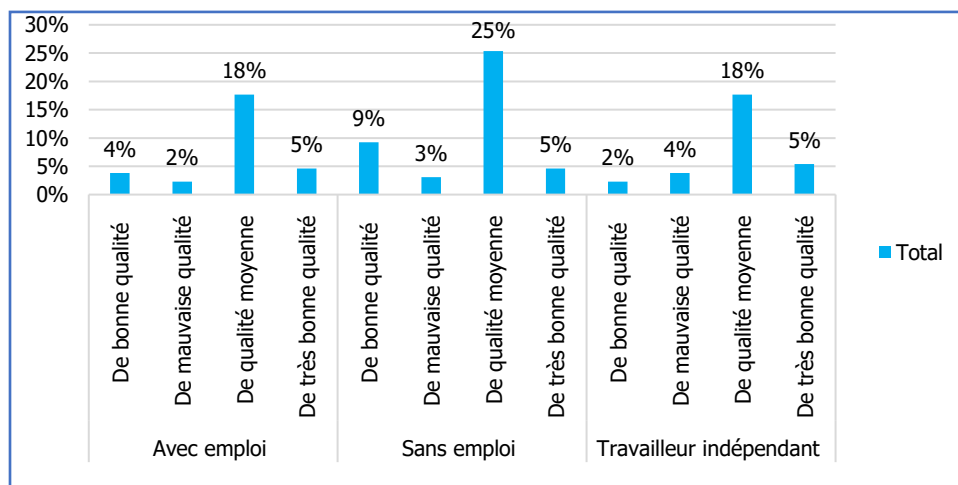
Graphe 19: Répartition des enquêtés selon les maladies d'origine hydrique rencontrées dans leurs ménages et leurs zones



4.5.12 Perception des enquêtés à l'égard de l'eau de robinet de la DINEPA

La définition et perception de la qualité de l'eau se base sur des représentations et stéréotypes que les hommes et les femmes ont de l'eau. Il ressort de ce graphe que pour 61% des enquêtés l'eau fournie par la DINEPA est d'une qualité moyenne c'est-à-dire juste suffisante, acceptable pour être potable et consommée sans danger. Et, c'est par rapport à cette perception que cette eau est la plus traitée des sources principales des eaux de boisson. Par ailleurs, 15% pensent que l'eau est de bonne qualité. Les enquêtés sans emploi perçoivent avec une part plus importante l'eau de robinet à la fois de qualité moyenne et de bonne qualité.

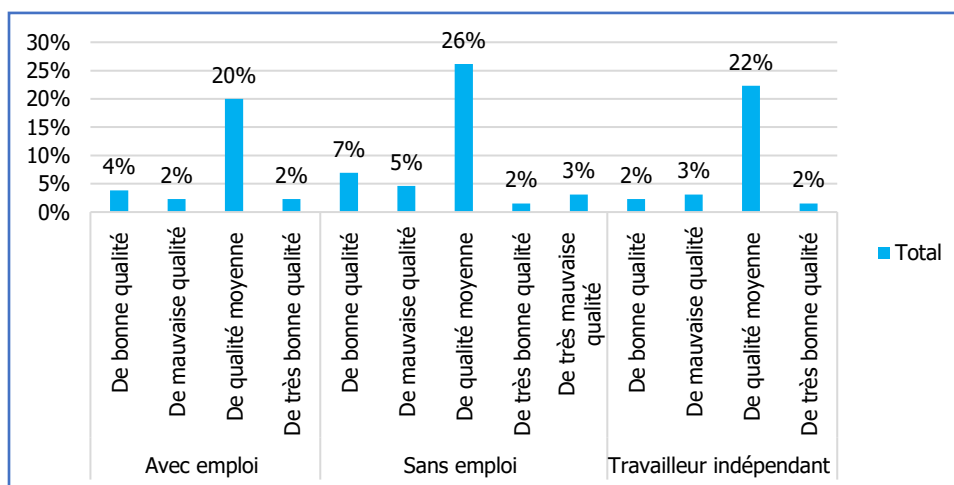
Graphe 20: Perception des enquêtés à l'égard de l'eau de robinet de la DINEPA



4.5.13 Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des puits communautaires

Il ressort de ce graphe que pour 68 % des enquêtés l'eau des puits communautaires/forage a une qualité moyenne c'est-à-dire juste suffisante, acceptable pour être potable et consommée sans danger pour la santé humaine. 13% pensent que cette eau est de bonne qualité. Les enquêtés sans emploi perçoivent avec une part plus importante l'eau des puits communautaire à la fois de très bonne qualité, de bonne qualité et moyenne qualité.

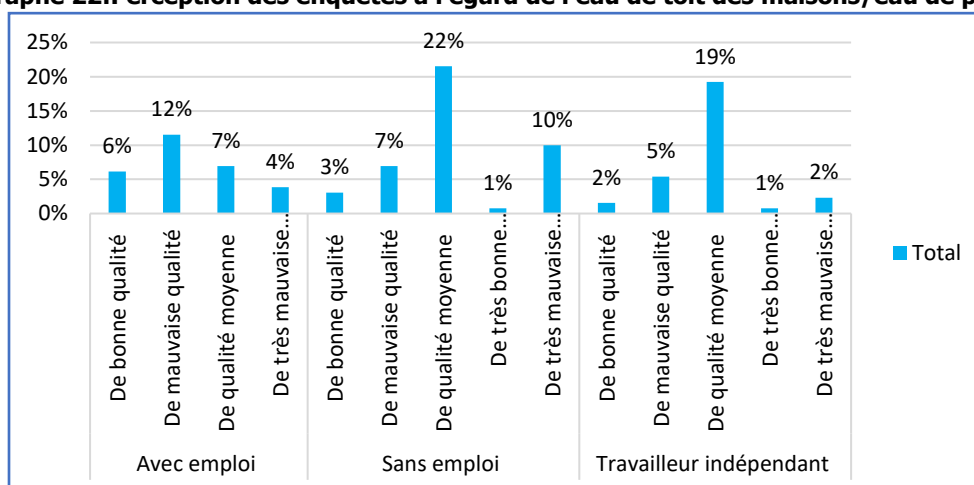
Graphe 21: Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des puits communautaires/forage



4.5.14 Perception des enquêtés à l'égard de l'eau de pluie

Nous constatons sur le graphe ci-dessous que 48% des enquêtés déclarent que l'eau de pluie est de qualité moyenne. Les enquêtés sans emploi perçoivent avec une part plus importante l'eau de pluie comme étant de qualité moyenne. Suivent 11% pensent que l'eau de pluie est de bonne qualité. Pour les enquêtés ayant un emploi, l'eau de pluie a relativement une bonne qualité.

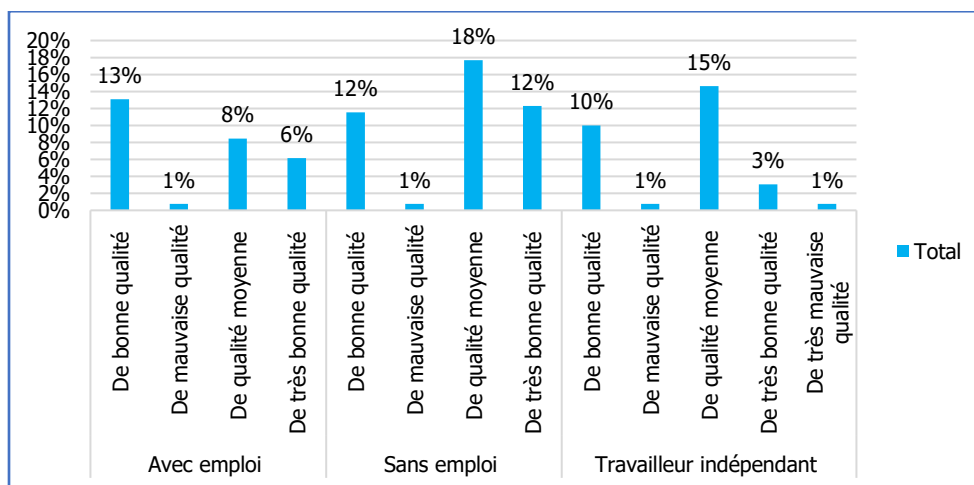
Graphe 22: Perception des enquêtés à l'égard de l'eau de toit des maisons/eau de pluie



4.5.15 Perception des enquêtés à l'égard de l'eau vendue par les entreprises privées

Il ressort du graphe ci-dessous que 35% et 22%, des enquêtés, soit 57% d'entre eux, pensent que l'eau de boisson qu'ils consomment et vendue par les entreprises privées sont respectivement de bonne et très bonne qualité. Cette perception est d'autant plus visible pour les enquêtés ayant un emploi. 41% estiment que cette eau est de qualité moyenne tandis qu'1% juge qu'elle est de très mauvaise qualité.

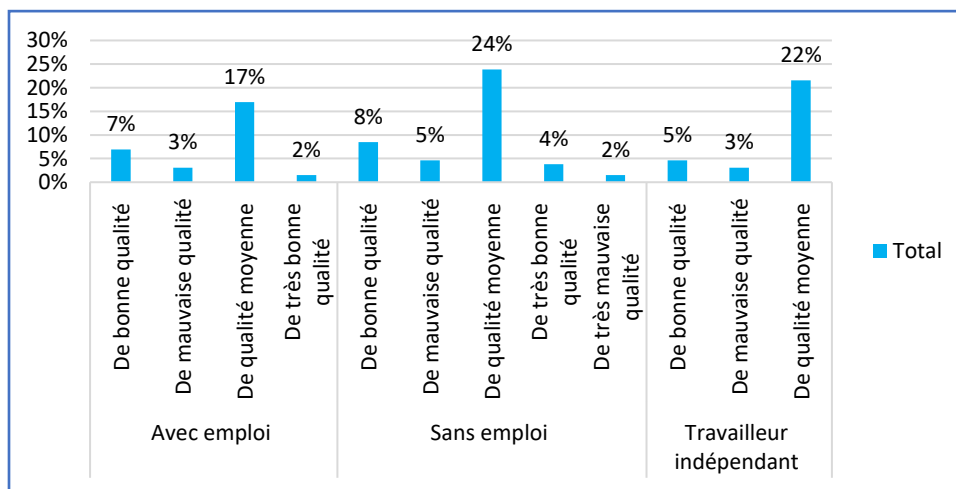
Graphe 23: Perception des enquêtés à l'égard de l'eau vendue par les entreprises privées



4.5.16 Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des puits privés

Partant des résultats de ce graphique, nous constatons que la perception des enquêtés à l'égard de l'eau des puits privés est le suivant : 63% de qualité moyenne, 20% de bonne qualité, 5% de très bonne qualité. Ceux qui estiment que l'eau des puits privés est de très mauvaise qualité représente 2%. Les enquêtés n'ayant pas d'emploi perçoivent avec une part plus importante l'eau des puits privés à la fois de qualité moyenne et de bonne qualité.

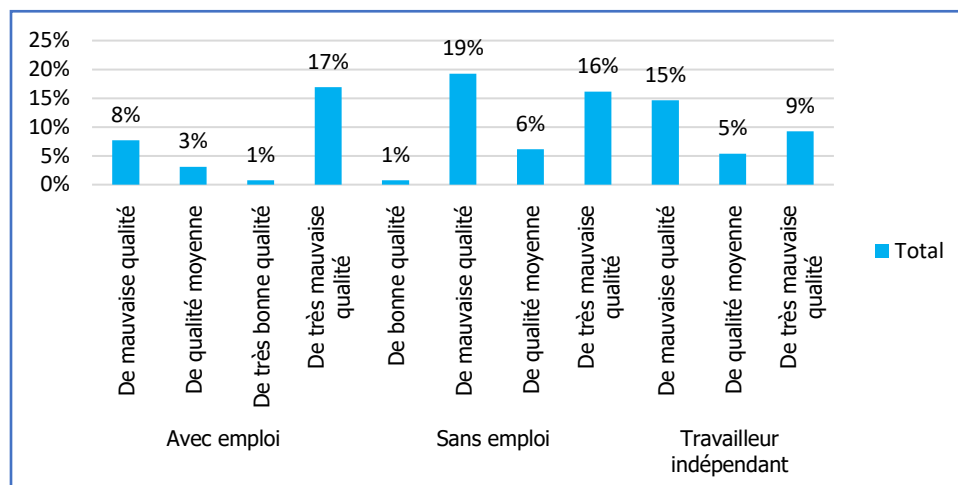
Graphe 24: Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des puits privés/à domicile



4.5.17 Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des rivières

Selon le graphe ci-dessous, pour 84% des enquêtés, l'eau des rivières est de très mauvaise (42%) et mauvaise qualité (42%). Seulement 1% des enquêtés pensent que l'eau des rivières est de bonne qualité.

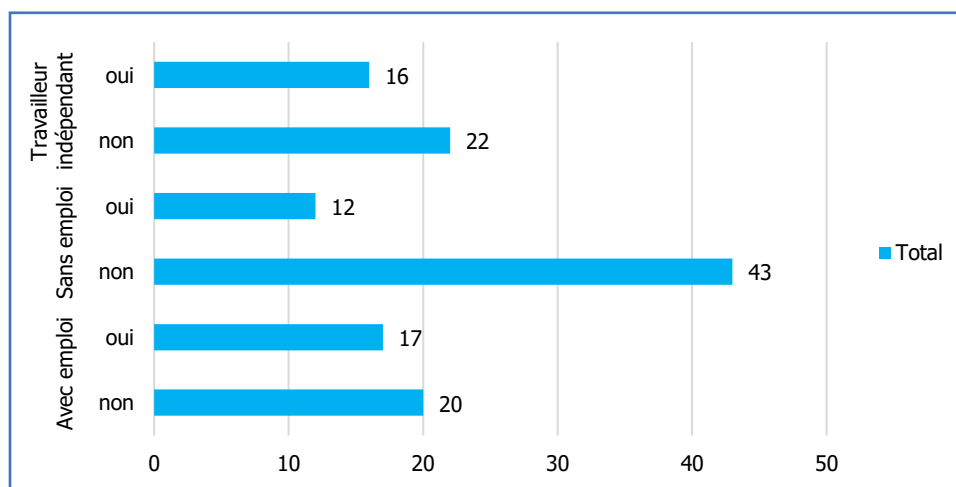
Graphe 25: Perception des enquêtés à l'égard de l'eau des rivières



4.5.18 Répartition des enquêtés selon leur accès à une prise d'eau privée de la DINEPA

Au regard du graphe ci-dessous, 85 sur 130 des enquêtés ne disposent pas de prises d'eau domiciliaires de la DINEPA. Les enquêtés n'ayant pas un emploi sont ceux en majorité qui n'en disposent pas. D'après les réponses fournies par les répondants, les zones non couvertes par le service en eau de la DINEPA sont Village Antoine Simon et Wharf Massé tandis que celles couvertes sont notamment Charpentier, Brefete, Dexia et Derrière fort. Au niveau de ces zones 45 enquêtés ont une prise privée de la DINEPA parmi lesquels 17 et 16 ont respectivement un emploi ou sont des travailleurs indépendants. Malgré qu'ils aient accès à une prise domiciliaire, 39 d'entre eux, soit 87%, en revanche, sont opposés à une augmentation du prix de l'eau. Car, selon eux, les conditions ne sont pas réunies par la DINEPA pour espérer une augmentation de prix.

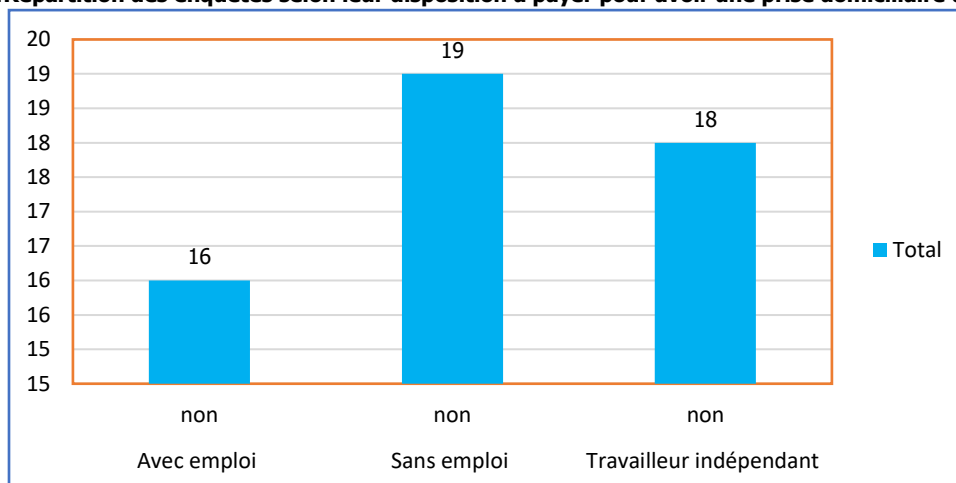
Graphe 26: Répartition des enquêtés selon leur accès à une prise d'eau domiciliaire de la DINEPA



4.5.19 Répartition des enquêtés selon leur disposition à payer pour avoir une prise privée de la DINEPA

Il ressort du graphe que sur les 85 enquêtés n'ayant pas de prises privées de la DINEPA, 53 d'entre eux, soit 62%, ne sont pas disposés à payer pour en avoir une et ce pour des raisons non élucidées. Toutefois, l'étude n'a pas précisé si ce refus est aussi lié à d'autres utilisations notamment la lessive, la douche. Il faut souligner que les enquêtés n'ayant pas un emploi sont ceux qui en plus grand nombre qui ne sont pas disposés à payer pour avoir une prise privée.

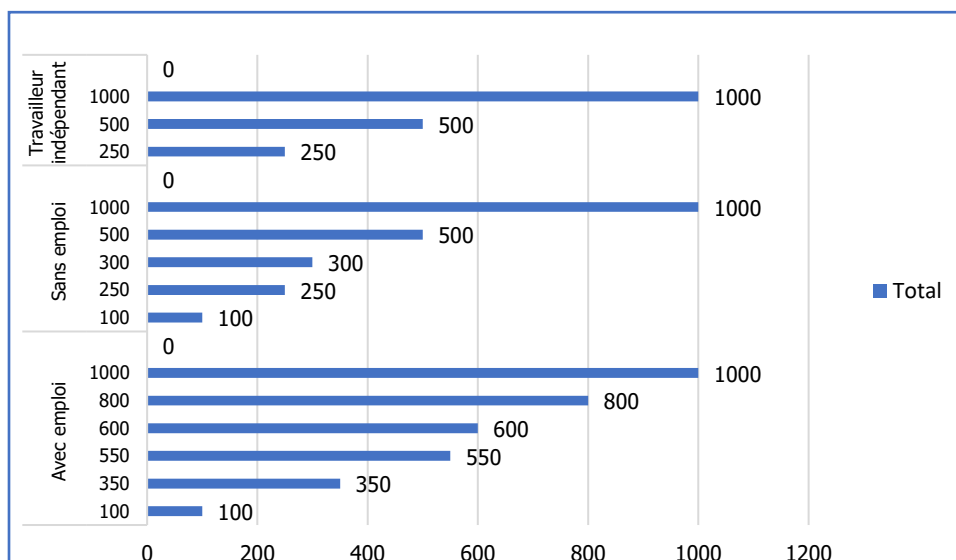
Graphe 27: Répartition des enquêtés selon leur disposition à payer pour avoir une prise domiciliaire de la DINEPA



4.5.20 Répartition des enquêtés selon le montant mensuel disposé à payer pour avoir une prise privée de la DINEPA

Selon les données de l'enquête, au nombre de 32 répondants sur 130 disposés à payer pour avoir une prise domiciliaire de la DINEPA, le montant moyen mensuel perçu varie de 100 à 1000 gourdes pour les enquêtés sans emploi et ayant un emploi. En revanche, il varie de 250 à 1000 gourdes pour les travailleurs indépendants.

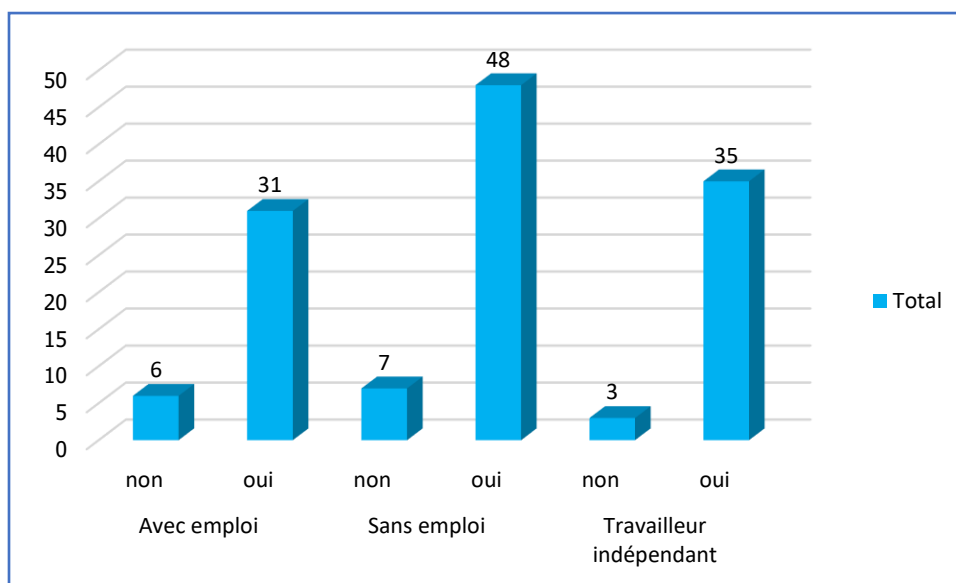
Graphe 28: Répartition des enquêtés selon le montant mensuel disposé à payer pour avoir une prise domiciliaire de la DINEPA



4.5.21 Répartition des enquêtés selon leur perception à disposer des informations sur la qualité des eaux de boisson consommées

Partant des résultats de ce graphique, nous constatons que 114 sur 130 des enquêtés pensent qu'il leur est important de disposer des informations sur la qualité des eaux de boisson consommées. Quant à la périodicité de disposer ces informations, l'enquête révèle qu'elle doit se faire ainsi: chaque année selon trois (3) d'entre eux, chaque mois pour 101, tous les 3 mois pour 9 et chaque 6 mois selon un (1) enquêté.

Graphe 29: Perception des enquêtés selon leur perception à disposer des informations sur la qualité des eaux de boisson consommées



4.6 Proposition d'un plan de suivi de la qualité des eaux de boisson et vulgarisation

L'étude en question ne se limite pas à l'évaluation de la qualité de l'eau de boisson mais aussi et surtout à la mise en place d'un système de suivi permanent des eaux. Pour mettre en œuvre le système de suivi, il convient de créer un comité de suivi de 7 membres composé de représentants techniques de l'OREPA Sud (1), du Commerce (1), de l'Environnement (1), de la Mairie des Cayes (1), des Travaux Publics (1), de la Santé Publique (1), de l'Agriculture (1). Ce comité sera chargé de rendre ce système opérationnel du fait qu'ils ont des missions et des compétences dans le domaine. Quatre (4) des membres du comité de suivi auront pour mission de collecter les données et la sensibilisation auprès de la population (Mairie, Travaux Public, Agriculture, Environnement), un (1) pour la gestion des données (OREPA), un (1) pour la communication et le respect des normes auprès des entreprises (Commerce) et un (1) pour la coordination (Santé Publique). Des ressources doivent être mises à sa disposition pour cette fonction, conformément aux exigences des indicateurs et des évaluations périodiques de la mise en œuvre du plan. Les coûts des ressources humaines, de la logistique et des intrants seraient potentiellement disponibles dans les institutions responsables.

Les données relatives à la qualité des eaux de boisson doivent être collectées deux (2) fois par année, l'une en période pluvieuse et l'autre en période sèche. La méthodologie à utiliser pour obtenir les données consistera à diviser la ville en quatre (4) blocs. Chaque membre du comité en charge de collecter les données aura pour mission de collecter les données dans un

(1) bloc. Des rencontres semestrielles doivent être organisées avec les concernés en présence éventuellement d'autres acteurs concernés afin de leurs présenter les données collectées sur la situation de l'eau. Une base de données sera constituée et accessible à tout le monde.

Sans moyens de diffusion, la recherche ne saurait atteindre son objectif ultime : celui de faire avancer les connaissances ainsi que la discipline dont ces dernières sont issues. Pour assurer la mise en œuvre et la vulgarisation du plan de suivi auprès des concernés et de la population, différentes méthodes sont proposées. Il s'agira de :

- Organisation de rencontres trimestrielles au cours desquelles les résultats périodiques, entre autres, des analyses effectuées sur les eaux de boisson seront partagés avec les concernés et les institutions et entreprises qui interviennent dans le secteur. Également, d'autres points essentiels pourront être intégrés dans l'agenda des rencontres ;
- Partage des résultats de l'étude avec la DINEPA pour une meilleure régulation du secteur ;
- Réalisation d'émissions radiophoniques dans le but de partager des résultats de l'étude et de sensibiliser la population pour une meilleure implication dans le contrôle de la qualité de l'eau ;
- Partage des résultats lors des colloques et foires ;
- Production et distribution de brochures aux étudiants et à la population.

Pour une exécution efficace du plan, une bonne communication est essentielle entre et toutes les parties prenantes . Un modèle de canevas de plan de suivi annuel est présenté ci-dessous :

Tableau 6: Modèle de canevas de plan de suivi annuel de la qualité des eaux

Indicateur	Activités	Fréquence de collecte	Institution responsable	Période de collecte des données	Date de collecte des données	Total Cible	Valeur actuelle	% réalisation	% d'achèvement final durant la période
Nombre de prélèvement à faire pour les entreprises	Prélèvement des échantillons d'eau au niveau des entreprises	2 fois par année	Environnement	Juillet-Juin	27/07/2021	12	6	50	
Nombre de prélèvement à faire pour les entreprises	Prélèvement des échantillons d'eau au niveau des entreprises	2 fois par année	Environnement	Juillet-Juin	27/04/2022	12	12	100	100

Le suivi proposé se fera deux (2) fois au cours de l'année. En ce qui concerne le coût de suivi annuel de la mise en œuvre du plan, il est de 800 dollars USD et présenté de façon détaillé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7: Proposition de budget annuel pour la mise en œuvre du plan de le suivi de la qualité des eaux de boisson

Ressources Humaines/Honoraires				Acquisition de matériels et équipements								
				Ph mètre et Conductivimètre			Prix d'un Kit deTest Colorimétrique			Prix d'un Kit deTest Bactériologique		
Quantité	Nombre de Jours	Prix Unitaire	Prix Total en USD	Quantité	Prix Unitaire	Prix total En USD	Quantité	Prix Unitaire	Prix total en USD	Quantité	Prix Unitaire	Prix total en USD
4	4	30	480	4	30	120	2	30	60	2	30	60
				Achat de kits d'alcool			Achat de Matériels Plastiques			Achat de Matériels Plastiques		
				Quantité	Prix Unitaire	Prix total En USD						
			4	8	5	40	4	5	20	4	5	20
Total												800

5. Conclusion

L'eau est une ressource naturelle importante pour l'homme. Elle doit être potable pour ne causer du tort à la santé humaine. Les habitants de la ville des Cayes utilisent différentes sources de consommation en eau de boisson. Cette situation nous a interpellés. De plus, les travaux de recherche sur la qualité des eaux de boisson consommées par les habitants sont très limités. Ainsi, il a été jugé nécessaire de déterminer et d'évaluer la qualité des eaux consommées par les habitants de la ville des Cayes à partir de différentes afin de déterminer les risques sanitaires qu'encourent éventuellement la population en consommant l'eau ne répondant pas aux valeurs limites et guides de l'OMS. Telle était la question de recherche fondamentale formulée par l'étude. Pour cela, des enquêtés et sources d'eau de boisson ont été catégorisés et enquêtés sur la base de leur situation économique et origine afin d'apporter des réponses précises aux questions de recherche posées.

Ne disposant pas assez de moyens nécessaires pour mener une étude générale sur l'ensemble des sources en eau de boisson, nous avons sélectionné une partie. De même l'échantillon sur lequel est porté notre enquête est très limité compte tenu la population de la ville des Cayes.

L'étude a révélé l'existence de 5 catégories de sources de consommation en eau de boisson utilisées par les habitants de la ville des Cayes et ses environs. Par ailleurs, 42% des enquêtés ont utilisé, régulièrement ou en période de pénurie, au moins une source secondaire en eau de boisson. Le fait d'avoir un meilleur accès à une source en eau de boisson ne justifie pas automatiquement sa consommation.

Les résultats ont démontré que, de toutes catégories ou sources confondues, 41% des échantillons sont contaminés par des germes d'E. coli, de sorte que ces eaux sont impropres à la consommation et ne respectent pas les valeurs limites et guides de l'OMS. Et, cette pollution

varie selon les catégories de sources d'approvisionnement. En effet, elle plus importante au niveau des entreprises.

En ce qui a trait aux paramètres physico-chimiques mesurés in situ, on note que :

- Les valeurs de conductivité montrent une minéralisation plus importante Les valeurs de conductivité montrent une minéralisation relativement plus importante pour les eaux des puits des catégories IV avec des valeurs avoisinant les 500 Ms/cm qui toutefois se situent dans l'intervalle recommandé par l'OMS. En revanche, ces valeurs sont très faibles pour les eaux des entreprises .
- Les valeurs de pH montrent deux choses principales. La première est que les eaux de boisson, toutes catégories confondues, sont acides et se situent dans l'intervalle recommandé par l'OMS. La seconde est que l'eau des entreprises de la catégorie I est plus acide que celle des autres catégories.
- Enfin, les valeurs de température pour toutes les catégories sont légèrement supérieures à 25°C, des valeurs sensiblement influencées par les conditions du milieu et par la température de l'air ambiante de la ville situant entre 26 et 30°C.
- L'analyse des échantillons ne présente aucune trace de teneurs en fer, manganèse, fluorure, zinc, nitrate, nitrite, sulfure d'hydrogène, plomb. Les autres éléments dans les échantillons prélevés présentent des valeurs conformes aux recommandations de l'OMS mais si elles sont très faibles pour certains échantillons.

A la question portant spécifiquement sur l'eau de puits, nous pouvons dire que l'eau des puits est consommée et préférée par les enquêtés pour au moins 5 raisons majeures (accessible, disponible en permanence, gratuite, palliatif pour les douleurs d'estomac, etc.

Les enquêtes sur les caractères organoleptiques , les préférences et la perception montrent que :

La préférence des consommateurs est fonction de plusieurs paramètres (niveau d'étude, occupation actuelle). Les enquêtés ayant un emploi et atteint un niveau d'étude universitaire ont pour source principale de consommation l'eau des entreprises. Les enquêtés sans emploi consomment principalement l'eau des pompes à bras communautaires sauf pour ceux ayant atteint le niveau d'étude universitaire. Ces derniers utilisent davantage les pompes à bras en raison de leur accessibilité. La gratuité des pompes à bras communautaire pour les sans-emploi joue aussi un rôle important dans leur choix de consommation.

L'eau de puits ne subit pas de traitement préalable avant leur consommation finale par la population. De plus, l'eau fournie par la DINEPA est la plus traitée parmi les sources principales de consommation en eau de boisson. Le chlorox est le produit le plus utilisé par tous les groupes pour le traitement de l'eau. Les maladies d'origine hydrique rencontrées au niveau des ménages et de la zone et soulevées par les enquêtés sont principalement la diarrhée, le paludisme et la typhoïde.

Enfin pour le scientifique, l'eau des entreprises et des puits sont plus acceptables en termes de potabilité, compte tenu des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. D'un point de vue nutritionnel, l'eau des puits a une qualité plus intéressante en raison de sa teneur en calcium, magnésium et bicarbonate.

6. Recommandations

Fort de tout ce qui précède, les recommandations formulées dans ce document visent à améliorer la situation et sont adressées :

A l'endroit du Ministère de l'Environnement

- Sensibiliser les populations à l'éducation environnementale et aux règles d'hygiène ;
- Mener des campagnes d'assainissement au niveau de la ville ;

A l'endroit des Entreprises

- Procéder au traitement des eaux de boisson notamment présentant des traces Escherichia coli (E. coli) en utilisant le chlore. Car cette dernière espèce peut survivre³⁹ jusqu'à trois mois dans une eau naturelle non traitée (Edberg et al., 2000). Il est très sensible à la chloration qui l'inactive rapidement(chlore résiduel est d'environ 1 mg/l) (Chalmers et al., 2000 ; Rice et Degnan 2006 ; Riche et al.,1999). Les bactéries E. coli non inactivées ou tuées par la chloration peuvent survivre plusieurs jours dans le réseau de distribution sans y proliférer (AWWA, 1999; McMath et Holt, 2000).
- Reminéraliser les eaux traitées par osmose inverse et vendues par les entreprises ;
- Renforcer leurs capacités sur le contrôle de la qualité de l'eau ;
- S'assurer de la vente des eaux en conformité avec les règles des institutions de l'état et des Normes de l'OMS ;
- Améliorer la potabilité de l'eau pour le bien-être et la sante durable des consommateurs.;

A l'endroit du Ministère de la Santé Publique

- S'assurer que la population consomme de l'eau en conformité avec les normes de l'OMS ;
- Sensibiliser la population sur les maladies d'origine hydrique ;
- Appliquer des mesures de sanction à toute entreprise qui n'obéit pas aux principes définis par la loi ;

OREPA Sud

- D'améliorer la qualité de l'eau fournie à la population par la mise en place de nouvelles techniques de traitement biologique et physico-chimique de l'eau, ceci sous-entend la mise en place de méthodes efficaces de désinfection d'eau ;
- Développer de bonnes synergies avec la mairie et les travaux publics pour une meilleure gestion de la tuyauterie alimentant une partie de la ville;
- Mettre en place un comité de suivi assurant le contrôle et la qualité de l'eau de boisson au niveau de la ville;
- Encourager la mise en place d'entreprises de vente d'eau dans d'autres quartiers pour améliorer la couverture en eau au niveau de la ville ;
- Avec le support d'autres acteurs intervenant dans le domaine, il faudrait envisager d'augmenter la couverture en eau de boisson au niveau de la ville des Cayes à partir de l'eau de puits, ce au regard de leur qualité nutritionnelle.

³⁹ [Escherichia coli | Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine | INSPQ](#)

Aux Chercheurs

- Du fait que nous avons enquêté une très faible partie de la population, nous pensons qu'il sera important que d'autres études soient menées pour une analyse plus approfondie de la perception, des préférences de la population.

A la Mairie des Cayes et au Ministère des Travaux Publics et de la Communication

- Informer l'OREPA Sud lors des travaux de réhabilitation des routes qui généralement endommagent la tuyauterie.

Au ministère du Commerce

- S'assurer que les entreprises disposent des documents légaux de fonctionnement et respectent les mesures.

7. Bibliographie

1. ADE, (2011), Norme de qualité d'une eau de boisson.
2. BILOSO A., 2008. Valorisation des produits forestiers non ligneux du plateau de Batéké en périphérie de Kinshasa en RDC, Thèse de doctorat ULB, Bruxelles, 252p.
3. Boubekeur H., (2014). Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de souk TLATA Mém. Ing. Alimentation et Nutrition. Uni ABOU BE KR BELKAID TLEMCEM.
4. DINEPA. Stratégie Nationale pour la Conservation et le Traitement de l'Eau à Domicile (C-TED) 2018-2027, Mai 2018.
5. Ehrlich, M. (1985). Haiti-Country Environmental Profile-A Field Study. Contract No.521-0122-C-00-4090-00, Washington, DC: U.S. Agency for International development.
6. Emmanuel, E., Lindskog, P. (2000). Regards sur la situation des ressources en eau de la République d'Haïti, 25 p.
7. Gonel Joseph, (2006). Étude du potentiel des eaux de surface à Haïti pour répondre aux problèmes de pénurie d'eau potable. Mémoire présenté Pour l'obtention du grade de Maître des sciences (M.Sc.). Université du Québec INRS-ETE, Québec, Canada, 208 pages.
8. GRAWITZ, P., 2001. Méthodes en sciences Sociales, 2e éd. Dalloz, Paris.
9. Markley, B., Knowles, R. B., Buckalew, J. O., Waite, L. (1999). Évaluation des ressources en eau de la République d'Haïti. Corps d'Ingénieurs. District de Mobile et Centre d'Ingénieurs

Topographiques (<http://www.sam.usace.army.millen/wra/haiti>). Etats Unis, 43 pages.

10. MDE (1998). Programme de formulation de la politique de l'eau. Commission interministérielle sur l'environnement, Secrétariat du plan d'action pour l'environnement (PAE), Haïti, 29 p.
11. OMS (W.H.O.): WORLD HEALTH ORGANISATION. (2006). Guidelines for Drinking water Quality, first addendum to third edition, Volume 1 Recommendations
12. Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009). L'analyse de l'eau, 9ème, p.1579 édition, Ed. Dunod
13. SARI, H. (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Mém. Ing . sciences des aliments. Univ.ABOUBEKR BELKAID TLEMCEM
14. Thys, A. (1997). Eau et assainissement. Examen des dépenses publiques d'Haïti, Note no. 6, Banque Mondiale, Haïti. Trac, N'G. Q. (1990). Proposition de schéma directeur de développement et gestion des ressources en eau. Fondement pour une nouvelle politique de l'eau. PNUD-Projet HAI/86/03.
15. Trac, N'G. Q. (1990). Proposition de schéma directeur de développement et gestion des ressources en eau. Fondement pour une nouvelle politique de l'eau. PNUD-Projet HAI/86/03.

8. Annexe

Annexe 1. Visite du CTE des Cayes (OREPA SUD/DINEPA) et des sites des échantillons prélevés



