

Faculté des Lettres, Arts  
et Sciences Humaines  
(FLASH)

Université  
d'Abomey-Calavi  
(UAC)

Faculté des Sciences  
et Techniques  
(FAST)

Ecole Doctorale  
Pluridisciplinaire (EDP)  
« Espace, Société et Développement »



Chaire UNESCO  
« Science, Technologie et  
Environnement »  
(CUSTE)

## THÈSE DE DOCTORAT UNIQUE

présentée par :

**Ansèque GOMEZ COAMI**

Pour l'obtention du grade de Docteur en Géographie de l'Université d'Abomey-Calavi

**Option : Géographie et Gestion de l'Environnement**

**Spécialité : Environnement, Santé et Développement**

N° d'enregistrement : 062-10/EDP/FLASH/UAC

### **QUALITE DES EAUX DE CONSOMMATION ET ETAT DE SANTE DES POPULATIONS EN MILIEU ITCHA-IFE DANS LE DEPARTEMENT DES COLLINES AU BENIN**

Sous la direction de :

**Benoît Damien N'BESSA**

Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

**Soutenue publiquement devant le jury composé de :**

**Président : M. Michel BOKO**, Professeur Titulaire, FLASH, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

**Rapporteur : M. Benoît Damien N'BESSA**, Professeur Titulaire, FLASH, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

**Examineurs :**

1- **M. Michel MAKOUTODE**, Professeur Agrégé, FSS, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

2- **M. Patrick A. EDORH**, Maître de Conférences, FAST, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

3- **M. Christophe S. HOUSSOU**, Maître de Conférences, FLASH, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

**Mention : Très Honorable avec Félicitations du Jury**

**Abomey-calavi, le 09 décembre 2010**



# SOMMAIRE

|                                                                                                                                               | <i>Pages</i>   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| DEDICACE .....                                                                                                                                | 4              |
| SIGLES ET ACRONYMES.....                                                                                                                      | 5              |
| AVANT-PROPOS.....                                                                                                                             | 7              |
| RESUME.....                                                                                                                                   | 10             |
| ABSTRACT.....                                                                                                                                 | 11             |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                             | 12             |
| <br><b>PREMIERE PARTIE : CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE DE L’ETUDE ET APPROCHE METHODOLOGIQUE.....</b>                                      | <br><b>15</b>  |
| <br><u>CHAPITRE I</u> : PROBLEMATIQUE, REVUE DE LITTERATURE ET CLARIFICATION DES CONCEPTS.....                                                | <br>16         |
| <br><u>CHAPITRE II</u> : CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DE L’ETUDE.....                                                                                | <br>39         |
| <br><u>CHAPITRE III</u> : APPROCHE METHODOLOGIQUE.....                                                                                        | <br>67         |
| <br><b>DEUXIEME PARTIE : QUALITE ET SOURCES DE POLLUTION DES EAUX CONSOMMEES PAR LES POPULATIONS EN MILIEU ITCHA-IFE.....</b>                 | <br><b>88</b>  |
| <br><u>CHAPITRE IV</u> : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX DE CONSOMMATION DES POPULATIONS EN MILIEU ITCHA-IFE.....        | <br>89         |
| <br><u>CHAPITRE V</u> : SOURCES DE POLLUTION DES EAUX DE CONSOMMATION EN MILIEU ITCHA-IFE.....                                                | <br>132        |
| <br><b>TROISIEME PARTIE : EFFETS SOCIO-SANITAIRES DES EAUX CONSOMMEES EN MILIEU ITCHA-IFE ET MESURES PROPOSEES.....</b>                       | <br><b>150</b> |
| <br><u>CHAPITRE VI</u> : RISQUES ET EFFETS SANITAIRES LIES A LA CONSOMMATION DES EAUX EN MILIEU ITCHA-IFE.....                                | <br>151        |
| <br><u>CHAPITRE VII</u> : STRATEGIES D’AMELIORATION DE LA QUALITE DES EAUX DE CONSOMMATION ET DE LUTTE CONTRE LES MALADIES LIEES A L’EAU..... | <br>184        |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| CONCLUSION .....        | 206 |
| BIBLIOGRAPHIE.....      | 211 |
| LISTE DES TABLEAUX..... | 229 |
| LISTE DES FIGURES.....  | 231 |
| LISTE DES PHOTOS.....   | 234 |
| LISTE DES ENCADRES..... | 236 |
| ANNEXES .....           | 237 |
| TABLE DES MATIERES..... | 261 |

## **DEDICACE**

*A ma feuë mère adoptive, Yaa AGOUE, qui m'a ciblé parmi les enfants à sa charge pour la voie de l'instruction.*

*A ma feuë mère, Mary Kimbi OKPE épouse GOMEZ et ma feuë, très chère sœur benjamine, Vida Rose GOMEZ précocement rappelée à Dieu.*

*A mon épouse qui a manifesté son soutien farouche à l'accomplissement de cette œuvre.*

*Et, à mes enfants, que j'invite à l'endurance, je dédie la présente thèse.*

## SIGLES ET ACRONYMES

|         |                                                                                |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------|
| ADN     | : Acide Désoxyribonucléique                                                    |
| ASECNA  | : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar |
| ATP     | : Acide Triphosphorique                                                        |
| BMZ     | : Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement  |
| CEFIGRE | : Centre de Formation Internationale à la Gestion des Ressources en Eau        |
| CHD     | : Centre Hospitalier Départemental                                             |
| CoSa    | : Composante Sanitaire                                                         |
| CMA     | : Concentration Maximale Admissible                                            |
| CNR     | : Centre National de Référence                                                 |
| CSCoM   | : Centre de Santé Communal                                                     |
| CREPA   | : Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût         |
| CSPEF   | : Cellule de Suivi des Programmes Economiques et Financiers                    |
| DANIDA  | : Coopération Danoise                                                          |
| DED     | : Service Allemand de Développement                                            |
| DGAT    | : Département de Géographie et Aménagement du Territoire                       |
| DGEau   | : Direction Générale de l'Eau                                                  |
| DJA     | : Dose Journalière Admissible                                                  |
| ECOSAN  | : Ecological Sanitation ou Approche d'Assainissement Ecologique                |
| EMICoV  | : Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des ménages             |
| EM      | : Evaluation des Ecosystèmes du Millénaire                                     |
| Ex-SBEE | : Ex-Société Béninoise d'Electricité et d'Eau                                  |
| FIT     | : Front Intertropical                                                          |
| GIRE    | : Gestion Intégrée des Ressources en Eau                                       |
| GTZ     | : Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit                                   |
| ID/PRAC | : Initiative Développement/Programme Rural d'Appui aux Communes                |
| IGN     | : Institut Géographique National                                               |
| ILSI    | : International Life Science Institute                                         |
| INSAE   | : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique               |
| IPCC    | : Intergovernment Panel of Climate Change                                      |
| LACEEDE | : Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement         |
| LEDUR   | : Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales                   |
| MAEP    | : Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche                      |
| MARP    | : Méthode Accélérée de Recherche Participative                                 |
| MMEH    | : Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Hydraulique                        |
| MEE     | : Ministère de l'Energie et de l'Eau                                           |
| MEPN    | : Ministère de l'Environnement et la Protection de la Nature                   |
| MJLDH   | : Ministère de la Justice, de la Législation et des Droits de l'Homme          |
| MS      | : Ministère de la Santé                                                        |
| NTU     | : Nephelometric Turbidity Unit                                                 |
| OFEV    | : Office Fédéral de l'Environnement                                            |
| OMD     | : Objectifs du Millénaire pour le Développement                                |
| OMS     | : Organisation Mondiale de la Santé                                            |
| ONG     | : Organisation Non Gouvernementale                                             |
| ONU     | : Organisation des Nations Unies                                               |

|        |                                                                             |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
| pH     | : Potentiel Hydrogène                                                       |
| PHI    | : Programme Hydrologique International                                      |
| PNE    | : Partenariat National de l'Eau                                             |
| PNUD   | : Programme des Nations Unies pour le Développement                         |
| PNUE   | : Programme des Nations-Unies pour l'Environnement                          |
| RDC    | : République Démocratique du Congo                                          |
| RGPH   | : Recensement Général de la Population et de l'Habitation                   |
| SCRP   | : Stratégie de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté                  |
| SIAEPF | : Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Faye           |
| SONEB  | : Société Nationale des Eaux du Bénin                                       |
| SRP    | : Stratégie de Réduction de la Pauvreté                                     |
| TDS    | : Total Dissolved Solids ou Solides Totaux Dissouts                         |
| UFC    | : Unité Formant Colonie                                                     |
| UNESCO | : Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture |
| UNICEF | : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance                                    |
| USAID  | : Agence des Nations Unies pour le Développement International              |
| VG     | : Valeur Guide                                                              |
| VMA    | : Valeur Maximale Admissible                                                |
| ZCIT   | : Zone de Convergence Intertropicale                                        |
| ZS     | : Zone Sanitaire                                                            |

## **AVANT-PROPOS**

L'intérêt porté à la problématique de l'eau de consommation date de plusieurs années. En effet, de 1996 à 1998, j'ai eu la chance de travailler dans les communes de Savalou et de Bantè, et de 1999 à 2001 dans les départements du Zou et des Collines en qualité d'Assistant Technique du Service Allemand de Développement (DED) auprès de la Société Béninoise d'Electricité et d'Eau (Ex-SBEE), pour superviser la mise en œuvre d'un projet dénommé Composante Sanitaire (CoSa). Ce projet est un accompagnement aux investissements appuyés par la Banque Allemande de Développement (KfW) pour la construction des infrastructures hydrauliques au Bénin. Il est destiné à la sensibilisation des populations sur l'hygiène de l'eau et l'assainissement du milieu, mais aussi au marketing pour faire adopter aux populations l'eau potable exclusivement fournie par la Société Béninoise des Eaux du Bénin comme source de consommation.

Malgré tout le dispositif mis en place, il a été constaté que les habitudes en matière de consommation de l'eau ont très peu évolué. Je me suis ainsi souvent interrogé sur les raisons de ce comportement des populations face à l'approvisionnement et l'utilisation de l'eau. Telle est la principale motivation qui m'a amené, à travers ce travail, à rechercher les risques de maladies encourus par les populations.

Le présent travail a pu être réalisé grâce aux concours déterminants de certaines personnes. A son terme, il est agréable de remercier tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à son élaboration.

En premier lieu, je tiens à remercier, Monsieur Benoît N'BESSA, Professeur Titulaire en Géographie à l'Université d'Abomey-Calavi, qui a accepté d'encadrer cette thèse malgré ses multiples occupations. Sa disponibilité, ses conseils, ses remarques et ses encouragements ont permis de conduire ce travail à son terme. J'avoue être l'un des heureux bénéficiaires de la rigueur scientifique et des valeurs morales et humanistes qu'il transmet à ceux qui le côtoient.

Je manifeste ma profonde gratitude à Monsieur Michel BOKO, Professeur Titulaire en Géographie à l'Université d'Abomey-Calavi. Il m'a accordé les faveurs combien inestimables de son Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement

(LACEEDE). Ses conseils et son appui scientifique m'ont beaucoup aidé pour la réalisation de cette thèse et sont restés gravés dans ma mémoire.

Mes sincères remerciements aux membres de jury pour leur disponibilité et pour les améliorations significatives apportées au document. Leur relecture minutieuse et leur commentaire ont été très précieux.

Je voudrais exprimer toutes mes reconnaissances à tous ceux qui ont pris une part active à mon encadrement intellectuel, en particulier tous les enseignants qui ont assuré sans ménagement ma formation au cours de cette étude doctorale.

Mes profondes gratitude à Monsieur Marcel da MATHA SANT'ANNA, Maître Assistant de Géographie à l'Université d'Abomey-Calavi, par qui, j'ai fait les premiers pas de recherche à travers mon mémoire de maîtrise en géographie. Depuis lors, il n'a cessé de m'exhorter à poursuivre les hautes études. Cette thèse est assurément pour lui l'expression de son vœu.

Mes remerciements vont également à :

- Monsieur Jean Cossi HOUNDAGBA, Maître Assistant à l'Université d'Abomey-Calavi, pour son encouragement, ses conseils et son soutien aussi bien moral qu'intellectuel, je lui témoigne ma reconnaissance.

- Monsieur Brice TENTE, Maître Assistant à l'Université d'Abomey-Calavi, pour sa contribution active à la réalisation de cette thèse, qu'il reçoive mes marques de gratitude.

- Messieurs Euloge OGOUWALE et Ibouaïma YABI, Enseignants Chercheurs, au Département de Géographie et Aménagement du Territoire, et membres du Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement. Ils m'ont prodigué des conseils méthodologiques fort utiles pour le succès des travaux de terrain et de laboratoire. Leurs encouragements et leurs conseils m'ont soutenu dans mes efforts de rédaction.

- Monsieur Henri TOTIN du Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement pour les aides matérielles et techniques apportées pour la collecte, l'analyse des résultats et le traitement des données de terrain.



- Monsieur Codjo ACHODE, Maître de Conférences à l'Université d'Abomey-Calavi pour ses encouragements.

- Messieurs Hippocrate FATEMBO, Médecin-Chef, Responsable du Centre de Santé Communal de Bantè et Mohamed ASSANI, Chef Poste du Centre de Santé d'Agoua. Ils m'ont beaucoup aidé à la collecte des données sanitaires du secteur d'étude.

Mes remerciements vont à tous les élus locaux du secteur d'étude de qui j'ai bénéficié d'une attention soutenue, particulièrement à Monsieur Innocent Kokou AKOBI, Maire de la Commune de Bantè et à Léandre LAOUROU, Chef d'Arrondissement de Bantè.

Sincères sentiments de reconnaissance à tous ceux qui ont apporté leur appui à la collecte des informations sur le terrain, particulièrement à Arnaud EKPONZAN, ancien stagiaire du Laboratoire d'Analyse de l'Eau de la SONEB, Razaky OGOU et mon frère cadet Janvier GOMEZ KOMADJA.

Mes pensées affectueuses vont à mes parents et particulièrement à mes sœurs et frères, Georgina, Faustina, Alexander, Hospice et Elias GOMEZ qui m'ont soutenu par tous les moyens.

Que tous ceux qui m'ont assisté, d'une manière ou d'une autre, aux différentes phases de ce travail, reçoivent mes hommages. Je ne veux les citer tous au risque de les oublier. Il s'agit de de François DOSSOUHOUI, Hermann OROU TAKOU, André SOTON, Félix LOKONON, Idiola KASSIN, Bernard et Michel ASSE, Saliou ODOUBOU, Edouard BALOGOUN, Boniface ABIDO, Pascal ATTRIA, Cossi AKOMEDI, Salifou AWO, Moïse AYENIMEDJI, Félix ODILO, Dominique ACAKPO, Jean Cossi OGNIBO, Joseph IROKO, Cosme CACHON, Dominique TOVIGBE, Alphonse DJEMBOU.

Je n'oublierai de dire aussi un merci sincère à mes amis et à mes collègues de service qui m'ont assisté moralement par leurs encouragements.

A toute ma famille qui m'a soutenu depuis de très longues années, je réitère mon attachement.

## RESUME

Les populations du milieu Itcha-Ifè dans le Département des Collines au Bénin s'approvisionnent à des sources d'eau variées comme les forages, les puits, les marigots. Les différents types de points d'eau sont étudiés pour apprécier la qualité des eaux de consommation à la source afin de caractériser les risques sanitaires y afférents. L'approche méthodologique utilisée a consisté en l'exploitation documentaire, le prélèvement et l'analyse des échantillons d'eau, l'interprétation des statistiques obtenues et des investigations auprès des populations du secteur d'étude. Les paramètres de qualification de la qualité des eaux sont obtenus à partir des analyses physico-chimiques et bactériologiques de dix échantillons d'eau prélevés dans cinq puits (deux modernes et trois traditionnels), trois forages (pompe à motricité humaine) et deux marigots pendant les saisons sèche et pluvieuse.

L'analyse de la qualité physico-chimique a montré une inégale répartition des ions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$ ) suivant les types de points d'eau et en fonction des saisons. Les résultats obtenus font apparaître une eau turbide, fortement minéralisée sujette à des pollutions minérales et organiques pour les puits et les marigots et une minéralisation exempte de toute pollution minérale et organique pour les forages. Toutefois, la plupart des paramètres ont des concentrations inférieures aux Concentrations Maximales Admissibles (CMA) fixées par l'OMS. Les faciès hydrochimiques des eaux sont de type bicarbonaté calcique et magnésien, de type chloruré et sulfaté calcique et magnésien, de type chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique et de type bicarbonaté calcique tant en saison sèche qu'en saison pluvieuse.

Les indicateurs bactériologiques enregistrés sont tous au-delà des valeurs maximales admissibles et indiquent que les eaux en l'occurrence celles de puits et des marigots sont très polluées par des micro-organismes d'origine fécale. Ces menaces de contamination font établir de graves conséquences pour la santé des communautés étudiées avec environ une proportion de 15 % du total des affections enregistrées chaque année dans le secteur. Les principales maladies liées à la consommation des eaux de qualité dégradée les plus courantes sont la diarrhée, la fièvre typhoïde ou paratyphoïde et l'amibiase.

Par le rapprochement des indicateurs de qualité de l'eau et des données sanitaires, il découle que la qualité des eaux des sources prélevées est beaucoup plus influencée par le manque d'assainissement et d'hygiène du milieu. Cette étude permet de conclure que la majorité des sources d'eau du secteur d'étude est polluée et leur consommation a des impacts sur la santé des populations. Dans ce cadre, les parties prenantes que sont les populations, les collectivités locales et l'Etat devront s'investir à l'alimentation en eau potable, à l'amélioration des systèmes d'assainissement et d'hygiène du milieu, à la protection des sources d'approvisionnement en eau. Ainsi, la prise en compte des mesures d'amélioration proposées pourrait participer à la préservation de la qualité des eaux de consommation et, par ricochet, atténuer les risques sanitaires y afférents.

**Mots clés :** Milieu Itcha-Ifè (Département des Collines au Bénin), eau de consommation, qualité, problèmes socio-sanitaires, perspectives.

## ABSTRACT

Various types of water points, in Itcha-Ifè area in the Hills Region in Benin Republic, are studied to assess consumption water quality at the water supply source in order to characterize the health risks. Methodological approach used consisted in documentary exploitation and literature review, participative field work with populations, water sampling and quality analysis, application of descriptive statistic for data processing, results interpretation. Water quality evaluation based on the seasonal analyses of the physicochemical and bacteriological parameters of ten water samples taken from five dug wells (two modern and three traditional), three boreholes and two surface watersheds.

Water sample analysis showed a spatial and temporal variation of the chemical parameters ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$ ) and of the physicochemical quality. High mineralization of consumption water is due to mineral and organic pollution in the dug wells and low mineralization in the boreholes. However, physicochemical parameters have concentrations under water quality standards of WHO. Hydrochemical facies of water are bicarbonated calcic and magnesian, chlorinated and sulphated calcic and magnesian, sodic and potassic or sulphated chlorinated sodic and bicarbonated calcic as well in dry season as in rainy season.

Bacterial parameters are beyond the Maximum Allowable Value and indicate that water in fact those of the dug wells and surface watersheds is very polluted by fecal micro-organisms. Contamination threats induce serious consequences for the human health studied with approximately a proportion of 15 % of the yearly total recorded disease in the study area. The mean diseases which weaken human health because of consumption of unsafe water are diarrhoea, choera, salmonellae and bacillary dysentery.

Correlative analysis of water quality and epidemiologic data show that drinking water quality is more influenced by the lack of cleansing and hygiene of the medium. This study helps to conclude that the large part of the drinking water in the Itcha-Ifè area is polluted and their consumption has impacted on public health. Thus, taking into account of the improvement strategies will contribute to significant safeguarding drinking water quality and health risks reduction.

**Key words:** Itcha-Ifè's area (Hill's Region in Bénin), drinking water, quality, human health, improvement strategies.

## INTRODUCTION

L'eau, universellement reconnue comme source de vie, se révèle parfois comme l'un des principaux facteurs de maladies et de décès. L'avoir à disposition en quantité suffisante, en qualité, contribue au maintien de la santé (Makoutodé et *al.*, 1999). Certains pays surtout les plus développés ont su maîtriser cette ressource au point où les infections qui y sont liées ont pratiquement disparu (Goubert et Chotard, 2002). Par contre, les pays les moins nantis, particulièrement ceux au Sud du Sahara (UNICEF et OMS, 2004) dont le Bénin, traînent encore de lourds fardeaux du fait de l'approvisionnement en eaux souillées.

Plusieurs régions du monde dont la plupart dans le tiers monde souffrent de la disponibilité de l'eau potable et enregistrent du coup le palmarès des maladies liées à la consommation des eaux polluées (ONU, 2005). L'impact de cette situation sur le plan économique et social conduit à considérer l'eau comme un paradigme de développement. Cela s'est avéré par de nombreuses conférences internationales consacrées à la sauvegarde de l'environnement en général et à la préservation des sources en eau douce, en l'occurrence, les sources d'approvisionnement en eau potable. Le but de ces rencontres internationales est d'élever le niveau de santé et de production des populations, de faire reculer les maladies infectieuses et parasitaires véhiculées par l'eau (OMS, 1990).

La question d'approvisionnement en eau potable reste encore au centre des débats puisque le péril hydrique est la source de plusieurs fléaux qui affectent une grande partie du globe (épidémies liées à l'eau, morbidité, pauvreté). C'est l'une des raisons qui ont conduit la Communauté Internationale à se mobiliser autour des OMD dont un volet important est d'assurer un environnement durable par la réduction d'ici à 2015 du pourcentage de la population qui n'a pas accès de façon durable à l'approvisionnement en eau potable (OMD 7, cible 10).

Pour apprécier les performances dans ce domaine, le Bénin a retenu comme indicateur, la proportion de la population ayant accès à une source d'eau potable (CSPEF, 2009). Sur le plan national, le volet "Eau" constitue un secteur prioritaire de la Stratégie de Réduction de la Pauvreté (SRP). Malgré les programmes d'intervention mis en place par le Gouvernement et l'appui des partenaires au développement dans le secteur, le taux de desserte en eau potable

en 2007 au Bénin s'est établi à 47,5 % (CSPEF, 2008). Ce taux de couverture déjà relativement faible à l'échelle nationale, l'est généralement beaucoup plus dans les zones rurales et semi-urbaines.

Les offres des services fournis dans ces domaines par les institutions étatiques renforcées par les appuis des Organisations Non Gouvernementales (ONG) sont loin de couvrir les demandes des populations en eau potable. Ces dernières trouvent satisfaction à leurs besoins en eau par l'usage des sources habituelles environnantes. Ainsi, les habitants des centres ruraux, semi-urbains et péri-urbains continuent de s'abreuver concurremment des eaux de surface, de puits traditionnels ou modernes, de forages et de pluie.

Les résultats agrégés obtenus jusque-là pour évaluer l'atteinte des cibles sur le plan national cachent des réalités par région. Il importe qu'à travers la recherche, des efforts soient faits pour mettre à la portée des décideurs certains indicateurs qui révèlent des réalités sectorielles pour leur permettre de mieux orienter les politiques visant le bien-être des populations. C'est la préoccupation qui a guidé le choix du thème intitulé «*Qualité des eaux de consommation et état de santé des populations en milieu Itcha-Ifè dans le Département des Collines au Bénin*».

Cette thèse, structurée en trois parties déclinées en sept (07) chapitres, se veut ainsi une contribution à l'identification des sources probables de certaines maladies qui affectent la santé des populations en milieu Itcha-Ifè, situé dans le département des Collines au Bénin.

La première partie libellée : cadres théorique et géographique de l'étude et approche méthodologique comprend trois chapitres. Le premier chapitre aborde la problématique, la revue de littérature et la clarification des concepts. Le deuxième chapitre présente le contexte géographique de l'étude en mettant l'accent sur les facteurs qui influencent la qualité des eaux de consommation. Le troisième chapitre expose la démarche méthodologique adoptée pour mener l'étude.

La deuxième partie intitulée : qualité et sources de pollution des eaux consommées par les populations en milieu Itcha-Ifè, comprend les chapitres 4 et 5. Le chapitre 4 présente la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation des populations en

milieu Itcha-Ifè. Le chapitre 5 expose les sources de pollution des eaux de consommation en milieu Itcha-Ifè.

La troisième partie titrée : impacts socio-sanitaires des eaux consommées en milieu Itcha-Ifè et mesures proposées, comporte les deux derniers chapitres. Le chapitre 6 identifie les risques et effets sanitaires liés à la consommation de l'eau en milieu Itcha-Ifè. Le chapitre 7, enfin, propose les stratégies d'amélioration de la qualité de l'eau de consommation et de la lutte contre les maladies liées à l'eau. Les mesures envisagées contribueront à la diminution des risques hydriques sur la santé des populations Itcha-Ifè.



## **PREMIERE PARTIE**

### **CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE ET APPROCHE METHODOLOGIQUE**

## **CHAPITRE I :**

### **PROBLEMATIQUE, REVUE DE LITTERATURE ET CLARIFICATION DES CONCEPTS**

Le présent chapitre expose les fondements du choix du sujet, les hypothèses et les objectifs de travail, la revue de littérature et la clarification des concepts-clés qui permettent d'avoir des connaissances approfondies sur le thème d'étude.

#### **1.1- PROBLEMATIQUE**

La problématique élaborée dans le cadre de ce travail de recherche aborde la justification de l'étude, les hypothèses de travail et les objectifs de recherche.

##### **1.1.1. Justification de l'étude**

Depuis les premières manifestations de la vie sur terre, jusqu'à la conquête spatiale, chercher de l'eau est la quête primordiale du vivant et particulièrement des humains. L'homme a été son esclave pendant des millénaires ; il n'a su la maîtriser que très progressivement et très récemment. En effet, pendant un siècle et demi environ, l'Homme l'aurait crue asservie, maîtrisée à son profit ; du moins dans les pays développés (Goubert et Chotard, 2002) où l'accès à l'eau potable à usage domestique est une chose banale.

Au contraire, dans les pays les moins avancés, en particulier au Bénin, l'eau potable constitue encore une denrée rare pour la grande partie des populations. Jusqu'à ce début du XXI<sup>ème</sup> siècle, plusieurs milliers de personnes continuent de consommer de l'eau souillée provenant des puits, des rivières, des étangs, des mares. Ainsi, dans les zones défavorisées du continent africain, il se pose encore la problématique de la diversité des sources d'approvisionnement en eau des populations. Face à une croissance rapide de la population, les infrastructures des villes n'ont pas été développées en conséquence (Robidoux et *al.*, 1998). De plus, cet essor n'est pas accompagné de politiques d'aménagement et d'assainissement adéquates. En effet, les populations ne disposent pas d'un système approprié de collecte, d'évacuation et de traitement des ordures ménagères, encore moins de celui des eaux usées (Makoutodé et *al.*, 1999). La dégradation continue du cadre de vie entraîne la détérioration de la qualité des eaux

des sources d'approvisionnement. Tous ces facteurs ont pour conséquence logique, la recrudescence des maladies infectieuses dont l'eau est le vecteur courant (Robidoux et *al.*, 1998).

La dégradation de la qualité de l'eau et sa mauvaise gestion constituent un danger pour la vie de l'homme. Les risques épidémiologiques augmentent en fonction de l'état de détérioration de la qualité de la ressource en eau. Environ 3,1 % des décès (1,7 million) et 3,7 % des années de vie commuées en incapacité soit 54,2 millions ont pour cause l'eau non potable (OMS, 2002). Les régions les plus pauvres sont les plus exposées aux épidémies causées par l'eau. Dans ces régions du monde, l'OMS (2002) a évalué à 99,8 %, des décès associés à ces facteurs de risques.

Les résultats des travaux réalisés dans plusieurs régions du Bénin sur la qualité de l'eau, par Sodjo (1997) en pays Agonli au centre-est, Makoutodé *et al.* (1999) dans la commune de Grand Popo au sud-ouest, Bossou (2002) dans la ville de Cotonou, Hêdiblé et Boko (2006) dans la zone côtière, Edorh *et al.* (2007) à Kérou au nord, Kakpo (2008) dans le département des Collines au centre et Azonhè (2009) dans la dépression des Tchi au sud, ont montré que les eaux de consommation des populations sont, pour la plupart, contaminées par des micro-organismes polluants et sont à la base de fréquentes maladies. La mauvaise qualité de l'eau reste ainsi un risque à la santé de l'homme et par conséquent un frein au développement.

Chaque année, plus d'un milliard d'êtres humains n'ont guère d'autres choix que d'utiliser l'eau potentiellement dangereuse (UNICEF et OMS, 2004). Ainsi, se perpétue sans bruit une crise humanitaire qui fait chaque jour 3900 victimes parmi les enfants et compromet la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement (ONU, 2005). Dans le rapport du Projet Objectifs du Millénaire en 2005, Kofi Annan, alors Secrétaire Général de l'ONU, déclare que « l'échec collectif face à ce problème amenuisera les perspectives d'avenir des milliards de personnes saisies dans une spirale de pauvreté et de maladies ».

En prélude à ces constats, en septembre 2000, les chefs d'Etat ont, à l'occasion de l'une des plus grandes réunions jamais organisée, célébré l'arrivée du nouveau millénaire en adoptant la Déclaration du Millénaire des Nations Unies qui a été approuvée par 189 pays.

Cet engagement pris sur le plan mondial vise à réduire les disparités persistantes en matière d'approvisionnement en eau et d'assainissement, plus marquées dans les pays sous-développés. Les données sur la couverture mondiale en eau potable de 2002 indiquent que, sur dix personnes, cinq environ bénéficient de raccordements au réseau d'eau (dans leur maison, sur leur terrain ou dans leur cour) ; trois ont accès à une autre source d'approvisionnement en eau améliorée, comme un puits protégé ou une borne-fontaine ; et deux ne sont pas desservies, étant ainsi obligées de consommer l'eau potentiellement insalubre provenant de rivières, d'étangs, de puits non protégés (UNICEF et OMS, 2004). De manière subséquente, la situation économique des ménages détermine le type d'approvisionnement en eau qui a un impact direct sur la santé et la situation économique des ménages. Les ménages qui n'ont accès qu'à une source d'approvisionnement éloignée et non protégée peuvent voir la santé de leurs membres menacée par des maladies causées par la prise de l'eau insalubre et avoir de perte économique liée au temps perdu du fait des distances.

L'assainissement et le manque d'hygiène s'affichent comme les principaux facteurs de dégradation de l'eau. En matière d'assainissement, seulement 31 % des habitants des régions rurales en développement disposent d'une forme ou d'une autre d'assainissement amélioré, contre 73 % de citadins (OMS/UNICEF, 2004). Selon la même source, en 2002, le nombre total de personnes sans accès à l'assainissement amélioré dans les régions en développement se situait autour de 560 millions en zone urbaine, contre 2 milliards en zone rurale.

Ce regard attentif sur le secteur de l'eau explique et justifie toute l'importance accordée aujourd'hui à l'eau par la communauté internationale. Ainsi, lors de la Décennie Internationale d'Action, l'Eau, source de vie (2005 – 2015), Kofi Annan, alors Secrétaire Général des Nations Unies déclarait : « Nous ne pourrions venir à bout du SIDA, de la tuberculose, du paludisme et des autres maladies infectieuses qui affligent le monde en développement que lorsque nous aurons remporté la bataille de l'eau potable, de l'assainissement et des soins de santé primaires. » (OMS, 2005). S'inscrivant dans cette logique et ceci depuis longtemps, les institutions et structures comme l'OMS, l'UNICEF, l'UNESCO, le PHI et le Global Water Partnership font de la question de l'eau leur cheval de bataille.

Par ailleurs, en analysant la problématique de la santé et de l'environnement dans les petits centres en Afrique et plus particulièrement au Bénin, il s'en déduit que l'un des facteurs qui

affectent négativement la santé individuelle et collective est l'insuffisance des mesures d'assainissement et d'hygiène du milieu (Gomez, 2004).

De ce fait, il est à remarquer que les facteurs de dégradation environnementale comme la pollution de l'eau et de l'air alourdissent le cortège des maladies et imposent des coûts économiques importants en particulier aux populations pauvres. Les estimations récentes suggèrent que, dans le monde en développement, un cinquième (1/5) des décès prématurés et des cas de maladies résultent des risques environnementaux majeurs (ONU, 1998).

Dans le secteur d'étude, seulement la ville de Bantè dispose d'une adduction d'eau à grand débit (eau traitée de la SONEB) et six (06) autres agglomérations (chefs-lieux d'arrondissement) : Pira, Gouka, Koko, Kpataba, Doumé et Tchetti ont de mini-adductions auxquelles les populations recourent très peu. Les populations, situées dans cette région de socle, utilisent souvent les sources d'eau alternatives que sont les eaux de surface, de citernes, de puits, de pompe à motricité humaine et de pluie pour les besoins de consommation domestique (Gomez, 2004). L'état de l'assainissement dans les agglomérations rend douteuse la qualité des eaux destinées à la consommation. Le niveau d'assainissement dans les Collines est de 57,84 %. Le rejet, dans cette région, des ordures ménagères (93,3 %) et des eaux usées (76,3 %) dans la nature est une pratique très courante (USAID/MS, 2008). La probabilité de pollution des eaux souterraines et de surface devient ainsi forte et leur consommation entraînerait des risques pour la santé des populations.

A la pollution microbiologique peut aussi s'ajouter la pollution chimique. Les communes de Bantè et de Savalou étaient très reconnues dans la production du coton exigeant l'utilisation des engrais chimiques et des pesticides pour une meilleure rentabilité. La rupture avec cette culture s'est traduite par la reconversion à la production vivrière (niébé, soja, maïs) à grande envergure dont le bon rendement est aussi obtenu par l'utilisation des intrants agricoles. Les produits phytosanitaires manipulés pourront atteindre les eaux des rivières et des nappes souterraines et modifier leur état ionique. Au demeurant, la santé humaine peut ainsi être menacée par ingestion des eaux contaminées.

A ce propos, à l'instar de certaines localités de la région non prise en compte par l'étude, le milieu Itcha-Ifè a connu des épidémies de choléra et de fièvre typhoïde respectivement en 1997 et en 2001. Les multiples décès dus à ces maladies ont diminué grâce aux actions

conjointes des services de santé et d'hydraulique par les traitements cliniques et la désinfection des sources d'eau de boisson (puits) exposées à l'air libre. Depuis lors, quand bien même ces maladies ne sont plus apparues à grande échelle, des cas isolés ne cessent d'être enregistrés chaque année. Par ailleurs, l'analyse des statistiques de santé fait ressortir une place non négligeable aux maladies hydroféciales. De l'exploitation des résultats d'enquête de terrain, en dehors du paludisme qui reste la première plainte des populations, les affections les plus couramment citées et qui sont gravées dans la mémoire des populations du secteur d'étude sont les diarrhées, les affections gastro-intestinales, la fièvre typhoïde, le choléra. Ces maladies ont des origines liées à l'eau. Dès lors, quelques interrogations subsistent et méritent des investigations approfondies.

Quelle est la qualité des eaux consommées par ces populations ?

Comment la consommation des eaux non potables affecte-t-elle la santé des populations ?

Quelles sont les mesures endogènes d'amélioration de la qualité des eaux de consommation dans le secteur d'étude ?

Tous ces éléments réunis suscitant des réflexions sur la nature des eaux consommées et leur répercussion sur l'état de santé des populations, ont conduit au sujet portant sur le thème *«Qualité des eaux de consommation et état de santé des populations en milieu Itcha-Ifè dans le Département des Collines au Bénin»*.

L'étude permet d'évaluer le niveau de pollution des eaux de consommation et d'établir ses relations avec la prévalence des maladies dans le secteur d'étude. Ces données mises au point constitueront des outils de prise de décision pour la protection des sources d'eau et l'amélioration de la santé des populations. Il vise à mettre en exergue les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de consommation à grande échelle dans le secteur d'étude et à faire connaître dans quelle mesure, la qualité de l'eau affecte la santé des populations.

### **1.1.2. Hypothèses de travail**

Cette étude est fondée sur les hypothèses suivantes :

- les eaux de consommation des populations Itcha-Ifè sont polluées ;
- les eaux consommées ont des effets sur la santé des populations Itcha-Ifè ;

- les mesures endogènes d'amélioration de la qualité de l'eau de consommation dans le secteur d'étude sont peu efficaces.

### **1.1.3. Objectifs de recherche**

L'objectif global de cette recherche est d'étudier la qualité des eaux de consommation et leurs effets sur l'état de santé des populations en milieu Itcha-Ifè.

De façon explicite, il s'agit de :

- analyser la qualité des eaux de consommation des populations Itcha-Ifè ;
- établir la relation entre la qualité des eaux consommées et l'état de santé des populations en milieu Itcha-Ifè ;
- identifier des mesures efficaces d'amélioration de la qualité des eaux de consommation en milieu Itcha-Ifè.

## **1.2- REVUE DE LITTERATURE ET CLARIFICATION DES CONCEPTS**

Il s'agit de la revue documentaire pour mieux cerner la problématique sur le thème et la théorie développée sur quelques concepts utilisés dans l'étude, afin de faire l'état des lieux des connaissances capitalisées dans ce domaine.

### **1.2.1. Revue de littérature**

Les impacts potentiels de la pollution de l'eau de consommation sont divers et variés. Répondre à ce problème est devenu, aujourd'hui, une priorité mondiale. Pour ce faire, la problématique de la qualité de l'eau a pris une place de choix dans la réflexion des universitaires de sorte que les auteurs et acteurs vont de leur côté et à leur manière pour reconsidérer le problème. Dans ce domaine, la littérature est assez abondante. Les recherches documentaires qui se rapportent au sujet ont été consacrées à l'analyse de la disponibilité des eaux de consommation et de leur qualité. Elles ont pu établir un lien entre l'eau, la mauvaise gestion du milieu et les conséquences sanitaires qui en découlent.

#### **1.2.1.1. Disponibilité et usage de l'eau**

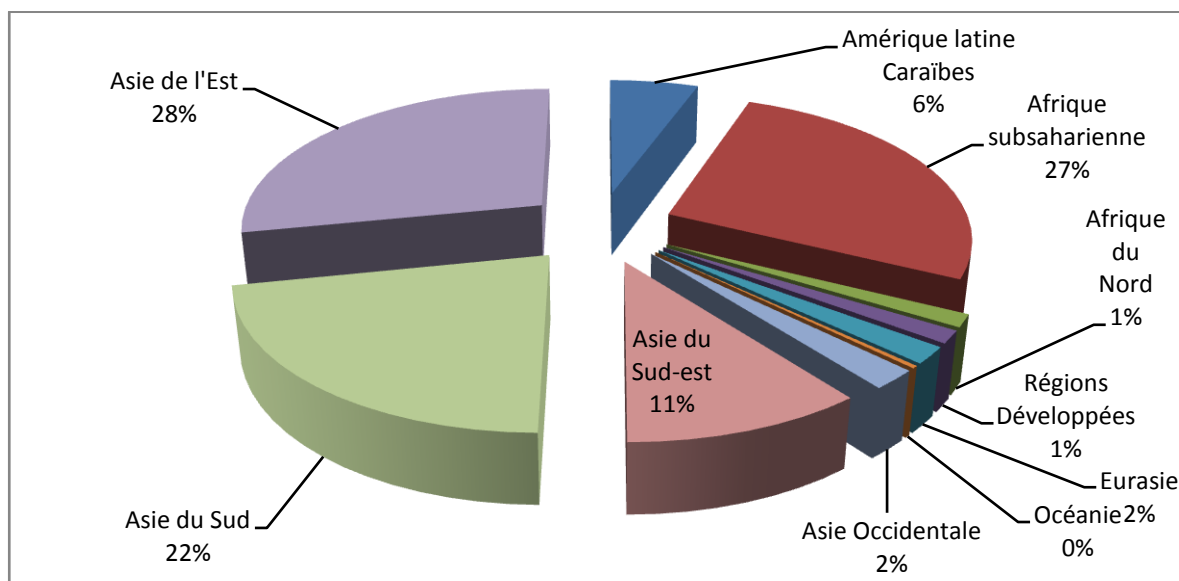
Le génie de l'eau a été vanté par Goubert et Chotard (2002). En effet, depuis l'apparition de la vie sur terre, l'eau tient un rôle structurant dans les sociétés. Matrice des espèces végétales, animales et humaines, elle préside à l'évolution ; elle commande les transformations du milieu en fonction des variations climatiques, sculpte les paysages, détermine les activités. Elle détient une puissance civilisatrice qui soumet les hommes à sa logique avant qu'ils ne le soumettent à leur profit.

Il convient donc d'affirmer que l'eau est la source de vie. Elle organise l'implantation humaine, contribuant à déterminer l'emplacement des terres agricoles, des villages, de l'artisanat, des villes, des activités industrielles et énergétiques. Son impérieuse nécessité à la survie de l'homme la situe, également, dans la recherche de spiritualité des sociétés. Koutinhoun (2006) en s'attachant à la question de l'eau dans le monde, a mis l'accent sur son importance, sa pénurie de plus en plus remarquable, ses différents usages, son caractère sacré, et la gestion que les communautés en font.

En cohérence avec son importance, la nature a fait que l'eau est la substance la plus répandue sur la terre. Elle couvre plus de 70 % de sa superficie, si bien que les astronautes ont qualifié la terre de planète bleue lorsqu'ils l'ont vue de l'espace, à bord de leur véhicule spatial (Ross, 1999). Malgré la disponibilité avérée de la ressource eau évoquée sur le plan planétaire, celle qui sert à la consommation sans risque est très limitée. La nature a bien sûr mis l'eau à la portée des hommes qui en ont fait ce qu'ils veulent de telle enseigne que sa qualité a considérablement dégradé. De ce fait, la conquête des sources d'eau potable devient un enjeu scientifique et technologique. Et ce sont les régions les plus évoluées qui sont parvenues à la maîtriser qui desservent leurs populations en toute sécurité.

En 2002, 83 % de la population mondiale – près de 5,2 milliards d'individus - bénéficiaient d'un approvisionnement en eau potable amélioré (UNICEF et OMS, 2004). Ce bon résultat est terni par le fait que 1,1 milliard de personnes consommaient encore l'eau provenant des sources d'approvisionnement en eau non potable. La figure 1 présente la distribution, par région, des populations qui n'ont pas accès à l'eau potable sur la planète.





**Figure 1 : Proportion des populations sans accès à un approvisionnement en eau potable améliorée par région en 2002**

Source : OMS/UNICEF, 2004.

Les pourcentages de la figure 1 expriment la proportion de personnes, par région, sans approvisionnement en eau potable. Les régions d'Asie de l'Est avec 28 % soit 303 millions, du Sud avec 22 % soit 234 millions, du Sud-est avec 11 % soit 115 millions et d'Afrique subsaharienne avec 27 % soit 288 millions d'individus, détiennent des records mondiaux en matière de privation d'eau potable.

Selon cette même source, en Afrique subsaharienne, 42 % de la population n'est pas desservie en eau potable en 2002. De plus, l'accès à des sources améliorées d'eau potable reste un problème essentiellement rural. En effet, en Afrique subsaharienne, par exemple, 54 % de la population rurale n'ont d'autres recours que les sources d'eau non améliorées (eau de surface, puits creusés ou sources non protégées) [ONU, 2009]. Le constat place l'Afrique de façon générale au plus bas taux de couverture en matière d'accès à l'eau potable et à l'assainissement. Plus d'un africain sur trois vivant en milieu urbain n'a actuellement pas accès à une eau de bonne qualité ni à un système d'assainissement adéquat (PNUE, 2009). Les villes de Cotonou et de Porto-Novo au Bénin où la situation de desserte en eau semble meilleure s'inscrivent malheureusement dans cette fourchette. Malgré l'existence d'un réseau d'adduction d'eau potable à Cotonou et Porto-Novo, 70 à 80 % des ménages ne disposent pas d'eau courante et s'alimentent à partir des eaux de puits (N'Bessa, 1997) menacées de pollution par les ordures ménagères et les eaux vannes.

### 1.2.1.2. Insalubrité de l'environnement, qualité de l'eau et impacts sanitaires

Les causes du faible accès à l'eau potable non améliorée sont multiples et multifformes. Elles sont essentiellement dues à la pollution des sources d'eau naturelles.

S'agissant des pays sous-développés, la pollution des ressources en eau est particulièrement dominée par le manque d'assainissement et d'hygiène. Les pays sous-développés enregistrent jusque-là les plus faibles taux de couverture en assainissement. Ces pays où le taux de couverture en assainissement amélioré était inférieur ou égal à un tiers en 2002 se concentrent en Asie et en Afrique particulièrement au sud du Sahara (UNICEF et OMS, 2004). Le tableau I présente les pays où les taux de couverture en assainissement sont les plus faibles sur l'échiquier mondial.

**Tableau I : Pays où la couverture en assainissement amélioré était inférieure ou égale à un tiers en 2002 (UNICEF et OMS, 2002)**

| Pays                                  | Couverture en assainissement en 2002 (%) | Pays                      | Couverture en assainissement en 2002 (%) |
|---------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|
| Ethiopie                              | 6                                        | République Centrafricaine | 27                                       |
| Afghanistan                           | 8                                        | Mozambique                | 27                                       |
| Tchad                                 | 8                                        | Népal                     | 27                                       |
| Congo                                 | 9                                        | Micronésie                | 28                                       |
| Erythrée                              | 9                                        | Congo (RDC)               | 29                                       |
| Burkina Faso                          | 12                                       | Angola                    | 30                                       |
| Niger                                 | 12                                       | Inde                      | 30                                       |
| Guinée                                | 13                                       | Namibie                   | 30                                       |
| Cambodge                              | 16                                       | Yémen                     | 30                                       |
| Comores                               | 23                                       | Iles Salomon              | 31                                       |
| République Démocratique Populaire Lao | 24                                       | <b>Bénin</b>              | <b>32</b>                                |
| Sao Tomé et Príncipe                  | 24                                       | Madagascar                | 33                                       |
| Somalie                               | 25                                       | Timor-lestes              | 33                                       |
| Libéria                               | 26                                       |                           |                                          |

Source : UNICEF, 2008

Ce classement (par ordre décroissant), pour le continent africain, place le Bénin et le Madagascar respectivement aux deuxième et troisième rangs avec des taux de couverture respectifs de 32 % et 33 %. Ils sont précédés des pays comme la Namibie et l'Angola (30 %), le Congo (29 %), le Mozambique et la République Centrafricaine (27 %), le Libéria (26 %), la Somalie (25 %), le Sao Tomé et Príncipe (24 %), le Niger et le Burkina Faso (12 %), le Congo (9 %), le Tchad (8 %), l'Ethiopie (6 %), avec des positions non confortables.

Il se distingue la pollution urbaine engendrée par les eaux usées "domestiques" (eaux de cuisine et de salle de bains) et "les eaux vannes" (WC) et la pollution par des ordures ménagères. D'après le rapport de l'UNICEF sur l'année internationale de l'assainissement en 2008 dans le monde, les excréments humains sont au centre même du problème de l'assainissement. En effet, selon cette source, un gramme de matières fécales peut contenir :

- 10 000 000 virus ;
- 1 000 000 bactéries ;
- 1 000 kystes parasitaires ;
- et 100 œufs de parasite.

En l'absence d'installations sanitaires pour contenir et évacuer en toute sécurité les fèces humaines, première source de pathogènes diarrhéiques, la santé d'une communauté et en particulier celle de ses enfants, qui sont les plus exposés, est compromise. De ce fait, plus de 200 millions de tonnes de déchets humains et des millions de tonnes d'eaux usées sont déversées dans les cours d'eau du monde entier chaque année sans avoir été traitées (UNICEF, 2008). Selon la même source, la conséquence qui en découle est le transfert par l'eau, la terre et les aliments mal ou non lavés des bactéries, des virus et des parasites et qui provoquent à l'homme, des maladies diarrhéiques (y compris la dysenterie et le choléra), des infections parasitaires, des infestations vermineuses et le trachome.

De plus, l'OMS (2000) précise que la dégradation de la qualité des ressources hydriques est due aux contaminations plus ou moins importantes subies, directement par les eaux résiduaires déversées dans le milieu naturel. Elle peut être aussi provoquée indirectement par le lessivage ou la percolation à la suite des épandages agricoles, à partir de sols industriels pollués, ou par la solubilisation de polluants présents dans des déchets stockés dans de mauvaises conditions. De cet fait, l'évacuation inadéquate des déchets et en particulier

d'excréta humains entraîne la contamination du sol et des sources d'eau potable. Cette affirmation est renchérie par Accrombessi (1990) qui, à partir d'une étude menée dans les villes de Cotonou et de Porto-Novo au Bénin, a montré que c'est la variété de la composition des déchets ménagers (déchets liquide et solide) qui contribue à la pollution des eaux dont la consommation a des effets sur la santé des populations.

A ces différents types de pollution s'ajoutent la pollution agricole, la pollution d'origine naturelle et la pollution atmosphérique qui, prises isolément ou combinées à d'autres types de pollution ont des conséquences sanitaires et écologiques énormes. Selon Boko (2001), la croissance de la population ainsi que la transformation des modes de vie et le développement économique auxquels s'ajoutent les problèmes environnementaux accentuent la pression sur la ressource en eau avec pour conséquence la détérioration de leur qualité. L'extension des domaines agricoles constituent également des sources non négligeables de pollution à cause de l'emploi quasi systématique d'engrais qui s'infiltrant parfois dans les nappes phréatiques, atteignant des réserves d'eau profondes.

Par ailleurs, les phénomènes naturels sont déterminants pour d'autres formes de pollution hydrique. En effet, Morel (2007) indique que la hausse générale de la température terrestre nuirait à la qualité de l'eau douce. Pour l'auteur, les effets des changements climatiques sur la pénurie d'eau se remarqueront aussi sur la qualité des eaux disponibles surtout dans les pays en développement. Selon la même source, les changements climatiques auront à l'avenir un réel impact sur les ressources en eau. Il pense que les précipitations seront peut-être plus irrégulières, augmentant ainsi la fréquence des sécheresses et des inondations dans de nombreuses régions du monde. D'après lui, les hausses de températures entraîneront la fonte des glaciers. Enfin, il conclut que les changements climatiques affecteront également les nappes phréatiques des littoraux et la qualité de l'eau. Dans cet ordre d'idées, l'IPCC (2001), a prouvé que ce sont les régions du monde où les systèmes hydriques sont mal gérés qui sont les plus vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques du fait de la dégradation de la qualité de la ressource en eau. Tous ces facteurs auront des conséquences majeures sur les secteurs qui dépendent des ressources en eau, comme la distribution en eau urbaine et rurale, l'agriculture, l'énergie, l'industrie, le secteur minier, l'élevage, la pêche et l'environnement (Groupe de la Banque Mondiale, 2008).

Les pratiques humaines et les éléments du milieu naturel contribuent énormément à la pollution des ressources hydriques dont la consommation affecte la santé des populations des régions exposées.

Laimé (2003) a révélé que plus de 15 millions d'êtres humains meurent chaque année après avoir bu de l'eau non potable ou n'avoir pas eu accès à l'eau potable. La mortalité infantile est due à hauteur d'environ 60 % à des maladies contagieuses et parasitaires dont la plupart sont liées à l'eau. L'auteur a présenté dans son ouvrage la gravité de l'absence d'eau potable destinée à la consommation dans certains pays ; ce qui indique que les maladies liées à l'eau représentent une forte proportion de toutes les maladies des adultes et des enfants. Au Bangladesh, par exemple, les trois quarts de toutes les maladies enregistrées dans une année sont liées à l'eau insalubre et à des installations sanitaires insuffisantes. Au Pakistan, le quart de tous les malades hospitalisés ont des maladies liées à l'eau (Laimé, 2003). Les maladies d'origine hydrique sont des maladies « de l'eau sale » causées par une eau qui a été contaminée par les déchets humains, animaux ou chimiques.

En établissant la relation entre la pollution physico-chimique et la consommation de l'eau souillée, SODJO (1997) a démontré que le pH des eaux des rivières et des puits en pays Agonli en général inférieur à 7, donc acide dans certains cas, favorise la propagation des vecteurs et hôtes intermédiaires comme le cas du *Mycobactérium ulcerans* qui est à l'origine de l'ulcère de Buruli.

Dans le monde, le manque des stations d'épuration des eaux usées et d'eaux salubres destinées à la boisson et à la cuisson des aliments et à l'hygiène est responsable de plus de 12 millions de morts par an. Jusqu'en 2008, en Afrique, le nombre de personnes n'ayant pas accès à une eau propre s'élève à 300 millions, soit 40 % de la population du continent (UNICEF, 2008).

Aussi, une étude d'état des lieux commanditée par la DANIDA en 2002 dans le cadre de son appui au secteur de l'eau, a conclu que le Bénin dispose naturellement d'une réserve d'eau de bonne qualité pour satisfaire ses besoins. Toutefois, l'étude révèle que des risques de pollution bactériologique, chimique et biologique de ces eaux existent dans les zones de très forte concentration humaine et productrices de coton, comme le secteur d'étude.

L'interaction entre les activités des populations, leur eau de boisson et leur santé est partagée par Odoulami (1999), Kiki Migan (1993) et Assani (1995). Après les études effectuées sur la qualité des eaux dans certaines villes du Bénin, ceux-ci ont affirmé que les eaux de puits renferment de rejets générés par les activités humaines et des germes fécaux qui sont à leur tour responsables de plusieurs maladies d'origine hydrique telles que le choléra, la fièvre typhoïde, la dysenterie, les gastro-entérites, les parasitoses intestinales.

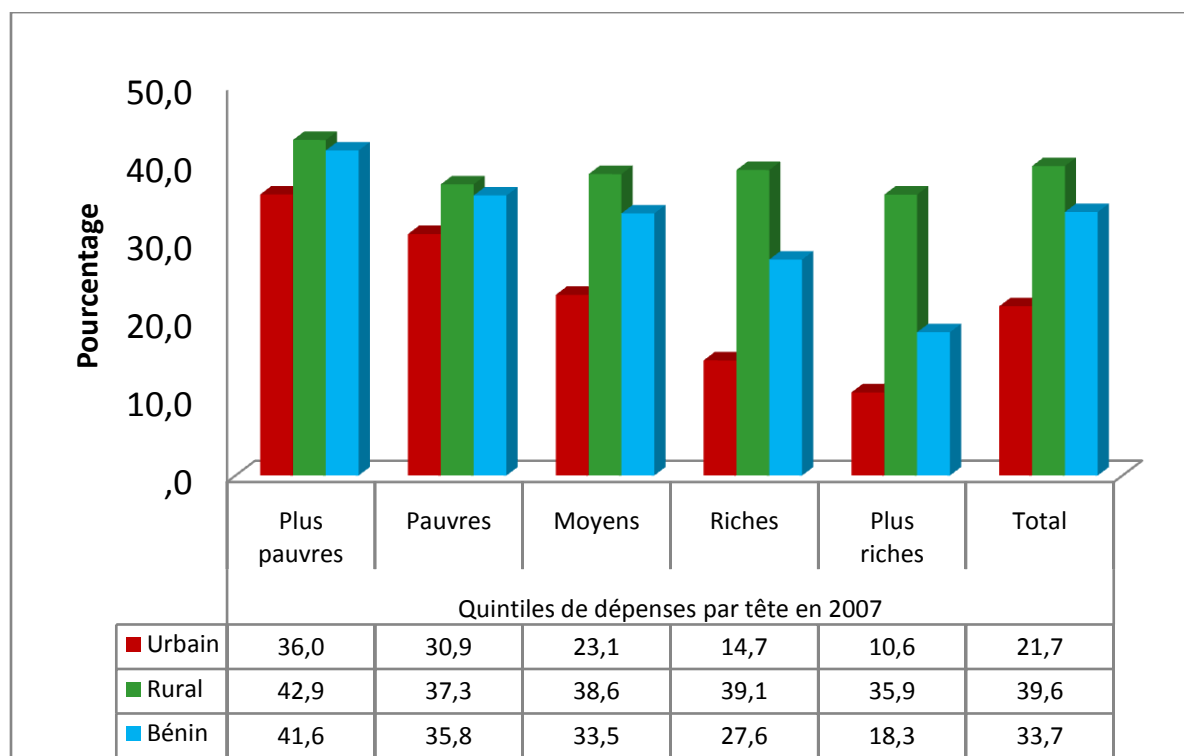
Il est d'autant plus vrai que les activités humaines sont à la base de la production des eaux souillées qui à leur tour sont responsables de diverses manières des ennuis de santé (Alain et al, 2006). L'auteur soutient que le problème de l'eau est qualitatif. Plus sa consommation augmente, plus les rejets d'eaux usées sont importants. Il a noté que dans les pays en voie de développement 90 % des eaux résiduaires et 70 % des déchets industriels sont rejetés sans traitement préalable dans les eaux de surface.

Par ailleurs, les travaux de Houndji et Togonou (1992), Aïssi (1992), Adjamonsi (1994), Adékambi et Adamou (2000) ont permis d'établir le lien entre la santé des populations et les eaux de consommation. Ces auteurs ont conclu que l'état de santé des populations de leurs secteurs d'étude est fonction de la qualité des eaux utilisées pour la boisson.

En outre, l'état de santé des populations est en relation avec les moyens d'existence, autrement dit, la santé est subordonnée par les conditions d'aisance ou de pauvreté dans lesquelles vivent ces populations. Selon la CSPEF, l'étude la plus récente sur les indicateurs de pauvreté résultant de l'Enquête Modulaire Intégrée des Conditions de Vie des ménages en 2007 (INSAE, 2009b) au Bénin a montré que :

- la pauvreté monétaire touche 33,3 % de la population contre 37,4 % en 2006 ;
- la pauvreté non monétaire touche 39,7 % en 2007 contre 42 % en 2006 ;
- excepté la pauvreté en terme de conditions de vie, les autres formes de pauvreté sont plus dominantes en milieu rural ;
- les variables telles que le niveau d'instruction, le sexe du chef de ménage, la taille du ménage et le secteur d'activité du chef de ménage influencent significativement l'état de bien-être du ménage sur toutes les formes de pauvreté (CSPEF, 2009).

De ces réalités statistiques traduites par les indices ci-dessus, se dégage aisément le lien étroit entre pauvreté et accès à l'eau potable. Les enquêtes EMICoV de 2007 ont mis en exergue la stratification des dépenses en eau par habitant selon qu'il s'agit d'un milieu urbain ou rural et selon le niveau de vie des populations (figure 2).



**Figure 2 : Proportion des dépenses en eau au niveau des différentes couches de la population au Bénin**

Source : INSAE, 2009b

Suivant les quintiles de dépenses par habitant en 2007, il se dégage que :

- les ménages les plus pauvres au Bénin affectent globalement 41,6 % de leurs dépenses pour s'approvisionner en eau potable, avec respectivement 36,0 % et 42,9 % pour les ménages urbains et les ménages ruraux ;
- les ménages pauvres consacrent 35,8 % des dépenses à l'accès l'eau potable avec respectivement 30,9 % pour les ménages urbain et 37,3 % pour les ménages ruraux ;
- les couches moyennes affectent 33,5 % des dépenses à l'eau potable avec notamment 38,6 % pour les ménages ruraux et 23,1 % pour les ménages urbains ;
- au niveau des riches, 39,1% et 14,7 % des dépenses sont affectées à l'eau potable respectivement en milieu rural et en milieu urbain pour une moyenne de 27,6 % des dépenses au niveau national ;

- au sein des plus riches, 35,9 % des dépenses des ménages en milieu rural sont consacrées à l'eau potable contre 10,6 % en milieu urbain.

Il se dégage qu'au fur et à mesure que le niveau de vie s'améliore, les facilités à avoir accès à l'eau potable s'accroissent. Autrement dit, plus les populations sont pauvres, plus elles ont de difficultés à s'approvisionner en eau potable ; les dépenses affectées à l'eau occupant en effet une proportion assez importante par rapport au total des dépenses annuelles. Ce fait est si remarquable que l'on peut s'accorder avec Goubert et Chotard (2002) que la présence de l'eau contribue à séparer l'habitat des plus pauvres et des plus nantis. Si l'accès à l'eau potable est tributaire des conditions de vie, le niveau de santé des populations pourrait donc dépendre par évidence de leur interaction.

En effet, pour la Banque Mondiale (Gomez, 2004), le développement économique apporte avec lui une amélioration considérable de la qualité de vie dans les pays en développement, produisant des gains incroyables et sans précédents dans l'histoire de l'humanité.

#### **1.2.1.3. Problématique d'appréciation de la relation entre environnement-eau-santé**

Dans le même ordre d'idées que précédemment, Cairncross et *al*, (2003) ont mis l'accent sur les relations entre la qualité de l'environnement, l'accès à l'eau potable et la pauvreté. Ils ont fait remarquer que pour les ménages les plus pauvres, la santé est un facteur déterminant dans leur quête de moyens de subsistance sans oublier que l'environnement de l'habitat et du travail peut la mettre en danger. L'amélioration de l'environnement, qui a un impact sur la santé, est pour eux un préalable pour l'amélioration durable des conditions de vie et pour la lutte contre la pauvreté dans le monde, car les facteurs liés à l'environnement sont la cause de 21 % des maladies. Pour ces auteurs, plusieurs facteurs sont responsables de près de trois quarts des maladies dues à l'environnement. Les facteurs sont entre autres l'eau, l'assainissement et l'hygiène, la pollution de l'air domestique, les traumatismes d'origine physique. Au nombre de ces maladies, figurent la diarrhée, surtout chez les enfants de moins de 5 ans, le paludisme, les infections aiguës des voies respiratoires.

Il s'en suit alors que pour réduire les déconvenues d'un environnement urbain malsain, le développement de l'alimentation en eau et celui de l'assainissement doivent être complémentaires, et l'un et l'autre doivent être associés aux autres aspects du développement



sanitaire (OMS, 1981). Dans cette même logique, en 1993 l'Assemblée Générale de l'OMS déclare : « Protéger l'eau, c'est protéger la vie ». L'eau, en sa qualité d'élément indispensable pour la vie et la santé est inscrite depuis 2002 dans les droits fondamentaux d'être humain. Ainsi, 145 pays ont pris l'engagement d'assurer à leur population l'accès à une eau saine. En dépit de ces engagements de la « Communauté Internationale » les droits d'accès à l'eau potable ne sont toujours pas assurés à tous les habitants de la planète et la moitié d'entre eux risque de manquer cette ressource vitale dans 30 ans.

Au regard de ces constats, le Partenariat National de l'Eau (2003), trouve que la qualité de la plupart des eaux consommées au Bénin se trouve en deçà des normes internationale et nationale. Pour l'institution, la mise en œuvre d'une approche de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) est nécessaire pour permettre à l'utilisateur lui-même de décider de son niveau d'accès à l'eau potable et aux conditions de vie hygiénique. En effet, le Bénin a déjà opté pour la GIRE depuis un certain nombre d'années, ce qui appelle l'initiative par le Gouvernement de réviser la loi portant gestion de l'eau en République du Bénin (MMEE, 2005). L'enjeu de l'approche « gestion intégrée des ressources en eau » est de promouvoir « la responsabilité écologique et l'utilisation rationnelle de la ressource pour ne pas compromettre les besoins des générations futures et ceux des autres êtres vivants qui partagent avec nous les hommes, l'eau du globe » (Bouguerra, 2003).

De tout ce qui précède, il peut être admis que l'eau constitue un facteur de transmission de nombreuses maladies à l'espèce humaine. La dégradation de la qualité de l'écosystème eau est tributaire du milieu de vie de l'homme mais aussi des éléments naturels. Cette assertion est partagée par le réseau canadien de la santé pour qui la santé et l'environnement sont interdépendants. De ce fait, les activités humaines ont donc un impact sur la nature, tout comme les milieux de vie ont des répercussions importantes sur la santé et le bien-être (Santé Canada, 1991). Le mode de vie et la pauvreté justifieraient un temps soit peu le comportement des hommes et des femmes vis-à-vis de l'utilisation de l'eau. Au vu de tous ces problèmes, il faut alors repenser la question eau- assainissement-santé dont la finalité est de renforcer la gestion des systèmes de santé (Cassels et Janovsky, 1996) à travers des actions promptes en direction de la protection des ressources en eau.

En conclusion, cette revue documentaire a permis d'avoir une vue synoptique sur l'importance de l'eau pour l'espèce humaine et d'établir le lien étroit entre les ressources en

eau et certaines maladies. Certes, plusieurs études ont été réalisées sur l'eau au Bénin mais, très peu ont rapport avec le secteur d'étude, d'où l'importance de la présente étude qui permettra de disposer des éléments d'appréciation de la qualité de l'eau en milieu Itcha-Ifè et ses effets sur la santé des populations.

### **1.2.2. Clarification des concepts**

La formulation du sujet, objet de la présente étude, fait appel à l'utilisation fréquente de certains concepts qu'il convient de définir pour faciliter la compréhension du travail. Les concepts clés retenus sont :

- eau potable ;
- pollution ;
- santé ;
- maladies transmises par l'eau souillée ;
- assainissement.

#### **1.2.2.1. Eau potable**

Le concept de « potabilité » varie à travers le monde, suivant les contextes historique et culturel locaux. Une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. Il s'agit d'une eau qui est destinée à la consommation, soit à l'état naturel, soit après avoir été traitée. Son aspect, son odeur et son goût, ainsi que ses caractéristiques microbiologiques, chimiques et physiques respectent les exigences légales (OFEV, 2009).

Pour qu'une eau soit potable (propre à la consommation), elle doit répondre à des normes de qualité. Ces normes s'appuient sur des travaux médicaux établissant les "doses maximales admissibles" (quantités de substances qu'un individu peut absorber sans risque, tous les jours de sa vie, avec une marge de sécurité confortable).

Le Bénin à travers le décret N° 2001-04 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin, a défini les normes de l'eau potable et de la protection des sources en eau potable. Suivant l'article 3 de ce décret, l'eau destinée à la consommation humaine et aux usages domestiques est soumise à des normes physiques, chimiques et

bactériologiques. Ces normes sont précisées aux articles 11 et 17. Par exemple, les paramètres réglementés sont :

- la qualité organoleptique (couleur, turbidité, odeur, saveur) ;
- certains paramètres physico-chimiques naturels (température, pH, chlorures, sulfates) ;
- des paramètres chimiques inorganiques : des substances dites ‘‘indésirables’’ (nitrates, nitrites, pesticides) et des substances toxiques (arsenic, plomb, hydrocarbures) ;
- les paramètres radiologiques (activité alpha brute et activité bêta brute) ;
- des paramètres microbiologiques (l'eau ne doit pas contenir d'organismes pathogènes).

Le tableau II présente les normes microbiologiques usuellement mesurées au Bénin pour une eau destinée à la consommation humaine.

**Tableau II : Normes microbiologiques de l'eau potable mesurées par la SONEB au Bénin**

| Paramètres                                               | Unité                | Normes              |                      |                 |          |
|----------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|-----------------|----------|
|                                                          |                      | Eau non désinfectée |                      | Eau désinfectée |          |
|                                                          |                      | NG                  | VMA                  | NG              | VMA      |
| Dénombrements des germes banals en 24 h à 37° C          | UFC/mL               | 20                  | 50                   | 20              | 20       |
| Dénombrement des germes banals en 48 h à 37° C           | UFC/mL               | 20                  | 50                   | 20              | 20       |
| Recherche des présomptions des coliformes                | Positive ou Négative | Négative            | Positive ou Négative | Négative        | Négative |
| Dénombrement des coliformes totaux                       | Nbre/100mL           | 0                   | 0                    | 0               | 0        |
| Dénombrement des Escherichia coli après 48 h à 44° C     | Nbre/100mL           | 0                   | 0                    | 0               | 0        |
| Dénombrement des Salmonella et Shigella                  | Nbre/100mL           | 0                   | 0                    | 0               | 0        |
| Dénombrement des Staphylocoques                          | Nbre/100mL           | 0                   | 0                    | 0               | 0        |
| Dénombrement des Streptocoques fécaux après 24 H à 37° C | Nbre/100mL           | 0                   | 0                    | 0               | 0        |
| Dénombrement des Clostridium                             | Nbre/100mL           | 0                   | 2                    | 0               | 0        |

Source : SONEB, 2007

NG : Niveau Guide VMA : Valeur Maximale Admissible UFC : Unité Formant Colonie

L'analyse du tableau II fait apparaître les valeurs-seuils au-dessus desquelles le paramètre mis en évidence affecte la qualité de l'eau. Des normes sont ainsi fixées pour chaque paramètre. Par exemple, pour l'eau de consommation, le nombre de germes banals admissibles dans l'eau de consommation est d'au plus 50 unités formant colonie (UFC) pour l'eau non désinfectée et

de 20 UFC pour l'eau désinfectée. L'eau de consommation, pour les autres germes (coliformes totaux, *Escherichia coli*, *Salmonella* et *Shigella*, streptocoques fécaux, *Clostridium* et *Staphylocoques*), ne doit présenter aucun signe signalant leur présence. L'identification de l'un ou plusieurs de ces germes dans une eau destinée à la consommation lui confère le qualificatif d'eau souillée ou d'eau polluée.

Quant aux normes physico-chimiques couramment mesurées au Bénin, elles sont indiquées dans le tableau III.

**Tableau III : Normes physico-chimiques de l'eau potable mesurées par la SONEB au Bénin**

| Paramètre                 | Concentration Maximale Admissible (CMA) |                | Paramètres      | Concentration Maximale Admissible (CMA) |       |
|---------------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------------|-------|
|                           | VG                                      | Bénin          |                 | VG                                      | Bénin |
| Couleur                   | 15                                      | 15             | Nitrates        | 50                                      | 45    |
| Turbidité                 | 5                                       | 5              | Nitrites        | 0,1                                     | 3,2   |
| Température               | 25° C                                   |                | Ammonium        | 0,5                                     | 0,5   |
| pH                        | 6,5 < pH < 8,5                          | 6,5 < pH < 8,5 | Oxydabilité     | 5                                       | 5     |
| Conductibilité électrique | 2000                                    | 2000           | Fer total       | 0,2                                     | 0,3   |
| Chlorure                  | 250                                     | 250            | Sodium          | 100                                     | 100   |
| Sulfate                   | 240                                     | 500            | Potassium       | 12                                      | 12    |
| Calcium                   | 400                                     | 100            | Orthophosphates | 5                                       | 5     |
| Magnésium                 | 50                                      | 50             |                 |                                         |       |

Source : SONEB, 2007

VG : Valeur Guide      CMA : Concentration Maximale Admissible

Le tableau III montre les seuils des principaux paramètres physico-chimiques. Le tableau présente des normes guides définies par l'OMS et les normes appliquées au Bénin par les services de fourniture de l'eau potable. Les sources considérées comme potables et mises à la disposition des populations au Bénin sont celles captées dans les nappes profondes à savoir les forages regroupant les pompes à motricité humaine, les mini-adductions d'eau de la Direction Générale de l'Eau toutes deux fournissant de l'eau brute et les adductions d'eau potable de la SONEB (eau traitée).

Dans le cadre du présent travail, est considérée comme potable une eau destinée à la consommation par l'homme, et qui ne présente aucun inconvénient pour la santé publique (Bibliothèque pour le Développement Durable, 1989), c'est à dire respectant les normes

physico-chimiques et bactériologiques en vigueur en République du Bénin et fixées par le décret N° 2001-04 du 20 février 2001.

#### **1.2.2.2. Pollution**

Selon le dictionnaire Larousse 2005, la pollution est définie comme la dégradation d'un milieu naturel par des substances chimiques, des déchets industriels ou ménagers. Elle se manifeste par une souillure ou infection contribuant à la dégradation d'un milieu vivant (Hachette, 2001). Cette définition, émise dans un cadre général littéraire, fait ressortir clairement l'impact que peut, avoir indépendamment ou concomitamment, les facteurs naturels et les faits humains sur la qualité de l'environnement. Il existe différentes formes de pollution au nombre desquelles : la pollution organique, la pollution chimique et la pollution biologique. Elles peuvent être causées par des micro-organismes, des substances toxiques, des contaminants biogéniques (engrais), de la matière organique ou des éléments radioactifs, sans compter la pollution visuelle ou esthétique et la pollution thermique (Ross, 1999). La pollution se manifeste à travers des agents appelés polluants. Ainsi, un polluant est un contaminant toxique voire nuisible qui, introduit dans un milieu naturel le rend malsain ou impropre à la vie.

Les polluants peuvent être d'origine naturelle. En effet, l'écorce terrestre renferme dans les roches qui la composent plusieurs éléments chimiques issus des processus de formation ou de désintégration de corps divers (Laté, 2003). Ils sont également d'origine humaine à travers les activités de production (industrielle, agricole), des déchets domestiques et ménagers, des matières organiques fermentescibles (Kiki Migan, 1993).

Par rapport à ce second cas (pollution humaine), la pollution est définie au sens du décret N°2001-109 du 4 avril 2001, fixant les normes des eaux résiduaires en République du Bénin dans son article 2, comme le rejet de substances ou d'énergie effectuée par l'homme dans le milieu naturel directement ou indirectement et ayant des conséquences de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire à l'environnement, à gêner d'autres utilisations légitimes des ressources naturelles.

La pollution se résume par la dégradation des conditions de vie et du cadre de vie par l'introduction d'une substance nocive, d'un produit ou germe pathogène. Les milieux potentiellement sujets à la pollution sont les cours d'eau, les nappes souterraines et les mers,

les lacs, les retenues d'eaux. Ces pollutions peuvent entraîner divers types de nuisances : détérioration de la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à la consommation, altération de la capacité physiologique des personnes, cause de plusieurs maladies. La pollution, dans ce travail, s'entend donc comme l'altération de la qualité de l'eau (par les substances physico-chimiques toxiques et les germes pathogènes) soumise à la consommation des populations du milieu Itcha-Ifè.

#### **1.2.2.3. Santé**

La santé est définie comme l'état complet de bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité (OMS, 1981). Etre en bonne santé, c'est être capable d'optimiser son équilibre de vie en développant au maximum et harmonieusement toutes ses ressources. Cela exige de vivre dans un cadre facilitant son épanouissement en l'absence de tout facteur perturbateur, cause de tension, d'agression usant son organisme, altérant ses facultés de récupération, détruisant sa résistance. Un milieu malsain pourrait évidemment compromettre l'état de santé de l'homme dans la mesure où il est exposé en permanence aux risques de contamination de maladies.

Pour ce faire, parler de la santé en milieu Itcha-Ifè doit amener à se pencher, entre autres, prioritairement sur la qualité de l'eau de consommation humaine, l'assainissement et l'hygiène du milieu et les maladies hydrosanitaires.

#### **1.2.2.4. Maladies transmises par l'eau souillée ou maladies relatives à l'eau**

Selon David J. Bradley cité par Jasper (1997), on distingue quatre différents groupes de maladies relatives à l'eau :

- les maladies transmises par l'eau (Water-born-diseases): mauvaise qualité de l'eau transportant des microbes et des substances causant des maladies qui sont absorbées oralement par l'homme (exemple de diarrhée) ;
- les maladies par lavage à l'eau (water-washed-diseases): manque d'hygiène comme lavage d'ustensiles ou des mains avant de manger et après avoir été aux toilettes. Ceci est cause de la contamination et de l'absorption orale des microbes par l'homme (exemple de diarrhées endémiques, infections des yeux) ;

- les maladies résidant dans l'eau (water-based-diseases): l'eau sert d'espace vital à certains organismes et à leurs cycles de vie. L'homme ferme ce cycle par son contact avec cette eau (lavage, baignade, défécation, passage) en y apportant des microbes d'une part et en l'absorbant d'autre part. L'absorption peut se faire par voie orale ainsi que cutanée (bilharziose) ;
- et les maladies liées à l'eau (water-related-diseases): l'eau (en ce cas également les flaques d'eau) comme couvoirs des vecteurs du paludisme, de la maladie du sommeil, de la fièvre jaune.

L'eau est donc un vecteur de nombreux parasites, bactéries ou virus. Il faut prendre des précautions avant sa consommation. Une eau en apparence limpide et pure peut cacher des micro-organismes ou des polluants. Quelques-unes des contaminations possibles et leurs conséquences sont :

- les bactéries, elles peuvent provoquer diverses maladies comme le choléra, la fièvre typhoïde ou encore la dysenterie) ;
- les virus (hépatite infectieuse, ...) ;
- les kystes (Giardia...) ;
- les parasites qui sont à l'origine de fièvres, diarrhées et entraînant des complications si l'infection n'est pas traitée rapidement ;
- les vers parasites causant la bilharziose avec pour symptômes les douleurs abdominales, le sang dans les urines, les éruptions cutanées, l'anémie, la fatigue chronique. Ce sont les larves (nageant à la surface des eaux infestées) qui sont à l'origine de l'infection, elles sont introduites par voie cutanée lors de baignades.
- les pollutions chimiques (métaux lourds, insecticides, polychloro-biphényle, hydrocarbures) ont des effets divers du genre intoxication, neuro-toxicité, hépatotoxicité, cancérogénicité (en cas de consommation prolongée d'une eau polluée) ;
- les algues ou autres particules en suspension peuvent provoquer une intoxication.

Il faut remarquer qu'outre l'eau, la plupart de ces maladies peuvent être aussi transmises par le manque d'hygiène ou par la nourriture impropre. De ce point de vue, faire une étude sur l'eau appelle à aborder les questions de l'assainissement et de l'hygiène comme c'est le cas dans la présente recherche. Dans le contexte de la rédaction de cette thèse, l'expression maladie transmise par l'eau souillée ou maladie relative, liée ou due à l'eau, se comprend

comme l'ensemble des affections susceptibles d'être contractées par la consommation de l'eau polluée, autrement dit non potable.

#### **1.2.2.5. Assainissement**

L'assainissement est l'opération destinée à combattre l'ensemble des facteurs qui dans le milieu physique de l'individu sont susceptibles d'influer défavorablement sur son bien-être physique, mental et social. Ce sont donc les dispositions pour rendre sain et viable son milieu. Il implique le contrôle de l'approvisionnement public en eau, de l'évacuation des excréta et des eaux usées, de l'élimination des déchets et des vecteurs de maladies, des conditions de logement, des aliments et leur manipulation (Mahman Coulibaly, 2002).

Le manque d'assainissement dans le secteur d'étude suppose le mauvais entretien de l'environnement immédiat des populations à travers l'aviilissement du milieu par les déchets domestiques et hospitaliers, le défaut de canalisation des eaux vannes, le dépôt des déjections humaines et animales à l'air libre, la non protection des ouvrages hydrauliques et leur exposition aux facteurs de pollution. L'assainissement est donc la prise de mesures pour rendre le cadre de vie sain afin de mettre les sources d'eau à l'abri des pollutions humaines. Par extension, assainir peut s'entendre alors comme la création d'un cadre de vie idéal pour préserver la santé et la survie de l'homme.

En somme, les problèmes dégagés par cette étude à travers l'état de la question ont été corroborés dans une large mesure par les travaux antérieurs de nombreux auteurs. Le chapitre 2 présente, par la suite, le cadre géographique de l'étude en mettant l'accent sur les éléments du milieu naturel et les actions humaines qui agissent sur la qualité de l'eau de consommation.



## **CHAPITRE II :**

### **CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE**

La qualité de l'eau, depuis l'atmosphère jusqu'à la couche imperméable où elle stagne (Goubert et Chotard, 2002), dépend des facteurs naturels déterminants (sol, sous-sol) et des activités humaines produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques.

Le présent chapitre analyse l'influence des composantes géophysiques et humaines sur la qualité physico-chimique et bactériologique de la variété des ressources en eau de consommation dans le secteur d'étude.

#### **2.1- DETERMINANTS NATURELS DE LA DISPONIBILITE DE L'EAU EN MILIEU ITCHA-IFE**

De par sa situation géographique, le secteur d'étude a des particularités sur les plans géologique, géomorphologique, hydrogéologique, climatique, hydrographique, pédologique, phytogéographique et démographique qui peuvent directement ou indirectement influencer sur les caractéristiques des eaux.

Le secteur d'étude est compris entre 7°35' et 8°40' de latitude nord, 1°35' et 2°10' de longitude est. Il est limité au nord par la Commune de Bassila, au Sud par le département du Zou, à l'ouest par la République du Togo et à l'est par les Communes de Glazoué et de Dassa-Zoumè. Les paramètres naturels qui caractérisent ledit secteur d'étude, en relation avec les facteurs socioculturel et économique, déterminent le mode de vie des populations et ont des répercussions sur leur état de santé. La figure 3 présente la situation géographique du secteur d'étude.

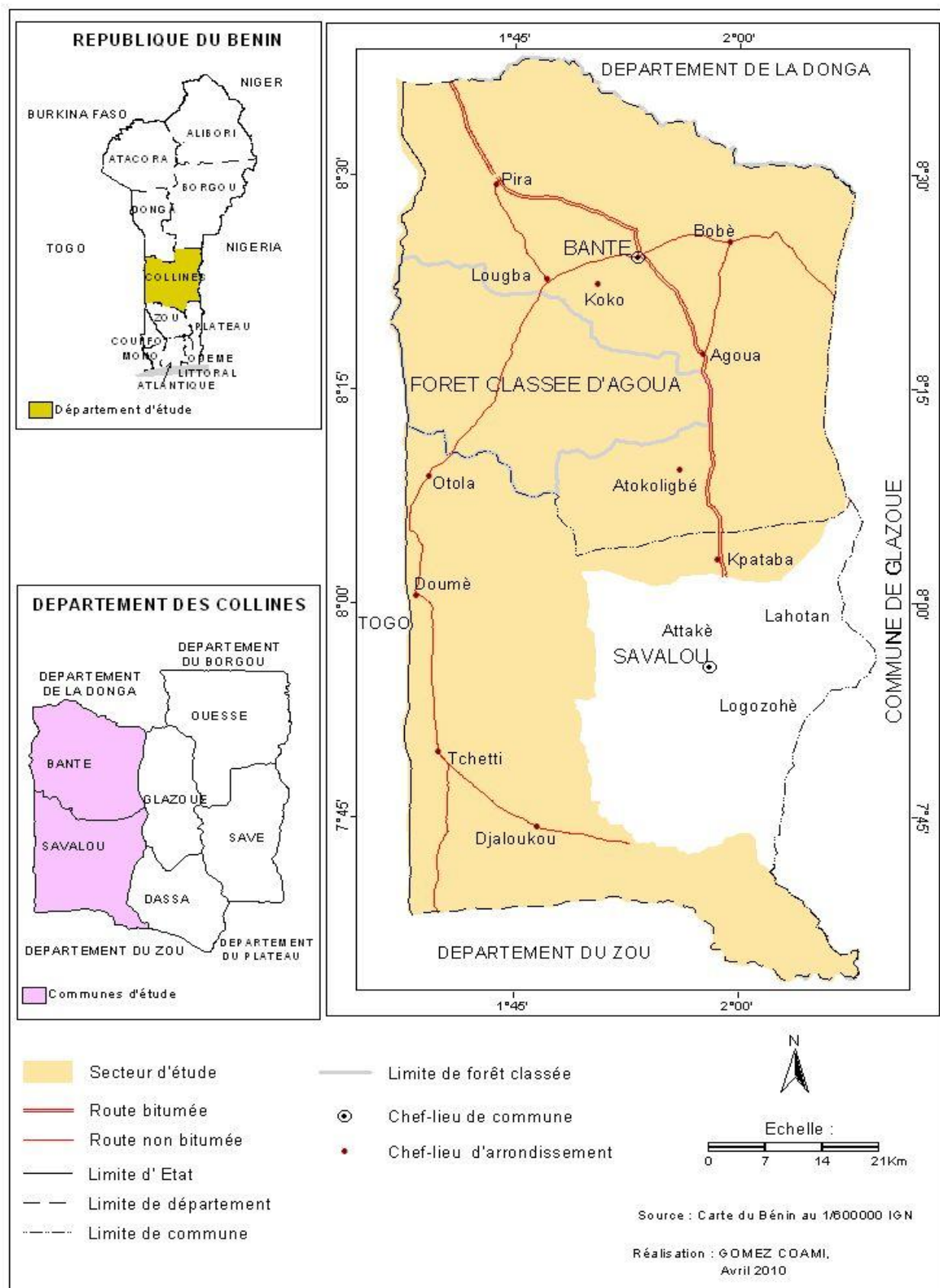


Figure 3 : Situation géographique du secteur d'étude

### 2.1.1. Aspects géomorphologiques et hydrogéologiques

La structure morphologique du secteur d'étude, dictée par les roches en place, joue un rôle important dans la constitution des réservoirs d'eau. Le secteur d'étude repose sur une pénéplaine cristalline. Il s'agit d'une vieille surface d'aplanissement de roches granitiques et gneissiques sur laquelle le substratum topographique est entrecoupé de formes résiduelles de reliefs (collines, inselbergs). Ils sont en forme de dôme à Savalou (463 m), à Bantè (408 m) et orientés nord- sud (Houndénou, 1999). Les nombreux inselbergs de cette région montrent la roche-mère, avec des diaclases courbes marquées donnant des pentes raides (Adjanohoun, 1999).

Les différentes formes de relief qui surmontent la pénéplaine cristalline sont mises en place en fonction de la nature et de la structure du socle et des processus érosifs. Le relief du secteur d'étude est modérément accidenté présentant une forme de croupe à sommet arrondi.

Les formes de relief créent à la faveur de la variabilité climatique des réservoirs d'eau constitués par les retenues collinaires, les nappes d'eau souterraine au flanc des collines, les bas-fonds. Les flancs collinaires peuvent, pour ce qui les concerne, accélérer les processus d'écoulement des eaux pluviales chargées de polluants vers les dépressions où elles s'accumulent ou s'infiltrent. Les endroits au pied des collines occupés par des arbres que montre la photo 1 abritent des points d'eau exploités par les populations.



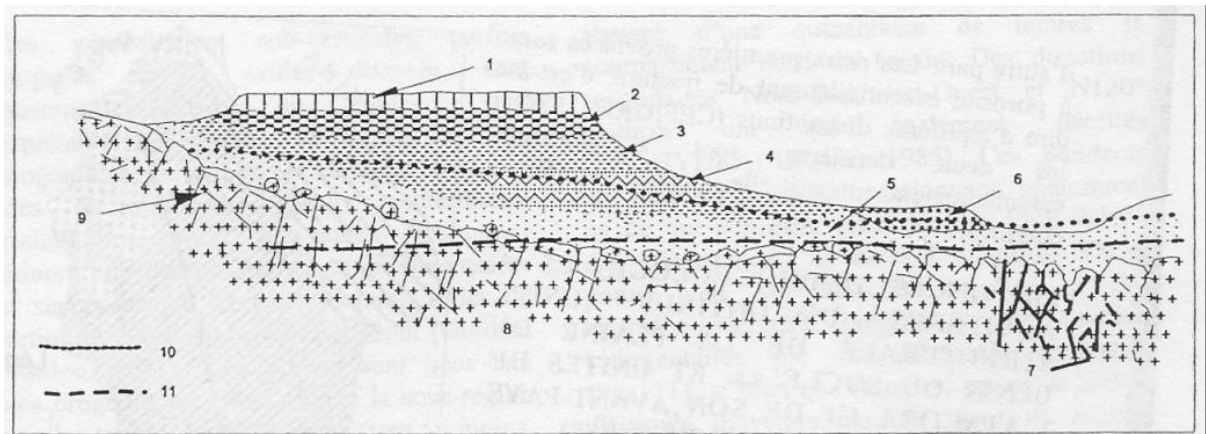
**Photo 1 : Exemples de collines dans les localités de Tchetti (a) et de Bantè (b)**

Cliché : Gomez, avril et octobre 2007

La photo 1a et la photo 1b font observer une falaise qui se prolonge à quelques distances de leur soubassement. Cette pente vient souvent échouer sur des endroits marécageux formant des réceptacles aux eaux d'écoulement qui quittent depuis le sommet des collines et qui charrient à leur passage plusieurs objets parmi lesquels les matières fécales.

Sur le plan hydrogéologique, les réservoirs d'eau souterraine sont constitués dans les altérites surmontant la roche en place, les roches fracturées ou dans les fissures qui facilitent l'infiltration des eaux pluviales vers les nappes formées sur les roches imperméables. Selon Gbatcho (1992), seules les roches fissurées et les arènes granitiques peuvent emmagasiner une certaine quantité d'eau. Des poches d'eau exploitables se situent sur les zones de broyage le long des fissures et des fractures de la roche-mère (Boko, 1998).

La figure 4 montre la structure des réservoirs d'eau souterraine suivant leur variation saisonnière.



**Figure 4 : Coupe schématique des formations altérées aquifères sur roches migmatito-gneissiques et granitiques (Guiraud, 1988) :** 1- Couverture de glacis d'altération latéritisée ; 2- Argilites latéritiques ; 3- Argilites "plastiques" ; 4- Altérites argileuses ; 5- Arènes ; 6- Bas-glacis ; 7- Zone broyée (faille) ; 8- Roche non altérée ; 9- Zone de fissuration ; 10- Niveau piézométrique en saison humide ; 11- Niveau piézométrique en saison sèche.

Ces coupes schématiques des aquifères montrent, entre autres, les fluctuations approximatives des niveaux piézométriques entre la saison des pluies et la saison sèche. L'étude comparative effectuée par Boukari (1982) sur douze (12) forages répartis sur trois (3) sites a souligné l'impact géomorphologique sur l'amplitude des variations piézométriques : plusieurs mètres sur les plateaux ; très nettement moindre sur les bordures et dans les dépressions. Les mêmes constatations ont été faites, avec une opposition d'amplitude entre les zones surélevées (fortes

variations) et les axes de marigots où l'on note par ailleurs des dépressions de la surface piézométrique (Ousmane, 1978, cité par Grillot, 1992). Les communes de Bantè et de Savalou étant situées dans une zone granitique, ce type de nappe (nappe du socle) présente un horizon superficiel d'altérite épaisse perméable. Celui-ci pourrait favoriser un écoulement latéral de type ruissellement différé qui serait évacué par le réseau de surface.

Du point de vue de la profondeur, les forages du secteur d'étude, atteignent moins de 45 m pour un niveau d'eau variant entre 10 et 25 m. Le taux de réussite de ces forages est de 58 % à Bantè et ses environs et de 70 à 80 % à Tchetti et alentours (Sogreah, 1997). Les variations saisonnières des niveaux d'eau dans les ouvrages d'exhaure tels que les puits sont liées à la largeur des fissures et leur capacité de vidange des eaux dès la fin de la saison pluvieuse.

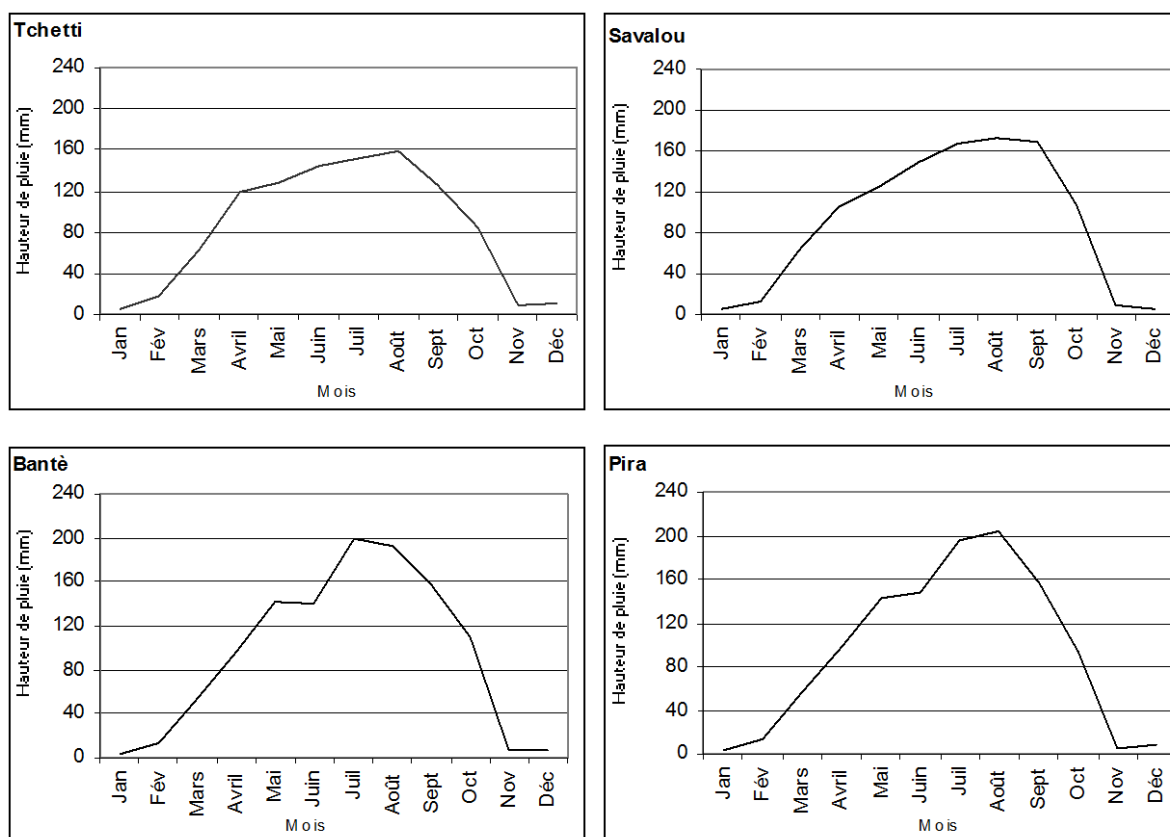
Les interférences entre les eaux météoriques et les ions constituant ces différentes roches influent sur la qualité physico-chimique des eaux consommées par les populations du secteur d'étude.

Ainsi, les dépressions d'accumulation favorisent la formation de nappes d'eau temporaires en dessous des minces horizons pédologiques. Ces réservoirs servent de points d'approvisionnement en eau pour les populations. De même, le substratum géologique détermine la disponibilité ou non de l'eau selon les saisons.

### **2.1.2. Composantes climatiques**

Les composantes climatiques du secteur d'étude sont appréciées à partir des paramètres climatiques (hauteur de pluie, température, évaporation) des stations de Bantè, Savalou, Tchetti, et Pira. Le contexte climatique du secteur d'étude est décrit à travers le régime pluviométrique, la variation annuelle ou interannuelle des paramètres climatiques surtout la pluie et la température.

Les moyennes pluviométriques mensuelles de la période 1971-2000 montrent que les pluies commencent en mars où la moyenne est de 31 à 72 mm (figure 5).



**Figure 5 : Régimes pluviométriques de la région du secteur d'étude (1971-2000)**

Source : ASECNA, 1971 - 2010

Les pluies s'installent réellement en avril où elles atteignent 6,5 % du total annuel (Yabi, 2008). L'optimum pluviométrique se situe en août sauf à Savalou. Le mois d'octobre quant à lui enregistre 7 à 11 % du total annuel, tandis que le mois de novembre est pratiquement sec partout (au plus 1 %). Entre octobre et la fin du mois de février, le centre du Bénin reste sans pluies significatives, c'est la saison sèche (Yabi, 2008).

Cette partie du département des Collines est sous un régime pluviométrique unimodal dont l'optimum est enregistré entre le mois d'août et septembre. L'inflexion pluviométrique du mois d'août disparaît progressivement (la plupart des stations connaissent désormais leur maximum pluviométrique dans ce mois), ce qui constitue selon Yabi (2008) un changement par rapport aux constats faits par Boko (1987) et Afouda (1990).

Il convient d'examiner la variation saisonnière des valeurs moyennes de la température qui constitue aussi un paramètre important du climat. Le secteur d'étude enregistre en moyenne 8 mois pluvieux par an en une seule saison. Pendant la saison pluvieuse, les populations

recueillent les eaux pluviales qu'elles conservent de plusieurs manières (jarres, bassines, mini-citernes) pour la plupart à des usages domestiques.

Ces conditions pluviométriques influent non seulement sur la disponibilité de l'eau mais créent un environnement favorable au développement des microbes et agissent ainsi sur la santé de l'homme. Le climat favorise, par une certaine gamme de conditions thermo-hygrométriques, l'existence et le développement, par exemple, la reproduction ou encore la virulence de l'hématozoaire et de l'anophèle, vecteur du paludisme. Le climat joue un rôle dans la diffusion de l'infection en permettant la propagation des micro-organismes et de toutes les substances en suspension dans l'air comme la poussière.

Le vent peut être un facteur agressif jouant un rôle prépondérant dans la dispersion des agents pathogènes et leurs vecteurs. En plus du vent, la succession des saisons a aussi une influence capitale sur la multiplication des micro-organismes. Les pluies facilitent le transport des déchets et éléments chimiques vers les sources d'eau soit directement ou par infiltration. La saison sèche, par contre, concentre les agents pathogènes dans un volume réduit et rassemble autour des points d'eau permanents un nombre de plus en plus élevé de consommateurs.

### **2.1.3. Réseau hydrographique**

Cette partie du pays forme le haut bassin de la rivière Zou (figure 6). Le réseau hydrographique est essentiellement constitué de ses affluents que sont Agbado et Odola ou Idjou qui à leur tour sont alimentés par de nombreux ruisseaux. Ces deux cours d'eau drainent le secteur d'étude durant une bonne partie de l'année correspondant à la période de pluie.

Le bassin de la rivière Zou est constitué de deux axes sensiblement parallèles qui suivent une direction nord-sud (Le Barbé et *al.*, 1993). Du fait de leur situation en région de roches cristallines, les cours d'eau s'assèchent juste après l'arrêt des pluies. C'est au cours de cette période que s'opère la vidange des nappes d'eau souterraine et la réduction du potentiel en eau des aquifères de socle. En saison pluvieuse, ils ont un courant torrentiel dû à la position altitudinale de leur source dans la zone collinaire du centre Bénin. Dans les secteurs dépressionnaires se forment des plans d'eau tels que les marigots alimentés par les ruisseaux et entretenus par une nappe phréatique peu profonde.



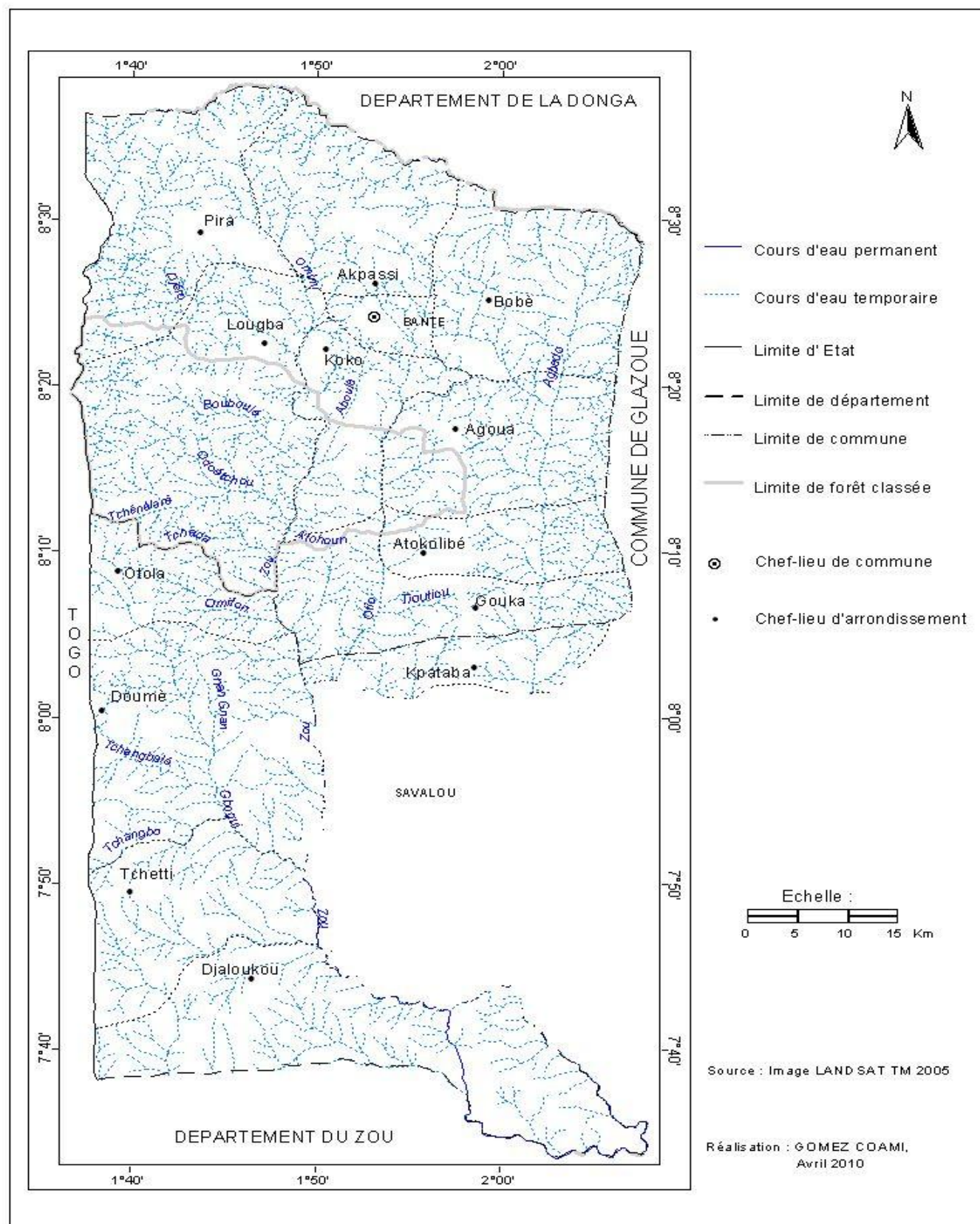


Figure 6 : Réseau hydrographique du secteur d'étude



Les plans d'eau tels que les marigots, les étangs, les mares, sont pour une frange de la population la source d'approvisionnement en eau de consommation. Aussi, les lits de ces cours d'eau sont-ils surcreusés après le retrait des eaux par les populations pour servir de réservoir d'approvisionnement en saison sèche (photo 2).



**Photo 2 : Approvisionnement en eau au niveau d'une mare (a) et d'un ruisseau (b) à Tchetti.**

*Cliché : Gomez, octobre 2007*

Le point d'eau représenté par la photo (a) est situé à environ 500 m au nord de la localité de Tchetti. Cet endroit marécageux est alimenté en grande partie par les eaux de ruissellement de la localité. Il est désensablé en saison sèche pour permettre une retenue d'eau suffisante. La photo (b) présente un ruisseau dont l'eau sert pour la lessive mais aussi pour la boisson. Pour ces deux cas, les enfants qui sont entrain de prélever ces eaux ont été approchés et ont déclaré être envoyés par leurs mères pour puiser de l'eau pour la consommation. Cette déclaration a été confirmée par les femmes qui font la lessive aux abords du ruisseau et qui y déversent parfois l'eau sale. Ces femmes utilisent également cette eau pour leurs besoins domestiques. Ces types de points d'eau constituent alors des sources de prédilection pour les eaux de consommation des populations du milieu.

#### **2.1.4. Armature pédologique et formations végétales**

Les sols du secteur d'étude sont très peu variés. Ils sont constitués globalement de sols ferrugineux avec l'apparition par endroits de sols ferralitiques, de sols hydromorphes et de vertisols (figure 7).

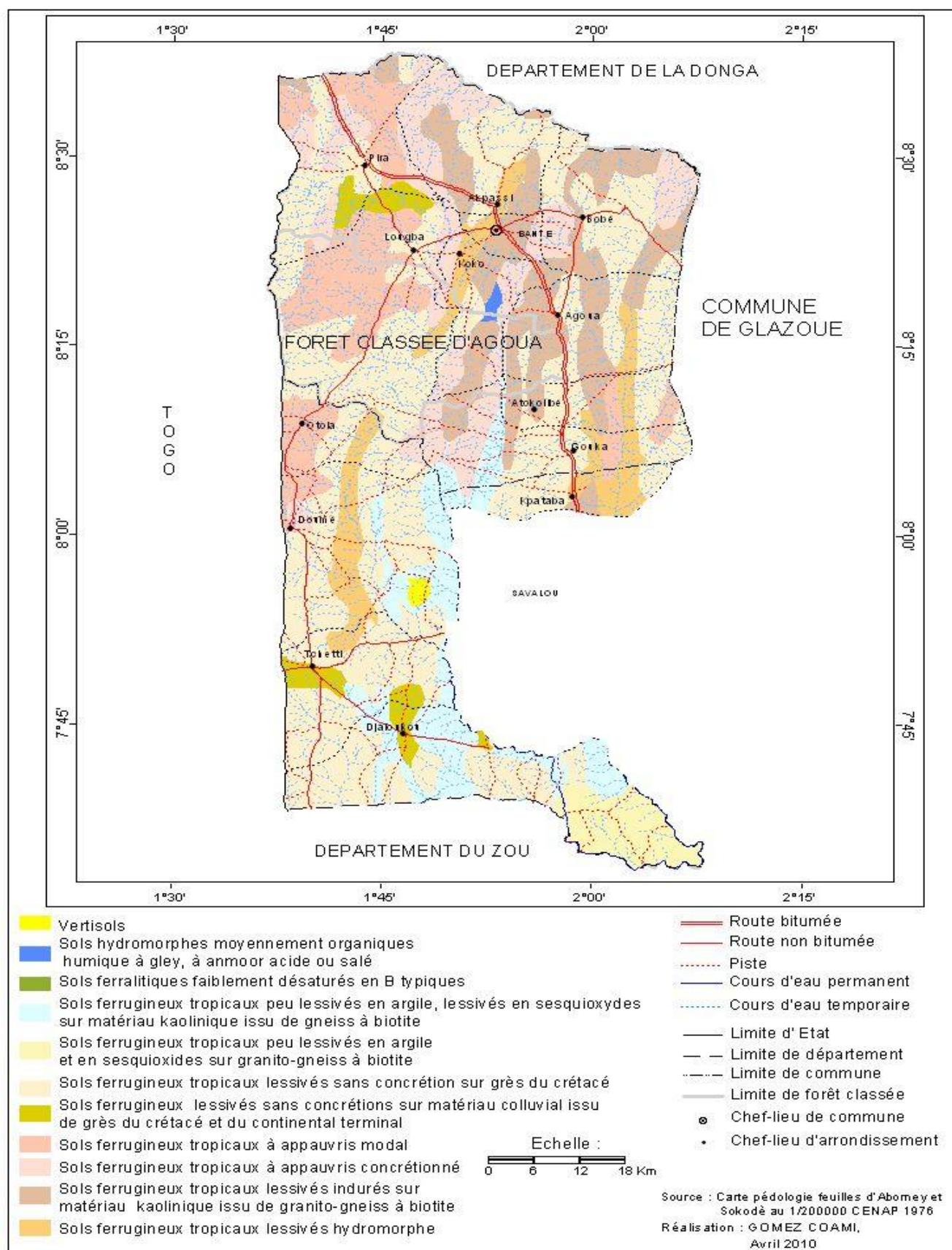
Les sols de types ferrugineux tropicaux sont les plus dominants. Ce sont des sols à concrétions sur roches granito-gneissiques, des sols à concrétions sur roches granitoïdes à textures grossières, des sols à pseudo-gley sur gneiss et migmatites dominant dans les localités de Tchetti, de Savalou et de Bantè.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés bien drainés sur granites leucocrates sont localisés dans la zone de transition climatique (Houndénou, 1999) correspondant à la région incluant le secteur d'étude. Ces sols ont une texture légère et leur teneur en argile varie de 5 à 25 %. La structure particulière présentée en surface tend à devenir polyédrique subangulaire en profondeur. Ils ont une perméabilité élevée, caractérisée par une conductivité hydraulique variant entre 5 et 10 cm.h<sup>-1</sup>. L'indice d'instabilité structurale est compris entre 0,8 et 3 de la surface vers la profondeur, et la réserve en eau est très faible, 30 à 40 mm et à 1 m de profondeur (Houndénou, 1999).

Au niveau des sols ferrugineux tropicaux, les phénomènes de concrétions et d'indurations sont d'autant plus importants que la roche mère est basique et riche en ferromagnésiens. Ces phénomènes sont très importants sur les embréchites à biotites et à amphiboles du groupe de Pira... (Le Barbé et *al*, 1993).

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à engorgement de profondeur sont caractérisés par une texture limono-sableuse en surface et argilo-sableuse en profondeur. Le taux d'argile, de 6 ou 10 % à 35 ou 40 % de la surface en profondeur, confère à ces sols une réserve hydrique variable de 40 mm sur les 30 premiers centimètres et de 100 à 120 mm à un mètre de profondeur. Ils sont perméables en surface avec une conductivité hydraulique de 4 à 6 cm h<sup>-1</sup>. Cette conductivité diminue en profondeur et se situe entre 2 et 9 cm h<sup>-1</sup> (Le Barbé et *al*, 1993).

Par ailleurs, les sols ferrugineux tropicaux lessivés mal drainés sont caractérisés par une proportion élevée de limons grossiers et de sables fins. Ils sont très peu profonds du fait de leur site caractérisé par l'hydromorphie et la charge graveleuse importante. Leur texture est limoneuse à limono-sableuse en surface et limono-argileuse en profondeur. Selon Houndénou (1999), les particularités physiques du manteau d'altération où se développent les actions de migrations de sesquioxydes ou d'hydroxydes de fer ajoutées à la texture leur confèrent une réserve en eau faible de 70 à 90 mm à un mètre.



**Figure 7 : Formations pédologiques du secteur d'étude**

A l'exception des sols sur colluvions granitiques (Gbatcheso, 1992), la perméabilité de ces sols leur confère des propriétés hydrodynamiques qui jouent sur la qualité des eaux exploitées et consommées par les populations.

Les formations végétales poussant sur ces sols sont diversifiées selon leurs supports pédologiques.

La couverture végétale de la région qui incorpore le milieu Itcha-Ifè est le résultat de la combinaison des facteurs naturels et anthropiques. En effet, le paysage végétal est la trace au sol du climat de transition soudanien ; ce qui justifie la présence de savanes, de forêts claires et d'îlots de forêts denses sèches ou semi-décidues qui constituent l'essentiel des formations naturelles (Yabi, 2008). Selon Aubreville (1937), ce paysage végétal naturel fait partie des formations boisées. Houinato (2001) considère que cette végétation serait le prolongement de la « Guinea zone ». Quant à Adjanohoun et *al.* (1967), ces forêts sont classées dans la zone de transition guinéo-congolaise. Suivant la nomenclature des classes de végétations utilisée par la FAO en 2001 et en tenant compte de la physionomie générale de la couverture végétale, la stratification et les conditions phytosociologiques, sept unités de végétations se distinguent (Yabi, 2008). Il s'agit des forêts galeries, des forêts sèches semi-décidues et décidues, des savanes boisées, des savanes arborées, arbustives ou herbeuses, des savanes saxicoles, des savanes à emprise agricole et des mosaïques de cultures et de jachères.

Les savanes arborées, arbustives ou herbeuses sont les formations végétales les plus étendues. Les savanes arborées sont dominées par *Daniella Olivera* du fait de son exemption à l'exploitation (bois d'œuvre, scierie). Les observations en milieu réel montrent que les fortes populations de cette espèce d'arbre se rencontrent dans les endroits humides, limoneux et argileux. Les autres espèces les plus répandues sont, entre autres, *Anogeissus leiocarpus*, *Butyrospermum paradoxum*, *Isobertia doka*, *Parkia biglobosa*, *Terminalia* spp, *Detarium microcarpum*, *Burkea africana*, *Borassus aethiopicum*, *Tamarindus indica*, *Pericopsis laxiflora*.

Le long des principaux cours d'eau se développent des forêts galeries à *Diospyros mespiliformis*, *Ficus* spp, *Khaya senegalensis*, *Berlinia grandiflora*, *Cola gigantea*. La présence de socle cristallin et des reliefs résiduels favorise l'existence de formations végétales saxicoles à *Butyrospermum paradoxum*, *Combretum* spp sur les lithosols des quartzites de

Bantè et de Savalou. Les formations de forêt dense se retrouvent soit en îlots protégés sous forme de forêts sacrées, soit en plages plus ou moins étendues au sein des formations de savanes et de forêts claires avec des espèces dominantes comme *Isobertonia doka*, *Azalia africana*, *Kaya senegalensis*, *Chlorophora excelsa*, *Cola spp*, *Antiaris africana*. Les plus remarquables, mais en perpétuelle menace de destruction par les exploitants forestiers, se rencontrent dans la forêt classée d'Agoua.

Les savanes à emprise agricole sont des superficies d'aménagement récentes où se trouve une mosaïque de cultures et de savanes et où se rencontrent des espèces végétales telles que *Butyrospermum paradoxum*, *Tamarindus indica*, *Isobertonia doka*, *Parkia biglobosa*. Les mosaïques de cultures et de jachères sont constituées de cultures annuelles (maïs, igname, manioc, niébé, soja) souvent en association avec l'anacardier (Gomez, 1995 ; Akouègninou, 2004) et parsemées des espèces naturelles de néré ou de karité. Les jachères sont composées principalement de *Azalia africana*, *Isobertonia doka*, *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*.

Les formations végétales naturelles connaissent une dégradation du fait de l'influence constante des populations pour le prélèvement du bois-énergie ou du bois d'œuvre. A cela s'ajoute le développement de l'agroforesterie à base de l'anacardier, de teck, du manguier, des agrumes. Les superficies des forêts claires et boisées, de la savane arborée et arbustive ont respectivement régressées de l'ordre de -37,35 % et -11,05 % entre 1972 et 2005 au détriment des savanes à emprise agricole, des mosaïques de jachères et cultures et des plantations. Cette disparition marquée des formations végétales ligneuses peut réduire la fonction d'épuration et de dépollution des eaux à l'infiltration.

La végétation laissée en place détermine dans une large mesure les recharges en eau qui de son côté peut être influencée par l'utilisation et la gestion de l'eau par les populations du secteur d'étude.

## **2.2- DETERMINANTS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'UTILISATION ET DE LA GESTION DE L'EAU DANS LE SECTEUR D'ETUDE**

Les aspects humains sont fondamentaux dans la gestion de l'eau disponible à la consommation. Tout comme la dynamique naturelle de la population peut induire des

changements de l'état et des comportements dans l'utilisation de l'eau, les différentes activités socioéconomiques pratiquées par l'homme peuvent modifier le spectre de cette ressource.

### **2.2.1. Fondements culturels de la gestion endogène des ressources en eau : croyances et interdits**

Pour mieux appréhender l'impact des croyances et interdits sur la gestion locale des ressources en eau, il est impérieux de connaître l'origine et la culture dans laquelle baigne cette population. En effet, l'installation des peuples Itcha et Ifè s'est faite par vagues successives de migration. La plus ancienne est celle du groupe socio-culturel Itcha venue d'Ilesha au Nigéria vers le XVII<sup>e</sup> siècle sous la conduite du chasseur Obinti. Ce groupe occupe la partie septentrionale du secteur d'étude constitué des arrondissements d'Agoua, d'Akpassi, de Bantè, de Bobè, de Koko, de Lougba et de Pira (ID/PRAC, 2006). Les Ifè sont venus d'Oyo et d'Ile-Ifè et sont installés au centre et à l'ouest, regroupant les arrondissements d'Atokolibé, Gouka, Kpataba, Ottola, Doumé, Tchetti et Djaloukou.

Ces populations majoritaires à près de 90 % partagent le territoire avec des allochtones qui sont venus plus tard que sont les Mahi, Fon, Idaatcha, Zerma, Ibo, Adja, Holli, Somba, Lokpa, et Kotokoli (INSAE, 2004). Par ailleurs, c'est le groupe socio-culturel Ifè qui occupe majoritairement les six autres arrondissements de Savalou faisant partie du secteur d'étude.

L'organisation traditionnelle au sein des groupes socio-culturels est bien structurée. Chaque village a, à sa tête, un chef traditionnel, le "*Balè*", autour duquel les chefs des différentes collectivités et cultes se réunissent pour former son conseil. La gestion des ressources en eau est régie, à l'instar du foncier, par l'autorité traditionnelle, souvent le chef du clan. Dans cette société, chaque clan dispose d'un terroir considéré comme sa "*propriété*" (Gomez, 1995). Le prélèvement d'une ressource, dont l'eau, à l'intérieur de ce domaine se fait sous le contrôle du chef de clan.

Sur le plan de la croyance, près de la moitié (49,8 %) de la population pratique la religion catholique, 17 % s'adonnent à l'Islam, 12,5 % à la religion traditionnelle, 8,4 % sont des protestants et le reste soit 12,3 % pratiquent les autres religions (INSAE, 2004). Malgré l'appartenance aux religions modernes, les populations du secteur d'étude sont fortement liées à leur tradition. Les religions telles que le Christianisme et l'Islam n'ont eu qu'un effet tout à

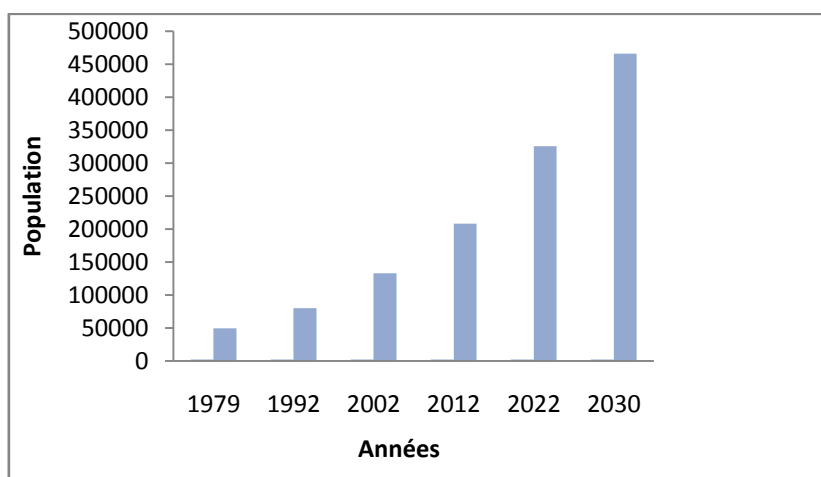
fait superficiel sur les populations (Hêdiblé, 2007). Les totems et autres interdits sont bien respectés et rares sont ceux qui les défient au risque d'un sacrilège.

En ce qui concerne les us et coutumes, les totems et les tabous, les interdits sociaux, les "pactes de terre" sécurisent les relations humaines et renforcent la protection des ressources naturelles en l'occurrence l'eau et la forêt. En effet, il existe dans le secteur d'étude des sources d'eau (marigots, rivières, étangs,) où les activités de pêche sont interdites sous toutes ses formes. Il en est des cas des marigots "Attèron" à Atokolibé où nul n'a le droit de prélever les ressources halieutiques et de "Owi" à Bantè où l'exploitation de l'eau est interdite les nuits. Ces mesures de protection sont appliquées surtout aux sources dont les eaux servent de boisson aux populations.

Ce sont autant de mesures qui concourent à la protection des sources d'eau utilisée dans les foyers. Mais ces interdits, constate Hêdiblé (2007), sont de moins en moins respectés de nos jours suite à un changement ou une extraversion des repères éthiques.

### 2.2.2. Pression démographique sur les ressources en eau

La pression démographique constitue une composante déterminante dans l'utilisation et la gestion des ressources en eau dans le secteur d'étude. Les données démographiques illustrées par la figure 8 montrent une évolution rapide de la population entre deux recensements.



**Figure 8 : Evolution démographique du secteur d'étude (1979-2030)**

Source : INSAE, 2002b.



L'analyse de la figure 8 montre que la population est passée de 49 572 en 1979 à 80 029 habitants en 1992 pour atteindre 133 037 en 2002. Les taux d'accroissement intercensitaire sont de 3,14 pour la période de 1979 à 1992 et 4,58 de 1992 à 2002 (INSAE, 2002b). La population du secteur d'étude sera en 2012 de 208 189 habitants, de 325 795 en 2022 et de 466 159 habitants en 2030 selon les calculs de projection.

**Encadré 1 : Méthode de projection de la population**

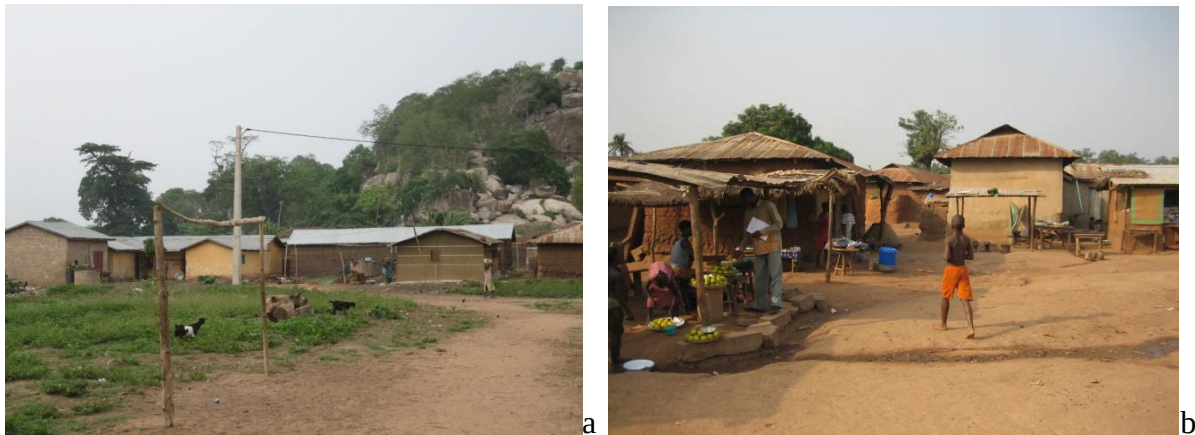
*Cette projection repose sur la méthode dite de projection de représentation "proportionnelle" (INSAE, 2008). Elle repose sur le principe d'un équilibre démographique à quota constant au cours de la période de projection. Autrement dit, la contribution de chaque groupe d'âge dans le secteur d'étude à l'effectif de ce groupe au niveau local demeurera proportionnelle à sa contribution en 2002. L'hypothèse de projection est basée sur trois principaux constats énumérés comme ci-après :*

- *une population en constante évolution ;*
- *une densité de la population qui augmente sans cesse ;*
- *une population jeune dont l'effectif diminue au fil des temps au profit de la population active.*

Cette croissance exponentielle de la population a pour conséquence la pression sur les ressources en eau potable. En effet, sur un besoin estimé à 774 points d'eau, 553 équipements en points d'eau ont été réalisés jusqu'en 2009 (soit un taux de couverture de 43,02 %) avec 333 fonctionnels et 220 points d'eau en panne (base de données DGEau, 2010). Au lieu d'un arrimage entre l'accroissement des points d'eau et l'évolution de la population, c'est plutôt une régression des points d'eau disponibles face à une population sans cesse croissante qui se produit. Le potentiel en eau potable étant réduit, la population se contente de l'existant qui n'arrive pas à couvrir leur besoin de consommation. Cela amène donc à rechercher des sources d'eau complémentaires qui ne sont rien d'autres que les marigots, les mares, les puits traditionnels. Par ailleurs, cet accroissement de la population qui n'est pas accompagnée par une urbanisation conséquente engendre l'augmentation du volume de production des déchets solides et liquides, l'extension des agglomérations avec une structure familiale élargie.

En effet, en milieu Itcha-Ifè, l'habitat est groupé et fait de maisons rectangulaires en général sans clôture où cohabitent plusieurs ménages à la fois (Gomez, 2004) comme l'illustre la photo 3.





**Photo 3 : Habitat groupé à Tchetti Attiba (a) et à Atokolibé (b)**

*Cliché : Gomez, avril et octobre 2007*

Cette planche photographique présente deux images qui illustrent des concessions formées de maisons disposées l'une en face de l'autre ou perpendiculaires avec des portes ouvertes à une cour partagée et laissant une ouverture principale pour y accéder.

Souvent deux à trois bâtiments et plus forment une concession dans laquelle une lignée d'environ sept (07) à 25 personnes se partage une cour commune. Selon les déclarations des personnes enquêtées, cette situation est l'une des causes de l'insalubrité des alentours des maisons. En effet, aucun des ménages ne prend sur lui la responsabilité et le devoir d'entretenir les lieux.

Tous ces facteurs anthropologiques influencent la qualité de l'eau à travers l'organisation sociale.

### **2.2.3. Problématique de la propreté autour des points d'eau**

L'environnement immédiat des habitations en milieu Itcha-Ifè correspond à son extension. Il sert de points de forage des puits traditionnels ou temporels et de ce fait de lieux d'approvisionnement en eau. Il est également le lieu de défécation d'une grande frange de la population. Aussi, n'est-il pas rare de rencontrer de grands tas d'immondices à proximité des points d'eau. Ces ordures illustrées par la photo 4 dont les déchets ne sont guère collectés constituent un des facteurs probables de pollution de l'eau de ce puits.



**Photo 4 : Insalubrité autour des puits de Bantè Gbégamey (a) et de Pira Adjadji (b)**

*Cliché : Gomez et Totin, avril 2007*

La photo (4a) montre un dépotoir sauvage proche d'un puits. Les déchets (sachets, débris, fèces des animaux domestiques) pétris par les pieds des usagers des deux puits (photos 4a et 4b) sont mélangés à la boue et forment un ensemble compact dont la durée sur place favorise la décomposition rendant le sol superficiel verdâtre.

Il a été identifié dans le secteur d'étude, des forages installés sur des sites ayant abrité des tas d'immondices pendant plusieurs années et dont la structure du sol a été modifiée. Ces sols seraient plus perméables aux vecteurs de pollution. C'est le cas du forage de Pira Adjadji et du forage rencontré à Atokolibé (non inclus dans l'échantillonnage). De même, les eaux des puits perdus à ciel ouvert qui constituent de véritables gîtes larvaires sont drainées par le ruissellement vers les bas-fonds où sont forés les puits. En outre, les activités socioéconomiques ont une forte empreinte sur les ressources en eau.

#### **2.2.4. Activités économiques et utilisation de l'eau**

Les activités économiques reposent essentiellement sur l'agriculture suivie du petit commerce de détail, des produits manufacturés d'importation, de l'exploitation forestière, du transport, de l'élevage, de l'artisanat et de la transformation des produits. Les principales cultures vivrières pratiquées sont le maïs, l'arachide, l'igname, le manioc, le niébé, le piment, le colocinthis, le soja. Les cultures de rente se résument au coton, en forte régression et l'anacarde qui représente la première source de richesse des populations. Le système agroforestier basé essentiellement sur l'anacardier et le teck se développe dans le secteur et se pratique en association à d'autres cultures.

Ces cultures céréalières et vivrières produites à grande échelle, pour l'amélioration de leur rendement, bénéficient de l'utilisation de grande quantité d'intrants agricoles qui engendrent sans doute la contamination des sources d'eau. Ainsi, les sources d'eau exposées au ruissellement et à l'infiltration (marigots et puits) seront polluées et entraîneront des conséquences d'infection aux consommateurs de ces eaux.

## **2.3- SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DE CONSOMMATION DES POPULATIONS**

Les habitants du milieu Itcha-Ifè ont recours à une variété de sources d'approvisionnement en eau pour satisfaire les besoins de consommation.

### **2.3.1. Situation en eau potable dans le secteur d'étude**

Selon les services (SONEB, DGEau) en charge de la fourniture de l'eau appropriée à la consommation au Bénin, l'eau potable est celle issue des forages (pompe à motricité humaine, mini-adduction d'eau, adduction d'eau). Pour satisfaire les besoins en eau potable des populations, il faut doter le secteur d'étude d'au moins 774 points d'eau (PE). Or, le secteur d'étude jusqu'en 2009 a bénéficié de 533 points d'eau équipés, toute catégorie confondue. Mais souvent, le secteur enregistre de fort taux de pannes qui amenuisent les chances d'optimiser les équipements disponibles. Au nombre du potentiel existant, en 2009, le total d'équipements en points d'eau fonctionnel est de 333.

Ainsi, la couverture en eau potable dans le secteur d'étude est de 43,02 % inférieur de quatre (04) points par rapport à la valeur moyenne en milieu rural au Bénin, soit 47,5 % (CSPEF, 2009). Le tableau IV présente la situation en points d'eau potable dans le secteur d'étude.

L'analyse du tableau IV permet d'observer que les équipements en points d'eau (EPE) sont inégalement distribués dans le secteur d'étude. Les arrondissements de Djaloukou (83,5 %), Tchetti (84,8 %), Bobè (60,8 %), Gouka (60,8 %), Doumé (60,5 %) et Koko (54,8 %) ont les plus forts taux de couverture au-delà de la moitié des besoins en eau des populations. Par contre les autres arrondissements ont des taux de couverture en dessous de 50 %. Les plus faibles taux de couverture se rencontrent à Bantè (22,1 %), Ottola (23,1 %), Kpataba (27,5 %) où moins du tiers (1/3) de la population a accès à l'eau potable.

**Tableau IV : Couverture en eau potable dans le secteur d'étude**

| Arrondissement | Population     | Besoin en<br>PE | Total EPE<br>équipé | Total EPE<br>Fonctionnel | Taux de<br>Desserte | Population<br>Couverte |
|----------------|----------------|-----------------|---------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|
| Agoua          | 8 807          | 35              | 24                  | 16                       | 45,4 %              | 4 000                  |
| Akpassi        | 12 600         | 50              | 28                  | 23                       | 45,6 %              | 5 750                  |
| Atokolibé      | 12 884         | 52              | 34                  | 19                       | 36,9 %              | 4 750                  |
| Bantè          | 21 467         | 86              | 38                  | 19                       | 22,1 %              | 4 750                  |
| Bobè           | 6 164          | 25              | 20                  | 15                       | 60,8 %              | 3 750                  |
| Djaloukou      | 8 085          | 32              | 33                  | 27                       | 83,5 %              | 6 750                  |
| Doumé          | 16 931         | 68              | 60                  | 41                       | 60,5 %              | 10 250                 |
| Gouka          | 19 318         | 77              | 79                  | 47                       | 60,8 %              | 11 750                 |
| Koko           | 8 217          | 33              | 31                  | 18                       | 54,8 %              | 4 500                  |
| Kpataba        | 11 801         | 47              | 36                  | 13                       | 27,5 %              | 3 250                  |
| Lèma           | 8 695          | 35              | 26                  | 17                       | 48,9 %              | 4 250                  |
| Lougba         | 8 426          | 34              | 20                  | 12                       | 35,6 %              | 3 000                  |
| Ottola         | 7 585          | 30              | 27                  | 7                        | 23,1 %              | 1 750                  |
| Pira           | 17 369         | 69              | 52                  | 24                       | 34,5 %              | 6 000                  |
| Tchetti        | 10 320         | 41              | 45                  | 35                       | 84,8 %              | 8 750                  |
| <b>Total</b>   | <b>178 671</b> | <b>774</b>      | <b>553</b>          | <b>333</b>               | <b>43,02</b>        | <b>83 250</b>          |

Source : BDI/DGEau /DDMH, 2010

PE : Point d'Eau

EPE : Equipements en Points d'Eau

Un constat très important se dégage de ce tableau et permet d'appréhender la situation de l'approvisionnement en eau dans le secteur d'étude. On remarque que les arrondissements, ayant en leur sein plusieurs agglomérations, ont les plus forts taux de couverture en eau potable et vis versa. En effet, chaque agglomération ou "ferme" bénéficie d'un PE quelque soit sa taille. Quand bien même ces points d'eau alimentent moins de personnes, ils sont comptabilisés pour le calcul du taux de couverture, biaisant ainsi la réalité.

En résumé, dans le secteur d'étude, environ 83 250 personnes pourraient avoir accès à l'eau potable au regard de la norme internationale selon laquelle un (01) équivalent point d'eau alimente 250 habitants. Cela justifie la variété des sources en eau d'approvisionnement constituées des eaux souterraines, superficielles et pluviales.

### 2.3.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont celles qui sont captées dans les sources profondes et chargées par les nappes phréatiques ou aquifères. Elles regroupent les puits (protégés ou non), les forages (pompe à motricité humaine, mini-adduction d'eau et adduction d'eau).

Les puits protégés (photo 5), construits par les services de l'hydraulique rurale, des ONG et des particuliers, sont présents dans toutes les localités du secteur d'étude. Ce sont des ouvrages en maçonnerie de forme cylindrique pouvant atteindre une profondeur de 30 mètres et munis généralement de margelle. Un revêtement permet de maintenir leur paroi pour empêcher l'ensablement et l'infiltration des eaux d'écoulement. A l'exception de ceux des centres de santé, la plupart des puits sont à ciel ouvert et sont exposés à la souillure.



**Photo 5 : Puits modernes à Bobè Djagbalo (a) et à Pira Adjadji (b)**

*Cliché : Totin, et Gomez avril 2007*

Ces puits sont revêtus et munis de margelles en matériaux définitifs. Mais, dans leur ensemble, les puits observés ont leur base sapée par l'ablation et cela peut entraîner la perméabilité de l'eau de ruissellement à travers des fissures (photo 6) qu'ils comportent.



**Photo 6 : Altération des parois intérieures du revêtement du puits de Bantè Gbégamey**

*Cliché : Gomez, avril 2007*



Les intersections entre les dalles laissent apparaître des fissures très larges. Ces endroits peuvent constituer des points de passage des eaux d'infiltration souillées.

Les puits non protégés (photo 7) ont la même architecture que les précédents. Leur différence se trouve au niveau de la circonférence (plus petite pour les puits non protégés), la consistance du revêtement lorsqu'il est réalisé et l'absence de margelle pour la grande majorité. Ils ont une profondeur de 4 à 10 mètres au maximum. Ces puits sont qualifiés de *'trous d'eau'* car ne bénéficiant parfois d'aucun aménagement. Le revêtement dans les rares cas ne respecte pas le dosage en béton et c'est cela qui explique la porosité constatée à l'intérieur de tous les puits du genre.

A la faveur des étangs et des bafonds bordant les localités, ces puits sont forés en grand nombre pour suppléer au manque d'eau ou contourner l'achat de l'eau. Dans la seule ville de Bantè, il a été dénombré environ une centaine de ces points d'eau dans les lieudits *Aofo*, *Koyawo*, *Owi*, *Sèssou*, *Ilètou*. Initiative individuelle, les puits non protégés sont les plus nombreux dans le secteur d'étude (photo 7).



**Photo 7 : Puits non protégés dans le secteur d'étude**

*Cliché : Gomez et Totin, avril 2007*

La photo (7a, 7b, 7c et 7d) montre les différentes formes de puits non protégés dans le secteur d'étude. Le trou du puits de la photo (7a) est réduit par les matériaux locaux (bois, rames de palme et du mortier en argile) et laisse une petite ouverture pour le puisage. Tout comme le puits (7a), le puits (7b) est fait de la même façon mais le mortier de couverture est ici en ciment. Les puits (7c et 7d) sont revêtus à l'intérieur par une légère couche de mortier en ciment qui finit par s'effondrer. Les margelles de ces puits sont dérisoires. Leur état général, à l'observation, montre que la qualité de leur eau sera douteuse.

Les puits protégés ou non restent la seconde source de consommation en eau des populations après les forages.

Les forages regroupent les pompes à motricité humaine ou pompes à exhaure présentes dans toutes les localités et dans les hameaux de grande taille, les mini-adductions d'eau villageoises installées par les services de la Direction Générale de l'Eau et les adductions d'eau de la SONEB dans les centres urbains. Mais, cette terminologie est usitée dans cette étude beaucoup plus pour les pompes à motricité humaine. Ces ouvrages permettent d'atteindre de très grandes profondeurs afin d'extraire un important volume d'eau (Hédiblé, 2007). Ils sont conçus pour être considérés comme des sources de ravitaillement en eau potable (photo 8).



**Photo 8 : Forage (pompe à motricité humaine) à Pira-Adjadji**

*Cliché : Gomez, avril 2007*

Ces forages sont dotés d'un équipement d'exhaure de l'eau. Une dalle dotée d'un collecteur de puits perdus permet de protéger l'équipement contre l'infiltration de l'eau par les parois de

la tuyauterie qui descend au point de captage de l'eau. Le collecteur sert de puits perdus pour les pertes d'eau. Cette eau est destinée à être utilisée par la population pour abreuver les bêtes et volailles ou pour arroser les jardins de case. Mais, malheureusement sur le terrain, plus précisément à Loughba par exemple, les femmes rencontrées entrain de prélever cette eau ont déclaré qu'elles l'utilisent pour la lessive et la vaisselle.

En définitive, les populations du milieu d'étude s'approvisionnent en eau tant par des sources traditionnelles que par des sources modernes. Dans tous les cas les conditions environnementales exposent ces eaux à des pollutions diverses notamment bactériologiques.

### **2.3.3. Qualité des eaux profondes**

La composition chimique des ressources en eau profonde, étudiée par Pougnet (1957), Kriatov et *al.* (1980), cités par Kakpo (2008) est le reflet des éléments minéralogiques des roches alcalines du soubassement. Les roches alcalines sont des roches magmatiques soit saturées en silice comme par exemple les granites, soit sous-saturées, comme les syénites néphéliniques. L'analyse géochimique des roches granitiques de la région du Centre Bénin (Kakpo, 2008) à laquelle fait partie le secteur d'étude révèle qu'elles ont pour composition minéralogique essentielles les :

- quartz : forme la plus connue et la plus répandue de la  $\text{SiO}_2$  ;
- feldspaths alcalins c'est-à-dire potassiques ou sodi-potassiques :  $(\text{K}, \text{Na}) [\text{Si}_3\text{AlO}_8]$  ;
- plagioclases ou feldspaths sodi-calciques :  $(\text{Na}, \text{Ca}) [\text{Si}_3\text{AlO}_8]$ .

Ainsi, la composition chimique moyenne des granites en général est la suivante :

73 – 74 % de Si ; 13 – 14 % de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ; 8 – 9 % de  $\text{NaO} + \text{K}_2\text{O}$  ; 2 - 3 % d'oxyde de fer, de Mn, de Mg et de Ca (Kakpo, 2008).

Les analyses géochimiques et pétrographiques réalisées sur les roches du socle révèlent les compositions et les teneurs consignées dans le tableau V.



**Tableau V : Analyse chimique des roches du socle**

| Echantillons                   | Gneiss à muscovite | Gneiss à mica | Gneiss à biotite | Gneiss à amphibole | Granite |
|--------------------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|---------|
| SiO <sub>2</sub>               | 74,20              | 60,95         | 60,20            | 57,30              | 69,70   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,50              | 15,45         | 15,30            | 19,0               | 16,15   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,2                | 3,85          | 03,65            | 2,20               | 0,45    |
| FeO                            | 0,60               | 5,20          | 6,10             | 4,70               | 2,25    |
| MgO                            | 0                  | 0             | 0,1              | 0,12               | 0,05    |
| CaO                            | 0,16               | 2,85          | 3,30             | 3,30               | 0,65    |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,80               | 2,60          | 2,70             | 5,45               | 1,45    |
| K <sub>2</sub> O               | 1,6                | 3,05          | 3,15             | 3,80               | 4,15    |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,35               | 2,6           | 1,20             | 0,90               | 0,60    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | -                  | 1,20          | 0,30             | 0,20               | -       |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 2,5                | 1,60          | 1,25             | 1,20               | 0,65    |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0,25               | 1,15          | 1,10             | 0,25               | 0,20    |
| Total                          | 100,75             | 100,30        | 101,25           | 100,77             | 100,35  |

Source : Pougnet (1957) ; Kriatov et *al.*, (1980), cité par Kakpo, 2008

Une brève analyse des données du tableau V montre que les gneiss et les granites des régions du socle sont très riches en silice et en alumine tandis que les autres éléments tels que les oxydes de fer, de magnésium, de sodium et de calcium sont en proportion relativement faibles. Par ailleurs, il faut noter que les roches-mères sont dépourvues de nitrates (Kakpo, 2008).

Selon Pougnet (1957), Kriatov et *al.* (1980), les eaux souterraines renferment différents éléments chimiques dont leur teneur et leur abondance permettent de les classer en trois groupes à savoir :

- les éléments majeurs ;
- les éléments mineurs et ;
- les éléments traces.

Parmi les éléments majeurs, figurent les cations tels que le calcium, le magnésium, le potassium, le sodium et les anions tels que les bicarbonates (HCO<sup>-</sup>), les carbonates (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), les chlorures (Cl<sup>-</sup>) et les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). La silice sous ses diverses formes est aussi

considérée dans une certaine mesure comme un élément majeur. A côté de ces éléments majeurs, se trouvent en proportions faibles les éléments mineurs que sont le bore (B), le fer ( $\text{Fe}^{2+}$  ;  $\text{Fe}^{3+}$ ), le fluor ( $\text{F}^-$ ), le manganèse ( $\text{Mn}^{2+}$ ), les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et le strontium ( $\text{Sr}^{2+}$ ). L'aluminium si abondant dans les matériaux géologiques se retrouve très peu dans les eaux souterraines et fait partie des éléments traces avec le baryum (Ba), le vanadium (V), le nickel (Ni), le cobalt (Co), le zinc (Zn) et l'étain (Sn), selon Kakpo (2008).

Au total, les eaux souterraines renferment des substances minérales dissoutes à des teneurs diverses dont leur détermination passe par l'analyse des échantillons d'eau sur les forages et les puits. La connaissance de la composition chimique des eaux échantillonnées mettra en exergue les spécificités du secteur d'étude et permettra d'identifier les facteurs qui influencent la nature ionique des eaux en milieu Itcha-Ifè.

#### 2.3.4. Eaux superficielles

Les marigots, les étangs, les rivières et autres eaux stagnantes forment les eaux superficielles dans le secteur d'étude. Ils sont en contact direct avec les eaux de ruissellement qui les alimentent et sont chargés de débris. Les plus utilisés tout au long de l'année, les marigots, sont surcreusés en saison sèche pour capter les eaux des nappes superficielles. Leur évasement au fil du temps fait d'eux des réceptacles importants d'eaux pluviales. Selon les personnes interrogées, leur eau est utilisée en cas de tarissement de puits ou de panne des forages. Les pannes de ces ouvrages étant récurrentes dans le secteur d'étude, les eaux superficielles (photo 9) constituent des sources d'eau alternatives pour les populations.



**Photo 9 : Sources superficielles d'approvisionnement en eau dans le secteur d'étude**

*Cliché : Gomez, avril et octobre 2007*

La photo (9a) présente le marigot Attèron à Atokolibé et la photo (9b) une rivière à proximité de Tchetti sur la voie de Doumè où les populations vont prendre de l'eau pour les différents usages (boisson, cuisine, lessive, bain). Ils sont envahis par des nénuphars et autres mauvaises herbes et des débris. Le puisage se fait en posant les pieds dans l'eau ; ce qui crédite l'apport des contaminants.

Ces eaux stagnantes constituent un danger pour les populations car étant les lieux de développement des larves de moustiques et germes microbiologiques et sources de prolifération des maladies qui hantent la vie des populations (Fall, 2007). Ces sources constituent, néanmoins, des solutions pour compenser les besoins en eau potable non couverts.

### 2.3.5. Eaux pluviales

En saison de pluie, surtout de juillet à octobre de chaque année, la préférence d'eau pour la plupart des ménages est celle recueillie des toits de maisons en tôles. L'eau de pluie est conservée dans les jarres, les bassines et les citernes (les citernes sont très peu nombreuses dans le secteur d'étude à l'exception d'Agoua où la pénurie d'eau est criarde). Pendant cette période, l'eau de pluie sert à tous les usages : boisson, lessive, douche, cuisine. Les eaux pluviales sont exposées à la salissure par les toits non nettoyés surtout en début de saison pluvieuse, les objets transportés par le vent et le manque d'hygiène dû à l'utilisation. La photo 10 présente une jarre à l'intérieur d'une cour à Kpataba.



**Photo 10 : Type de jarre d'entreposage de l'eau de pluie dans le secteur d'étude**

*Cliché : Gomez, avril 2007*

Cette jarre est conçue avec une partie à fleur de sol et une autre enfoncée dans la terre. Elle est immobile et est connectée directement à la toiture par une gouttière pour recueillir l'eau pluviale. Sa contenance varie entre 200 à 300 litres. Ces jarres observées sur le terrain ne sont pas souvent couvertes.

Les populations utilisent pour la consommation concurremment l'eau de puits, de marigots, de rivières, de forages et de la pluie. Ces différents points d'eau sont caractérisés par leur exposition aux sources de pollution (eau de ruissellement, vent) et par un environnement mal entretenu. Malgré ces conditions, les populations consomment ces eaux sans grande précaution au regard de leur appréciation de la qualité des eaux. Il importe dans ce cadre d'analyser la qualité des eaux consommées pour apprécier les risques sur la santé des populations.

En somme, la qualité des eaux de consommation est influencée par les interactions entre les éléments du milieu physique et des facteurs humains. Le chapitre 3 décrit les étapes de la démarche méthodologique qui ont servi à l'identification des indicateurs de qualité des eaux de consommation, à la détermination des risques sanitaires liés à la consommation des eaux dans le secteur d'étude, de même qu'à la formulation des mesures pour préserver la qualité des eaux.

## **CHAPITRE III :**

### **APPROCHE METHODOLOGIQUE**

Ce chapitre présente les données, les techniques et outils de collecte des données, les techniques de traitement et les modèles d'interprétation et d'analyse des résultats. La recherche s'est appuyée sur les documents afférant au sujet, les observations directes sur le terrain, l'analyse physico-chimique et bactériologique des échantillons d'eau de puits, de forages et de marigots, et l'enquête de terrain dans les ménages. La caractérisation de l'état sanitaire des populations est faite à partir des données épidémiologiques et de la perception des populations. Enfin, ce chapitre expose les bases de la proposition des stratégies de réduction de la pollution des eaux et de la diminution des maladies directement liées à la consommation d'eau polluée.

#### **3.1- COLLECTE DES DONNEES**

Les données d'étude sont variées et issues de plusieurs sources. L'étude a nécessité une démarche scientifique fondée sur des approches pluridisciplinaires pour pouvoir atteindre les objectifs fixés et de vérifier les hypothèses. La collecte des données est faite sur la base des documents généraux et spécifiques sur le thème d'étude, des enquêtes de terrain, des techniques et outils adaptés à la collecte des informations, au traitement des données et à l'analyse des résultats de terrain.

##### **3.1.1. Nature et source des données**

Les données ou arguments servant de preuves des phénomènes analysés ont été recueillis à travers diverses archives consultées dans les centres de documentation de la place et au niveau des institutions de recherche qui développent des activités en liaison avec l'objet de l'étude. Le cueillette des données a été conduite au Bénin, principalement à la bibliothèque centrale de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), à la bibliothèque de la Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH) de l'UAC, au Département de Géographie et d'aménagement du Territoire (DGAT) de la FLASH, au Laboratoire Pierre Pagney, Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE) et au Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et

Régionales (LEDUR) installés au DGAT, au Ministère de la Santé (MS), au Ministère de l'Eau et de l'Energie (MEE), au Ministère de l'Elevage et de la Pêche (MAEP), à la Direction Générale de l'Eau (DGEau), à la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB), à l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE), dans les Centres de Santé Communaux (CSCoM) et les Mairies de Savalou et de Bantè. Les sites internet spécialisés ont été également explorés et exploités pour enrichir la revue documentaire. Au total, 274 ouvrages et 12 sites internet, présentés dans la bibliographie sous le format alphanumérique, ont été exploités pour étayer les arguments développés dans le document.

Les informations obtenues à travers la recherche documentaire ont été complétées par les :

- résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques des dix échantillons d'eaux prélevées dans quelques villages du secteur d'étude. Ils ont servi à l'évaluation de la qualité des eaux consommées par les populations du secteur d'étude ;
- relevés climatologiques de l'ASECNA (pluviométrie, thermométrie et évaporation) qui ont permis d'établir l'influence du climat sur la disponibilité saisonnière de l'eau ;
- statistiques épidémiologiques collectées au Service Statistique du Ministère de la Santé. Elles ont contribué à identifier les maladies hydriques déclarées dans les formations sanitaires de l'Etat installées dans le secteur d'étude ;
- statistiques démographiques de l'INSAE pour connaître la structure de la population et évaluer la proportion des populations vulnérables aux risques hydrosanitaires ;
- supports planimétriques de l'IGN-Bénin grâce auxquels l'analyse diachronique des unités d'occupation du sol et des changements qui affectent le cadre de vie en milieu Itcha-Ifè a été réalisée ;
- informations qualitatives d'investigations socio-anthropologiques. Elles ont permis de faire une comparaison des perceptions des populations du secteur d'étude sur les différents aspects de la recherche avec les données officielles obtenues.

### **3.1.2. Investigations socio-anthropologiques**

Des enquêtes sociologiques et anthropologiques ont permis d'avoir une connaissance approfondie du secteur d'étude et la perception des populations sur la thématique. Les déterminants socioculturels qui influencent la qualité de l'eau et la perception de la population sur les différents aspects du thème ont été obtenus à partir des enquêtes par questionnaires, des interviews semi-structurées et des observations directe et participative. Ces outils de

collecte d'informations ont été introduits au sein d'une population composée des différentes couches de la communauté.

### **3.1.2.1. Echantillonnage des populations enquêtées**

L'espace administratif que couvre le secteur d'étude est composé de 15 arrondissements que sont Agoua, Akpassi, Bantè, Bobè, Loughba, Koko, Pira, Gouka, Atokolibé dans la commune de Bantè, Doumé, Kpataba, Ottola, Tchetti, Lèma et Djaloukou dans la commune de Savalou. Les enquêtes se sont déroulées dans les différents arrondissements sur la base d'un couplage de principes de choix raisonné et de choix par commodité, selon le cas, au sein d'une communauté regroupant :

- des ménages (651) ;
- des agents des services techniques de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) et de la Direction Générale de l'Eau (DGEau) en charge de la fourniture d'eau potable en milieu urbain, semi-urbain et rural (07) ;
- du personnel des services sanitaires (centres de santé publics, cabinet médical) implantés en milieu Itcha-Ifè qui enregistrent les cas de maladies et collectent les statistiques épidémiologiques (13) ;
- des notables et chefs de collectivités considérés comme des mémoires de la communauté (27) ;
- des jeunes de moins de vingt ans, élèves (50), apprentis (22) et autres (64) ;
- des élus locaux (31).

L'unité statistique choisie est le ménage. Ces ménages sont retenus dans les agglomérations les plus peuplées des quinze arrondissements répondant au critère de choix du secteur d'étude (socioculturel, linguistique), soit pour la plupart des Chefs-lieux d'arrondissements. Aux personnes interrogées dans les ménages, ont été ajoutés les autres cibles sus-indiquées. Selon le critère de choix, le nombre de ménages pris en compte est évalué à 13 024 sur la base des données issues du troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH3) de 2002 (INSAE, 2002b). Ainsi, un quota de 5 % a été appliqué à l'ensemble des ménages proportionnellement réparti par localité ; soient 651 interlocuteurs interviewés. Le choix des personnes enquêtées dans chaque ménage est raisonné eu égard à la responsabilité dans l'approvisionnement en eau dans le foyer. Il s'agit soit du chef de famille ou d'une

femme de la maison. Les femmes ont été privilégiées au cours des entretiens en groupes ciblés qui en majorité ont lieu autour des points d'eau. Cela s'explique par le fait que ce sont elles qui s'occupent de la corvée d'eau. Au total, 26 entretiens en groupes ciblés ont été réalisés avec des effectifs variant entre 08 et 31 personnes dont majoritairement les femmes et les enfants.

Les notables, les chefs de collectivité, les jeunes et les personnes ressources ont été consultés sur la base d'un choix par commodité. Par contre, le critère d'ancienneté au poste a guidé le repérage des agents de santé et de services de fourniture d'eau pour la fiabilité des informations du fait de leur connaissance du milieu et de leur brassage avec les populations locales. Les élus locaux ont été échantillonnés par choix raisonné (ceux des chefs-lieux d'arrondissement) et l'enquête s'est effectuée auprès de tous les chefs d'arrondissement du secteur d'étude.

#### **3.1.2.2. Techniques et outils de collecte des données sur le terrain**

Plusieurs techniques de recherche et outils de collecte ont été utilisés dans le cadre de cette étude pour obtenir des données nécessaires à l'explication des phénomènes observés sur le terrain. En fonction des spécificités des informations recherchées, des techniques et outils de collecte des données ont été variés. Il s'agit en l'occurrence de l'entretien semi-structuré, des observations directes sur le terrain, des observations participantes et l'enquête de terrain par questionnaire.

##### **3.1.2.2.1. Entretien semi-structuré**

L'entretien semi-structuré individuel est réalisé au moyen d'un guide d'entretien avec les chefs de village et d'arrondissement, les chefs religieux, les agents des services de fourniture d'eau, les agents des services sanitaires, les fonctionnaires et les élèves. Le guide d'entretien est conçu pour chaque cible en fonction des aspects auxquels leurs apports sont indispensables. Ce procédé de collecte de données et d'informations a été mis en œuvre concomitamment aux enquêtes proprement dites déroulées entre les mois de février et d'avril 2008.



#### **3.1.2.2.2. Observation directe**

L'observation directe sur le terrain est faite à l'aide d'une grille d'observation. Des visites exploratoires ont été exécutées à plusieurs reprises sur le secteur d'étude pour observer les situations présentées aux fins d'une meilleure conception et mise en œuvre des enquêtes de terrain. La première mission sur le terrain a été exécutée du 16 au 25 mars 2007 aux fins de répertorier et de recenser les différents types de points d'eau utilisés dans les différentes agglomérations du secteur d'étude. Aussi, les autres phases de descente sur le terrain ont-elles renforcé lesdites observations. Les informations recherchées ont porté, entre autres, sur les sources et modes d'approvisionnement en eau, l'état de salubrité, la distance entre les points d'eau et les lieux de défécation, la nature des fosses septiques, les modes de gestion des déchets. Elles ont aidé à l'appréciation des facteurs qui influent sur la qualité des eaux et accroissent les risques de santé des populations.

Au cours des visites d'observation directe sur le terrain, les coordonnées GPS des faits marquants ont été relevées pour la spatialisation des informations et la réalisation des cartes. En outre, des photographies instantanées des phénomènes environnementaux étudiés sont prises pour illustrer ces faits. Cette phase de la recherche a permis de se rendre compte de l'état actuel des écosystèmes du secteur d'étude.

#### **3.1.2.2.3. Observation participante**

L'observation participante a permis de vivre et de cerner les réalités du secteur d'étude. Plusieurs séjours au sein des populations du groupe-cible ont permis d'observer et de noter les activités et événements de la vie quotidienne pendant la période d'étude. Les débats sont effectués à bâtons rompus dans d'autres ménages qui ne sont pas inclus dans l'échantillon retenu et sur les lieux publics.

La participation à la vie communautaire, a donné un caractère particulier à ce travail. En effet, l'appartenance à cette société, la fréquentation et la bonne connaissance du secteur d'étude ont été un atout pour mettre en confiance les informateurs-clés lors des interviews.

#### 3.1.2.2.4. *Enquête par questionnaire*

Des questionnaires élaborés sur la base des différentes thématiques de l'étude ont été administrés dans les ménages de la population cible. Ces questionnaires ont permis d'avoir des éléments d'appréciation de la population sur les principaux contaminants des eaux, les liens qu'elle établit entre l'eau et la santé humaine et les approches endogènes de protection des sources hydriques, des menaces de la pollution et la réduction des risques sanitaires. Ces enquêtes socio-anthropologiques se sont déroulées entre les mois de février et avril 2008, période de sécheresse où la pression est forte sur tous les types de sources d'approvisionnement en eau et les populations sont relativement disponibles. Au-delà des localités couvertes par les prélèvements des échantillons d'eau analysés, tous les chefs lieux d'arrondissements du secteur d'étude ont été sillonnés.

Par endroits, les entretiens ont souvent été collectifs prenant l'allure de focus group. Ils sont pour la plupart organisés autour des points d'approvisionnement en eau (photo 11).



**Photo 11 : Séances d'entretiens collectifs à Pira (a) et Tchetti Konayé (b)**

*Cliché : Totin, avril 2007 et octobre 2007*

La photo (11a) et la photo (11b) illustrent les cas d'entretiens qui permettent de rassembler un plus grand nombre de personnes directement attachées à ces sources. Ici, ce sont les interlocuteurs, "vrais utilisateurs" de ces sources d'eau qui livrent leurs opinions et leurs impressions sur les préoccupations évoquées. Cela a permis d'avoir les informations relativement fiables.

Cette approche a facilité la collecte des informations tout en permettant la création d'un cadre de confrontation d'idées de divers acteurs sur les questions relatives à la qualité des eaux, aux sources de pollution et l'état de santé des populations.

Les investigations sont également orientées vers les stratégies de gestion des risques de pollution physico-chimique, bactériologique des eaux de consommation et de la protection de la santé des populations, particulièrement les affections liées à l'eau de boisson.

Les enquêtes socio-anthropologiques ont aidé à connaître les perceptions populaires sur l'environnement, sur la qualité de l'eau et sur l'état de santé des populations.

### **3.1.2.3. Traitement et analyse des données d'enquête de terrain**

Les fiches d'enquête ont été dépouillées et codifiées manuellement et ensuite traitées à l'ordinateur à l'aide du logiciel SPSS. Les informations ainsi obtenues sont transformées en tableaux et figures d'illustration. La réalisation des figures et tableaux, le calcul de certaines valeurs statistiques (fréquence, moyenne, écart-type, coefficient de corrélation) ont permis de catégoriser les informations. Les faits étudiés décrits par les figures et tableaux ont été ensuite analysés. Ces illustrations ont pour avantage de faire des analyses plus approfondies des données recueillies, de visualiser les résultats dans l'espace et de déduire certaines tendances.

Les données obtenues sur l'eau de consommation, l'environnement, les risques potentiels liés à la consommation de l'eau ont constitué une partie de la base de données qui a complété les données statistiques des institutions spécialisées (INSAE, OMS, MS, MEE, ASECNA,...).

### **3.1.3. Prélèvements des échantillons d'eau**

Les échantillons ont été prélevés en dix points d'eau différents représentant des six types de points d'eau publics utilisés par la population Itcha-Ifè, soit : cinq (5) puits (traditionnels et modernes), trois (3) forages (pompes à motricité humaine) et deux (2) marigots. Le premier critère de sélection des sites est le type de point d'eau ; chacun des types devant être échantillonné. Le second critère est géographique : les points de prélèvement d'eau ont été repartis sur tout le secteur d'étude. Le troisième critère est le choix des sites dans les localités

où il y a au moins trois types de point d'eau. Parallèlement, l'utilisation relative des différents types de points d'eau par la population a été prise en considération. Là où plus d'un type d'eau était disponible dans une localité donnée, le type le plus utilisé par la population comme point régulier durant toute l'année est choisi. Les puits modernes et traditionnels étant les principaux types de point d'eau disponible dans les localités, ont été sélectionnés en plus grand nombre.

Les sites de prélèvement des échantillons d'eau sont répartis dans le secteur d'étude comme l'illustre la figure 9.

La figure 9 présente les sites de prélèvement d'eau constitués de forages, de marigots et de puits (moderne, traditionnel et traditionnel aménagé) répartis dans les localités de Pira, Djabalo, Lougba, Bantè, Atokolibé et Tchetti.

Des flacons en plastique de 1,5 litre sont utilisés pour prélever, conserver et transporter des échantillons d'eau servant à l'analyse chimique des sites au laboratoire de la SONEB. Pour ce qui est des prélèvements aux fins des analyses des paramètres bactériologiques, il s'agit des flacons en verre de 500 ml. Ils sont lavés et rincés au laboratoire avec de l'eau distillée.

Après séchage, l'ouverture des flacons est bouchée avec du coton cardé et emballée dans du papier craft en aluminium. Ces flacons sont ensuite stérilisés à l'autoclave. Les bouchons sont aussi lavés, rincés, séchés, emballés dans du papier craft en aluminium et stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes ou au four Pasteur de 160 à 180° pendant 1 heure.

Deux campagnes de prélèvement ont été conduites : la première en saison sèche (avril 2007) et la seconde en saison pluvieuse (octobre 2007). En effet, le mois d'avril correspond à la fin de la saison sèche où la plupart des sources ne subissent plus l'influence des eaux pluvieuses et le mois d'octobre où tous les points d'eau sont accessibles et engorgés d'eau.

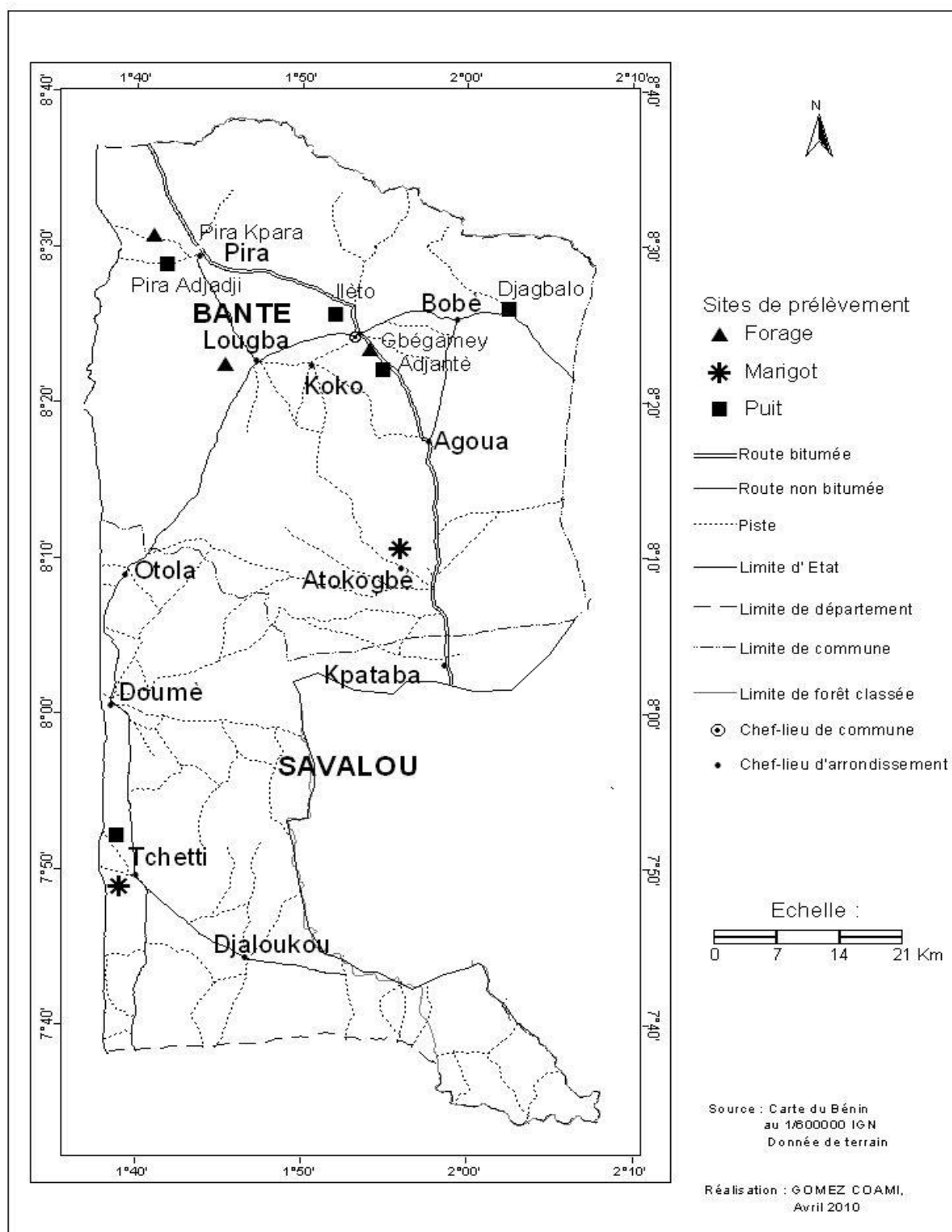


Figure 9 : Sites de prélèvement des échantillons d'eau en milieu Itcha-Ifè

La photo 12 illustre deux opérations de prélèvement d'eau menée dans le cadre de l'étude.



**Photo 12 : Campagnes de prélèvement d'échantillons d'eau à Tchetti Attiba (a) et Bantè Adjantè (b)**

*Cliché Gomez et Totin, avril 2007 et octobre 2007*

Les photos 12a et 12b montrent les étapes de prélèvement des échantillons d'eau. Les instruments de puisage (photo 12a) sont utilisés pour prendre de l'eau dans les flacons tandis qu'elle est recueillie directement de la bouche du tuyau de sortie de l'eau au niveau des pompes à motricité humaine (photo 12b). Une lampe à gaz permet d'émettre la flamme sur l'interface entre l'eau et l'orifice du flacon pour éviter la contamination probable pouvant contenir dans l'air ambiant.

Les flacons contenant de l'eau prélevée sont ensuite numérotés et rangés dans une glacière contenant des glaçons. Ils sont acheminés dans les 24 heures au Laboratoire de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) à Cotonou pour éviter la perte des caractéristiques de l'eau avant de subir des analyses chimique et bactériologique au laboratoire.

### **3.2- TECHNIQUE D'ANALYSE DE LA QUALITE DES EAUX PRELEVEES**

Pour obtenir les paramètres physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation, le processus suivant a été respecté. La première étape est celle des campagnes de prélèvement des échantillons d'eau des sources retenues sur la base des critères mentionnés au sous-point ci-dessus. La deuxième étape a trait aux mesures des paramètres physiques in situ. La troisième phase concerne les opérations des analyses physique, chimique et microbiologique des échantillons d'eau au laboratoire de la SONEB.



### 3.2.1. Analyse des paramètres physiques

Les paramètres physiques des eaux ont été directement mesurés sur place avec des équipements appropriés (photo 13).



**Photo 13 : Séance de mesures directes in situ des paramètres physiques à Pira Kpara(a) et à Atokolibé Attèron (b)**

*Cliché Totin, avril et octobre 2007*

La photo 13 illustre le déroulement des mesures directement opérées sur le terrain. Après le prélèvement des échantillons, le technicien de laboratoire de la SONEB, procède sur place aux dosages et mesures des paramètres physiques. Les données sont relevées et inscrites dans un cahier avec les références du point d'eau.

La température et le potentiel d'hydrogène sont déterminés à l'aide d'un pH-mètre de marque WTW 310i auquel est incorporé un thermomètre. La conductivité électrique est mesurée à l'aide d'un conductimètre portatif de même marque, WTW 310i.

Pour ce qui concerne la turbidité, elle est mesurée par la méthode néphélométrique. Le faisceau lumineux traverse horizontalement la cuvette contenant l'échantillon, une partie de cette lumière est diffusée par effet Tyndall grâce aux particules en suspension. En effet, le photomultiplicateur d'électron, situé à un angle de  $90^\circ$  par rapport au faisceau lumineux, capte les photons diffusés et transforme cette énergie lumineuse en signal électrique dont le potentiel est fonction de la turbidité.

La couleur est exprimée en couleur « apparente » ou en couleur « vraie » en suspension. La couleur vraie est déterminée en filtrant ou en centrifugeant l'échantillon d'eau.

### **3.2.2. Recherche des substances chimiques**

L'analyse chimique a consisté à mesurer les ions majeurs et mineurs que sont le Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), le Sodium ( $\text{Na}^+$ ), le Potassium ( $\text{K}^+$ ), les Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), le Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), le Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), le Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), le Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), l'Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). Il s'agit des composés dont la présence à une certaine concentration indique une contamination probable des eaux de consommation conformément aux normes fixées par l'OMS. Les procédés ci-après ont permis d'identifier et de déterminer la dose de chaque ion dans les eaux.

#### **3.2.2.1. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )**

Pour faciliter la lecture, des dilutions successives sont effectuées sur les échantillons d'eau. Le dosage de l'ammonium est fait à l'aide d'un spectrophotomètre DR 4000 HACH à 425 nm dans la gamme de 0 à 5 mg/L.

#### **3.2.2.2. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

Les dilutions successives sont faites au 1/5, 1/10 et au 1/20 sur les échantillons pour faciliter la lecture. Le dosage est fait au spectrophotomètre DR/4000 à 400 nm dans la gamme de mesure de 0 à 4,5 mg/L.

#### **3.2.2.3. Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

Les phosphates sont mesurés au spectrophotomètre DR/4000 dont la gamme de mesure est de 0 à 2,5 mg/L après dilution des échantillons.

#### **3.2.2.4. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

La mesure est réalisée à 650 nm au spectrophotomètre type DR/4000 HACH dans la gamme de 0 à 30 mg/L après dilution des échantillons.

#### **3.2.2.5. Manganèse ( $\text{Mn}^{+}$ )**

La mesure est faite par absorption au spectrophotomètre à 525 nm dans la gamme de 0, à 5 mg/L après dilution.



#### **3.2.2.6. Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )**

La mesure est faite au spectrophotomètre à 510 nm dans la gamme de 0 à 3 mg/L après dilution.

#### **3.2.2.7. Nitrites**

Les nitrites sont dosés par spectrophotométrie avec le réactif de Zambelli ou de la solution de  $\text{NaNO}_2$  à 4,93 mg/L.

#### **3.2.2.8. Oxydabilité au $\text{KMnO}_4$**

L'oxydabilité au  $\text{KMnO}_4$  a consisté à doser les matières organiques et minérales oxydables qui se trouvent dans l'eau par une réaction d'oxydoréduction avec le permanganate de potassium.

### **3.2.3. Recherche des paramètres bactériologiques**

L'analyse bactériologique des échantillons d'eau prélevés est faite selon la technique de recherche présomptive des coliformes totaux sur le bouillon Mac Conkey et en un dénombrement des colonies par millilitre après 24 à 48 heures d'incubation à l'étuve à 37 °C en milieu gélose nutritive pour la recherche des germes banals. L'identification des germes a été réalisée par la galerie classique, par la galerie API 20 E, la galerie API STAPH, la galerie API strepto et la galerie API non E.

L'analyse des paramètres bactériologiques des échantillons d'eau est faite en plusieurs étapes :

#### ***1<sup>ère</sup> étape : Filtrage sur membrane***

La méthode de filtration sur membrane fournit directement le nombre de coliformes totaux et de coliformes fécaux contenus dans un échantillon d'eau donnée. La méthode consiste à filtrer un volume d'eau connu à travers une membrane constituée d'un dérivé cellulosique ayant des pores de diamètre uniforme égale à 0,45  $\mu\text{m}$ . Cette membrane estensemencée dans une boîte

de pétri contenant un milieu de culture sélectif et incubée à une température appropriée de 37 °C.

A cet effet, six (06) volumes de 100 ml d'eau sont successivement filtrés et les membranes sontensemencées respectivement sur les milieux de culture suivants : le milieu Endo (coliformes fermentant le lactose) pour les E. coli, le milieu EMB pour les entérobactéries, le milieu Slanetz pour les streptocoques fécaux, le milieu TSN (Trypcase sulfite néornicyne pour le *Clostridium perfringens*, le milieu Chapman pour les staphylocoques et le milieu SS pour les salmonelles et shigelles. Ils ont été incubés à la température de 37 °C pendant 24 à 48 heures.

### **2<sup>ème</sup> étape : Numération des colonies**

L'examen des boîtes de pétri incubées pendant 24 à 48 heures est suivi d'une numération des colonies à la loupe de grossissement.

### **3<sup>ème</sup> étape : Identification des bactéries**

Les coliformes et les autres entérobactéries sont identifiés par API 20 E et par la galerie classique composée de cinq milieux de culture : le milieu Kligler, le milieu citrate, le milieu manitol mobilité, l'urée et le milieu SIM (SH<sub>2</sub>, indol, mobilité).

Les staphylocoques sont identifiés par la staphylocoagulase, la Dnase et par API STAPH.

Les colonies de *Clostridium perfringens* apparaissent sur le milieu TSN (Trypcase Sulfite Néomycine) entourées d'une auréole noire de taille importante due à la réduction du sulfite qui provoque une précipitation de sulfure de fer.

Les streptocoques fécaux apparaissent sur la gélose de Slanetz sous l'aspect de colonies d'un rouge violacé ou marron, avec ou sans auréole blanche.

Ces techniques ont permis de mettre en évidence les indicateurs de pollution microbiologique des eaux et de risques hydro-fécaux dans les localités d'investigation.

### **3.3- TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES DE LA QUALITE DES EAUX**

Les données traitées concernent celles collectées à l'aide des fiches de relevés des informations géoréférencées du terrain, les paramètres physico-chimiques et bactériologiques issus des analyses d'échantillons d'eau, les statistiques sanitaires. Ainsi, l'analyse des statistiques, des figures et tableaux, la cartographie ont été nécessaires pour faciliter les interprétations.

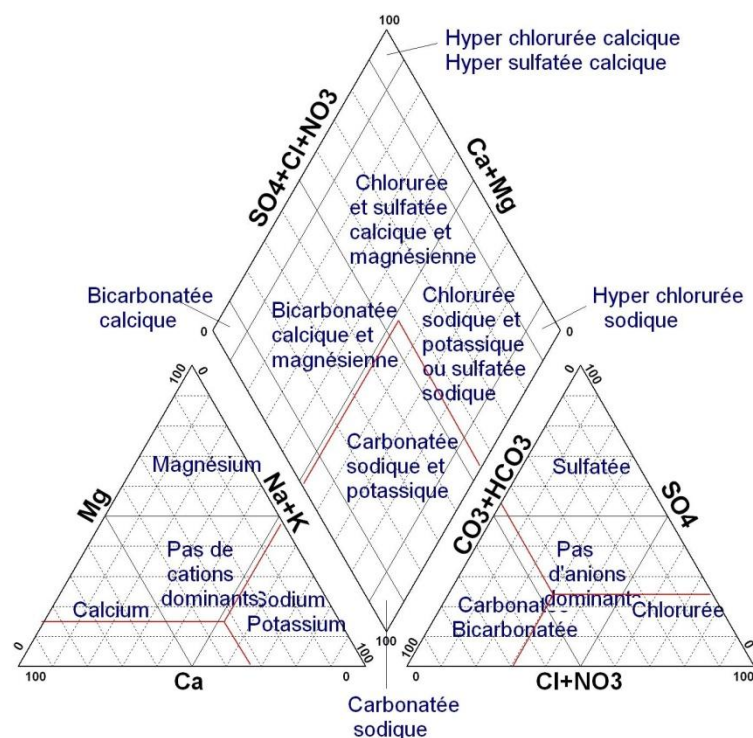
#### **3.3.1. Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux**

Les variables contribuant à la détermination de la qualité de l'eau sont indépendantes et sont représentées par les paramètres physiques, chimiques et bactériologiques mis en évidence. Les valeurs mesurées sont comparées à la Concentration Maximale Admise (CMA) pour les paramètres physico-chimiques et à la Valeur Maximale Admise (VMA) pour les paramètres bactériologiques afin de qualifier l'eau. Les différents graphiques obtenus ont permis de faciliter la lecture des résultats d'analyse et les variations des indicateurs de qualité physico-chimique par rapport à la CMA et à la VMA. Les valeurs obtenues ont été comparées aux normes de l'OMS et celles adoptées au Bénin pour apprécier la potabilité de l'eau.

Plusieurs types de traitements et analyses ont été faits. En effet, les statistiques descriptives (valeurs maximale, minimale, moyenne, écart-type et coefficient de corrélation) et les analyses en composantes principales (technique basée sur l'identification des structures entre les différents paramètres) pour des divers paramètres en fonction des saisons pluvieuse et sèche ont été déterminées à l'aide du logiciel Xlstat 2008. Elles ont servi à caractériser la distribution des indicateurs de qualité d'eau dans le temps et dans l'espace.

#### **3.3.2. Déterminations des faciès hydrochimiques des eaux**

La typologie des eaux passe exclusivement par la détermination des hydrofaciès (Oga et *al*, 2009). Dans le cadre de cette étude, les paramètres physico-chimiques déterminés ont alimenté le logiciel « Diagramme 2 » du Laboratoire d'Hydrologie d'Avignon (Smiler, 2007). La figure obtenue avec ses différentes composantes est connue sous le nom diagramme de Piper (1953). Ce diagramme est utilisé pour caractériser les faciès des eaux à partir de la clé d'analyse des résultats chimiques (figure 10).



**Figure 10 : Clés d'analyse des caractéristiques physico-chimiques des eaux à l'aide du diagramme de Piper**

Ce modèle qui prend en compte essentiellement les ions majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) est utilisé pour déterminer les faciès hydrochimiques des eaux consommées dans le secteur d'étude. Le diagramme de Piper possède trois domaines :

- un parallélogramme divisé en quatre parties qui sert à déterminer le nom de l'hydrofaciès sur les mêmes bases que les formules de Stratler ;
- deux triangles, un à gauche, un à droite dans lesquels on porte respectivement les points représentatifs des cations et des anions.

La projection dans le parallélogramme des points placés dans les diagrammes des anions et des cations classe la solution en faciès suivant les ions prédominants (Oga et *al.*, 2009).

Les faciès identifiés ont été classés par type de point d'eau (forage, puits et marigot) et par saison.

### 3.3.3. Analyse de l'état de santé des populations

Les statistiques de cas de maladies enregistrés dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè de 2002 à 2008 et particulièrement les relevés épidémiologiques des aires sanitaires de Bantè, Pira,

Kpataba, Agoua, Tchetti et Ottola de 2007 à 2009 ont été traités pour mettre en évidence les maladies dominantes et les confronter avec les risques sanitaires liés à la consommation d'eau polluée.

L'état de santé des populations est apprécié à travers l'analyse des données sanitaires (sur les maladies diarrhéiques, gastro-entériques) collectées dans les centres de santé communaux et départementaux et dans le service en charge des statistiques du Ministère de la Santé.

Des tableaux et figures d'illustrations sont produits à partir du regroupement des données sur les maladies.

### **3.3.4. Travaux cartographiques et spatialisation des informations**

Les données GPS recueillies ont été intégrées dans les logiciels de SIG (ArcView) pour spatialiser les informations. Plusieurs cartes ont été ainsi obtenues et ont permis d'illustrer le document.

Les travaux cartographiques ont également permis d'obtenir des cartes d'occupation du sol afin d'apprécier par l'analyse diachronique, l'extension des agglomérations et les secteurs les plus vulnérables à la contamination des eaux. Les cartes d'occupation du sol ont été réalisées à partir des images Landsat MSS 1972 et Landsat TM 2005.

La dynamique des unités spatiales est évaluée en terme de progressivité, régressivité ou de stabilité de chaque unité d'occupation du sol.

Ainsi, les opérations suivantes ont été réalisées :

- soit  $U_{1972}$  la superficie d'une unité d'état de surface en 1972 ;
- $U_{2005}$  la superficie de la même unité spatiale en 2005 et ;
- $\Delta U$  la variation de la superficie de ladite unité entre 1972 et 2005 ;

$$\Delta U = U_{2005} - U_{1972}.$$

Pour cette même unité d'état de surface, l'un des cas suivants peut se présenter :

- $\Delta U = 0$ , l'unité est dite stabilisée ;

- $\Delta U > 0$ , l'unité est dite progressée ;
- $\Delta U < 0$ , l'unité est dite régressée.

Sur la base des cartes d'occupation du sol, une carte de synthèse a été élaborée. Elle correspond à la carte des changements d'état obtenue par superposition de deux cartes d'occupation (1972 et 2005). Les trois situations ci-dessus sont révélées par la carte de synthèse.

Le phénomène observé (stabilité, progression ou régression) permet de dégager le degré de menaces des activités agricoles voire d'autres formes d'occupation des terres sur les eaux avoisinantes. Une des conséquences de l'extension de l'occupation du sol est la colonisation des espaces de sécurité autour des points d'eau.

### **3.3.5. Approche d'amélioration de la qualité de l'eau et de protection de la santé des populations**

Les informations issues des entretiens avec les différents acteurs (populations, spécialistes des questions de l'eau, agents de santé, sociologues, géographes, autorités administratives locales, environnementalistes) et les indicateurs statistiques ont aidé à proposer des mesures de protection des points d'approvisionnement en eau et de la santé des populations vulnérables dans le secteur d'étude.

Dans le souci de disposer des solutions durables et adaptées aux coutumes dans le secteur d'étude, une attention particulière est accordée aux pratiques endogènes. Les limites des mesures déjà en cours dans le secteur d'étude ont été identifiées et leurs forces ont été suggérées pour être capitalisées en addition aux nouvelles propositions.

### **3.3.6. Approche d'évaluation des écosystèmes du millénaire**

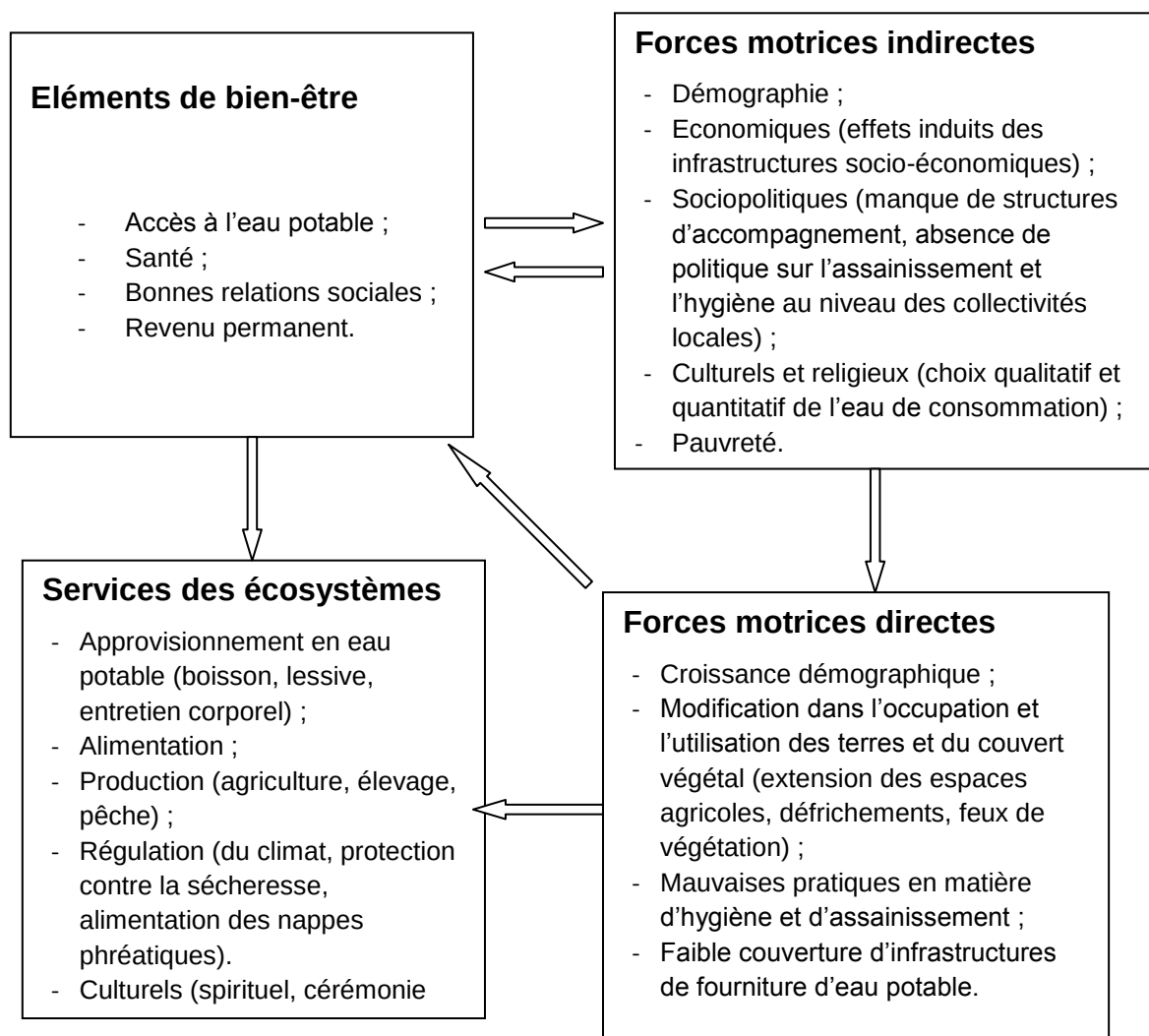
L'approche d'évaluation des écosystèmes du millénaire (EM) est le principal outil utilisé. L'EM est une approche intégrée mise en place en vue de fournir des informations scientifiques sur les répercussions des changements des écosystèmes sur le bien-être humain (Brodhag, 2005).

Les composantes-clé du cadre conceptuel de l'EM sont les forces motrices indirectes, les forces motrices directes, les services d'origine écosystémique, le bien-être humain, la réduction de la pauvreté ainsi que leurs relations mutuelles (figure 13). Les forces motrices indirectes comprennent les facteurs démographiques, l'économie, les institutions, la technologie, la culture, et la religion qui influent sur le comportement humain. Les forces motrices directes incluent les processus environnementaux comme le changement climatique, le changement hydrologique, le changement dans l'usage de l'eau. Ces changements affectent, à leur tour, les services d'origine écosystémique. Dans tous les cas, le bien-être répond aux forces motrices indirectes. Au sein de ce cadre, il y a des opportunités pour des stratégies et des interventions qui peuvent interrompre, renverser ou changer en d'autre manière le processus en vue d'améliorer le bien-être humain et de conserver les écosystèmes .

L'application du modèle de l'EM a nécessité son adaptation au contexte du secteur d'étude. Ainsi, le contenu des éléments constitutifs du cadre conceptuel de l'EM a été passé en revue à la lumière du contexte socioculturel du milieu Itcha-Ifè. Il s'agit ici de l'écosystème eau dont l'ébauche d'évaluation est illustrée par la figure 13.

Les éléments des composantes du bien-être humain et des services des écosystèmes (figure 11) sont des variables d'état, c'est-à dire, l'aperçu des conditions de l'écosystème eau dans le secteur au moment de l'étude. Par contre, les forces motrices indirectes et les forces motrices directes ou pressions constituent des variables de tendance (analyse de l'évolution de l'état au fil du temps). Ces variables de tendance interagissent et influencent les variables d'état qui entraînent la détérioration de la qualité de la ressource eau dont la consommation cause des maladies liées à l'eau et altère les conditions de vie des populations.

Ainsi, pour inverser la situation observée, des réponses ou solutions sont émises sous formes de recommandations dans la perspective de limiter les pressions et d'améliorer le bien-être humain.



**Figure 11 : Adaptation du cadre conceptuel de l'Évaluation des Ecosystèmes du Millénaire (EM) au milieu Itcha-Ifè**

Source : Brodhag, 2005

En définitive, la méthodologie utilisée a associé les travaux de terrain et les analyses de laboratoire avec l'utilisation de la statistique descriptive et analytique. Elle a permis d'obtenir les résultats qui sont présentés dans les chapitres suivants.

### 3.4- SYNTHÈSE ET CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

La justification du sujet, la revue de littérature et la définition opératoire des concepts ont permis de mieux cerner le contenu du sujet et de délimiter le champ de l'étude. Le point des connaissances a révélé qu'hormis les pays développés, les autres régions du monde, du moins les pays pauvres affichent une couverture en eau améliorée faible contraignant les populations à recourir à des sources d'eau "alternatives" (puits, marigots, mares) qui baignent dans un environnement malsain.



Les conditions naturelles et humaines qui influencent la qualité de l'eau de consommation ont été mises en exergue. Il en découle que les composantes géophysiques interviennent considérablement dans la disponibilité de l'eau, sa composition minéralogique et microbiologique. Par contre, les facteurs humains s'y associent en générant des substances nocives dont le contact avec l'eau modifie sa qualité.

La démarche méthodologique développée pour conduire cette étude est basée sur les enquêtes socio-anthropologiques pour tenir compte des aspirations des populations et les observations participantes au sein des communautés, d'une part, sur la collecte des données, l'analyse et l'interprétation des résultats de qualité des eaux de consommation et de l'état de santé des populations, d'autre part. L'adaptation du modèle de l'évaluation des écosystèmes du millénaire à cette étude, a permis de faire une analyse dynamique de l'interaction entre les différents éléments de l'environnement.

Ces différentes approches ont permis de faire l'état des lieux des sources d'eau consommées par les populations, d'apprécier le niveau de pollution des eaux avec leurs effets sur la santé des populations et de proposer des mesures pour améliorer la qualité des eaux de consommation en vue de réduire les risques de maladies qui en découlent.

## **DEUXIEME PARTIE**

### **QUALITE ET SOURCES DE POLLUTION DES EAUX CONSOMMEES PAR LES POPULATIONS EN MILIEU ITCHA-IFE**

## **CHAPITRE IV :**

### **QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX DE CONSOMMATION DES POPULATIONS EN MILIEU ITCHA-IFE**

Les paramètres physico-chimiques et microbiologiques ont été mesurés pour caractériser les eaux échantillonnées. Les résultats obtenus ont été affectés d'une valeur guide correspondant à la Concentration Maximale Admissible (CMA) pour les paramètres chimiques et à la Valeur Maximale Admissible (VMA) pour les paramètres bactériologiques. Les normes de qualité utilisées sont celles de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [WHO, 2008]. En effet, les eaux sont qualifiées de mauvaise qualité, lorsqu'une valeur obtenue dépasse la norme maximale fixée pour ce paramètre.

Dans le développement de ce chapitre, la saison sèche correspond à une période où les ressources en eau sont limitées et très désirées et la saison pluvieuse le moment où l'eau est disponible et utilisée sans aucune restriction.

#### **4.1- QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX PRELEVEES**

Les caractéristiques générales de la qualité physico-chimique des eaux échantillonnées dans le secteur d'étude sont présentées par le tableau VI. Il s'agit de celles des paramètres que sont : la température, le potentiel hydrogène, la turbidité et la conductivité, le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), le sodium ( $\text{Na}^+$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ), les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), le nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), le nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ), le fer ( $\text{Fe}^{2+/3+}$ ), les ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), le fluor ( $\text{F}^-$ ), le manganèse ( $\text{Mn}^{2+/4+}$ ) et l'orthophosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Les valeurs présentées dans le tableau VI ont servi de référence à l'interprétation des paramètres physico-chimiques identifiés dans les eaux prélevées en milieu Itcha-Ifè.

**Tableau VI : Caractéristiques générales de la qualité physico-chimique des eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

| Paramètres                    | CMA     | Minimale     |                  | Maximale     |                  | Moyenne      |                  |
|-------------------------------|---------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
|                               |         | Saison sèche | Saison pluvieuse | Saison sèche | Saison pluvieuse | Saison sèche | Saison pluvieuse |
| T ° C                         | 25 ° C  | 27,90        | 25,80            | 32,20        | 29,30            | 29,29        | 27,66            |
| pH                            | 6,5-8,5 | 6,00         | 5,96             | 7,38         | 6,97             | 6,70         | 6,47             |
| Conductivité                  | 2000    | 73,10        | 90,90            | 1514,00      | 1471,00          | 538,71       | 556,58           |
| O <sub>2</sub>                | 5       | 1,50         | 0,59             | 6,80         | 22,20            | 3,89         | 4,73             |
| Ca <sup>2+</sup>              | 400     | 2,85         | 3,57             | 61,35        | 54,93            | 25,75        | 25,89            |
| Mg <sup>2+</sup>              | 50      | 2,59         | 0,43             | 115,92       | 118,08           | 27,16        | 28,11            |
| Na <sup>+</sup>               | 200     | 5,70         | 6,50             | 86,00        | 104,00           | 22,83        | 28,93            |
| K <sup>+</sup>                | 12      | 1,80         | 1,40             | 60,00        | 152,00           | 15,61        | 20,12            |
| Fe <sup>2+/3+</sup>           | 0,2     | 0,10         | 0,2              | 9,20         | 6,42             | 2,32         | 1,16             |
| Mn <sup>2+/4+</sup>           | 0,05    | 0,02         | 0,03             | 0,55         | 0,75             | 0,22         | 0,12             |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | -       | 34,16        | 52,46            | 546,56       | 573,40           | 192,93       | 195,08           |
| F <sup>-</sup>                | 1,5     | 0,10         | -                | 0,92         | -                | 0,33         | -                |
| Cl <sup>-</sup>               | 250     | 8,52         | 5,70             | 96,56        | 79,00            | 37,35        | 35,03            |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 250     | 0,30         | 3,57             | 55,00        | 66,00            | 16,91        | 14,86            |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 50      | 0,20         | 2,7              | 173,00       | 247,00           | 54,40        | 40,92            |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 3       | 0,03         | 0,01             | 0,99         | 0,38             | 0,24         | 0,06             |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0,5     | 0,10         | -                | 0,70         | 0,40             | 0,34         | 0,08             |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 5       | 0,04         | 0,03             | 0,77         | 1,20             | 0,19         | 0,24             |

CMA : Concentration Maximale Admise ; - : Données non disponibles

Source : Résultats de traitements de données, avril et octobre 2007

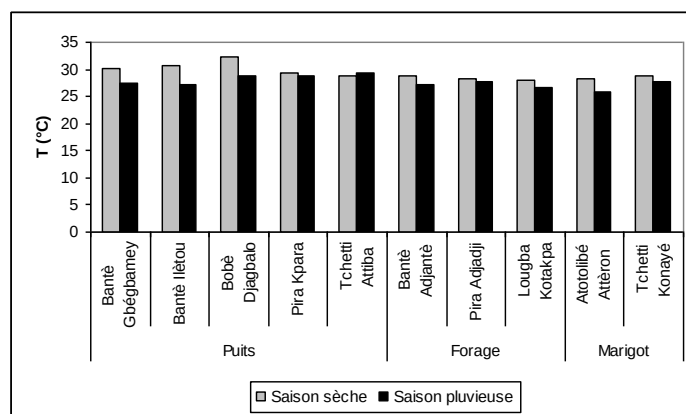
### 4.1.1. Caractéristiques physiques

Les paramètres mesurés aux lieux de prélèvement des échantillons d'eau concernent : la température, le potentiel hydrogène, la turbidité et la conductivité. La détermination de ces paramètres est faite in situ puisque les conditions environnementales peuvent changer durant le transport des échantillons et modifier ainsi d'une manière relative la composition de l'eau à analyser.

#### 4.1.1.1. Température

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH,

pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. La température des eaux est fortement influencée par les conditions environnementales liées à la position géographique de la localité, à la géologie des terrains traversés, à l'hydrologie et surtout au climat (Fall, 2007). La figure 12 illustre la variation saisonnière de la température des eaux étudiées.



**Figure 12 : Température des eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

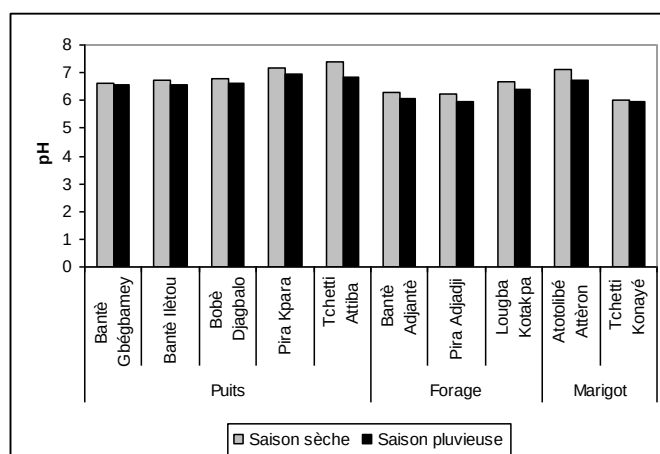
Source des données : SONEB, 2007

Les dix (10) points d'eaux échantillonnés affichent des températures qui varient entre 27,9 et 32,2 ° C en saison sèche et entre 26 et 29,3 ° C en saison pluvieuse. Les températures sont globalement plus élevées en saison sèche, avec une différence plus marquée au niveau des puits. Toutes les valeurs de la température sont au-delà de la valeur de référence (25 ° C) fixée par l'OMS pour une eau destinée à la consommation humaine. Cette élévation de température peut être due à la protection ou non des eaux et/ou des couches géologiques traversées (Edorh *et al*, 2007), à leur profondeur, à la charge électrique des matières dissoutes dans l'eau et à la température ambiante de l'air dans le milieu dont la moyenne mensuelle oscille entre 25 et 30,5 ° C (Yabi, 2008) dans le secteur d'étude.

Il convient de souligner qu'une eau de température située entre 25 ° et 28 ° C constitue un bon milieu de culture pour des micro-organismes de l'environnement (Makoutodé *et al.*, 1999), autrement dit, les températures des eaux échantillonnées créent un milieu favorable au développement d'activités microbiennes.

#### 4.1.1.2. Potentiel Hydrogène

Le potentiel Hydrogène (pH) renseigne sur l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature de roches traversées. Selon les directives de l'OMS, la valeur du pH des eaux de consommation doit être comprise entre 6,5 et 8,5 (valeur de référence et valeur limite). Une eau acide et agressive ( $0 < \text{pH} < 7$ ) corrode les parties métalliques des canalisations de distribution et entraîne des risques sanitaires en fonction des métaux qui passent en solution dans l'eau (exemple du plomb). Par contre, une eau basique ou alcaline ( $7 < \text{pH} < 14$ ) diminue l'efficacité de la désinfection au chlore. Cette eau peut provoquer des irritations oculaires et une aggravation des affections cutanées au-dessus d'un pH supérieur à 9 unités (SIAEPF, 2010). Les eaux prélevées présentent un pH variant entre 6,00 et 7,38 en saison sèche et 5,96 et 6,97 en saison pluvieuse et indique un caractère neutre pour certaines et légèrement acide pour d'autres (figure 13).



**Figure 13 : pH des eaux consommées dans le secteur d'étude**

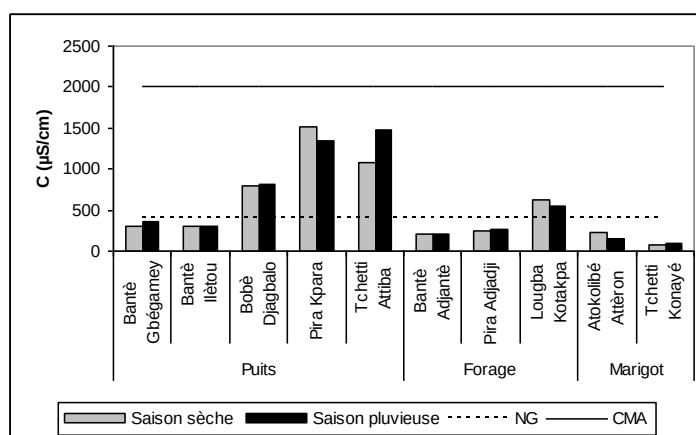
Source des données : SONEB, 2007

Les pH mesurés sont plus élevés en saison sèche qu'en saison pluvieuse et relativement variables selon les sources d'approvisionnement en eau. Les eaux de forages de Bantè Adjantè (6,31 en saison sèche et 6,83 en saison pluvieuse), de Pira Adjadji (6,21 en saison sèche et 5,96 en saison pluvieuse) et marigot de Tchetti Konayé sont légèrement acides. Les eaux des puits de Pira Kpara et de Tchetti Attiba et du marigot d'Atokolibé Attèron ont un pH neutre notamment en saison pluvieuse. Ces pH sont le fait de la nature silicatée des roches présentes dans cette région de socle cristallin constitué essentiellement de roches granitiques.

La plupart des pH étant en dessous du seuil inférieur de la valeur de référence (6,5) surtout en saison sèche, ils pourraient induire des problèmes de santé humaine en combinaison à d'autres paramètres qui évoluent avec eux.

#### 4.1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité est le principal indicateur de la minéralisation globale d'une eau. La figure 14 montre la variation inter-saisonnière de la conductivité dans le secteur d'étude.



**Figure 14 : Conductivité électrique des eaux prélevées**

Source des données : SONEB, 2007

L'analyse de la figure 16 montre que la conductivité varie entre 73,10 et 1514  $\mu\text{S/cm}$ , avec une moyenne de 538,71  $\mu\text{S/cm}$ , dans les eaux des puits, forages et marigots échantillonnés en saison sèche. Pendant la saison pluvieuse, la conductivité des eaux oscille entre 90,9  $\mu\text{S/cm}$  et 1471  $\mu\text{S/cm}$  avec une moyenne de 556  $\mu\text{S/cm}$ , légèrement au-dessus de la moyenne en saison sèche.

Toutes les eaux ont une conductivité inférieure à la CMA (2000  $\mu\text{S/cm}$ ) mais supérieure à la valeur du niveau guide (400  $\mu\text{S/cm}$ ). Les eaux les plus minéralisées sont celles des puits de Pira Kpara (1514  $\mu\text{S/cm}$  en saison sèche et 1346  $\mu\text{S/cm}$  en saison pluvieuse), de Tchetti Attiba (1080  $\mu\text{S/cm}$  en saison sèche et 1471  $\mu\text{S/cm}$  en saison pluvieuse) et de Bobè Djagbalo (800  $\mu\text{S/cm}$  en saison sèche et 807  $\mu\text{S/cm}$  en saison pluvieuse). La conductivité est plus faible dans les eaux de marigots et peu élevée dans les forages.

La minéralisation élevée dans les eaux de Pira Kpara, Tchetti Attiba et Bobè Djagbalo s'explique par la dilution ou l'hydrolyse des roches cristallines du substratum en particulier la présence des ions  $\text{NO}_3^-$  et par l'action anthropique (utilisation d'intrants agricoles et modes de gestion des ordures ménagères).

Les fortes corrélations établies entre la conductivité et certains ions (tableaux IX et X, p. 112-113) indiquent qu'ils subissent plus une influence des couches géologiques du secteur d'étude que des activités anthropiques. En effet, la conductivité est fortement corrélée en saison sèche qu'en saison pluvieuse avec le  $\text{Ca}^{2+}$  (0,74 ; 0,65), le  $\text{Mg}^{2+}$  (0,90 ; 0,85),  $\text{K}^+$  (0,90 ; 0,65),  $\text{HCO}_3^-$  (0,91 ; 0,86),  $\text{Cl}^-$  (0,96 ; 0,89),  $\text{SO}_4^{2-}$  (0,91 ; 0,95).

#### **4.1.2. Caractéristiques chimiques**

Les différents types d'eau renferment une variété d'éléments chimiques classés en deux groupes à savoir : les éléments majeurs et les éléments mineurs. Les éléments majeurs regroupent des cations et des anions à forte concentration et les éléments mineurs sont de même nature mais en proportion faible dans les eaux.

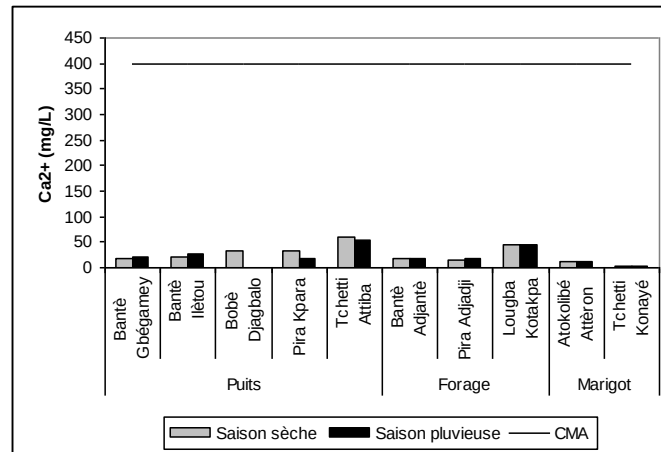
##### **4.1.2.1. Teneurs en cations majeurs dans les eaux**

Ces cations sont constitués de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ) et de potassium ( $\text{K}^+$ ).

##### **4.1.2.1.1. Calcium**

Composante majeure de la dureté de l'eau, le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) est généralement l'élément dominant des eaux potables (Fall, 2007). Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Pour le cas d'espèce, les ions  $\text{Ca}^{2+}$  ont une concentration variant entre 2,85 mg/L et 61,35 mg/L en saison sèche et entre 3,57 mg/L et 55 mg/L en saison pluvieuse soit une moyenne de l'ordre de 25,8 mg/L. Les teneurs en  $\text{Ca}^{2+}$  des eaux des puits, forages et marigots échantillonnés sont en général inférieures à la CMA (400 mg/L) (figure 15).





**Figure 15 : Répartition saisonnière des ions  $\text{Ca}^{2+}$**

Source des données : SONEB, 2007

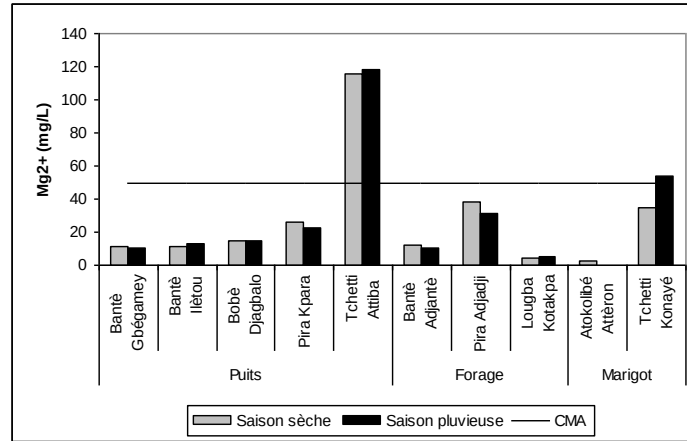
Les concentrations relativement élevées de ces ions sont enregistrées dans les puits de Tchetti Attiba, Pira Kpara et de Bobè Djağbalo et dans le forage de Lougba Kotakpa. Les plus faibles concentrations sont contenues dans les eaux de marigots et de forages. Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  présentent une corrélation variée avec les autres ions selon les saisons. Ils sont moyennement corrélés (tableaux IX et X, p. 112-113) respectivement en saison sèche et en saison pluvieuse avec les ions  $\text{HCO}_3^-$  (0,55 et 0,41),  $\text{K}^+$  (0,63 et 0,65),  $\text{Cl}^-$  (0,70 et 0,69) et bien corrélés avec les nitrates (0,84 et 0,75). Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  proviendraient en partie des roches dures basiques notamment les basaltes et les gabbros. Les concentrations relativement plus élevées des ions  $\text{Ca}^{2+}$  en saison sèche peuvent témoigner de leurs origines lithologiques. Cela se justifie par leur absence quasi-totale dans les eaux de marigots et leur variation très peu perceptible entre les deux saisons.

Une eau dont la teneur en  $\text{Ca}^{2+}$  dépasse 200 mg/L, peut présenter en plus de certaines manifestations gustatives, de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières (OMS, 1994). Les eaux de tous les ouvrages hydrauliques analysées dans le secteur d'étude respectent encore la norme de qualité et par conséquent présentent une bonne potabilité en considérant les teneurs de  $\text{Ca}^{2+}$ .

#### **4.1.2.1.2. Magnésium**

Le magnésium constitue un élément majeur dans la dureté de l'eau et sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires (Fall, 2007). Les concentrations des ions magnésium

( $\text{Mg}^{2+}$ ) dans les points d'approvisionnement en eau du milieu d'étude présentent une variation spatiale en dessous de la CMA en dehors du puits de Tchetti Attiba (saisons sèche et pluvieuse) et du marigot de Tchetti Konayé en saison pluvieuse (figure 16).



**Figure 16 : Variation saisonnière des ions  $\text{Mg}^{2+}$  dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

La concentration des ions  $\text{Mg}^{2+}$  présente de fortes corrélations (60 % à 95 %) avec les ions  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  en saison sèche et avec  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  en saison pluvieuse (tableaux IX et X, p. 112-113). Les liaisons sont également fortement établies avec les paramètres physiques tels que le pH (53 % en saison sèche et 64 % en saison pluvieuse), la conductivité (90 % en saison sèche et 85 % en saison pluvieuse) et la température (58 % en saison pluvieuse).

Par contre, la prédominance des ions  $\text{Mg}^{2+}$  par rapport aux ions  $\text{Ca}^{2+}$  à Tchetti Attiba serait liée à la présence dans cette localité de gabbros riches en  $\text{Mg}^{2+}$  et de pyroxénites. L'altération de ces roches libère des minéraux ferromagnésiens (pyroxènes, biotites) qui participent à la minéralisation des eaux souterraines en ions  $\text{Mg}^{2+}$ .

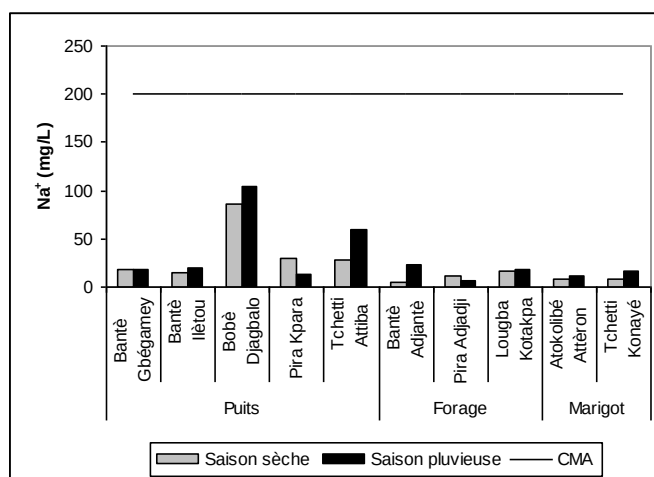
Cette teneur impose à l'eau de Tchetti Attiba un goût désagréable persistant à cause du fort taux de  $\text{Mg}^{2+}$  (+100 mg/L). A partir d'une concentration atteignant 400 à 500 mg/L, les sels de magnésium et surtout les sulfates ont un effet laxatif, qui diminue avec l'accoutumance (OMS, 2000). Le goût dur provoqué par cet ion a été évoqué par la majorité des personnes interrogées dans la localité de Tchetti Attiba.

Dans leur plus grand nombre, les eaux analysées dans l'aire socioculturelle Itcha-Ifè ont encore une concentration en  $Mg^{2+}$  en dessous de la valeur référentielle de l'OMS (50 mg/L) exception faite de l'eau de Tchetti Atiba et du marigot de Tchetti Konayé (saison pluvieuse).

#### 4.1.2.1.3. Sodium

Le sodium ( $Na^+$ ) est un élément important de l'eau. En dehors de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères, des nombreux usages industriels (Fall, 2007).

Dans le milieu d'étude, les concentrations des ions  $Na^+$  varient de 5,7 mg/L à 86 mg/L en saison sèche et de 6,50 mg/L à 104 mg/L pour les différents points d'approvisionnement en eau confondus (figure 17).



**Figure 17 : Variation saisonnière des ions  $Na^+$  dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

La teneur la plus élevée est observée dans le puits de Bobè Djagbalo avec une concentration en  $Na^+$  en saison pluvieuse de 104 mg/L. Les faibles concentrations de  $Na^+$  sont obtenues dans les forages de Bantè Adjantè (5,7 mg/L en saison sèche) et de Pira Adjadji (6,5 mg/L en saison pluvieuse).

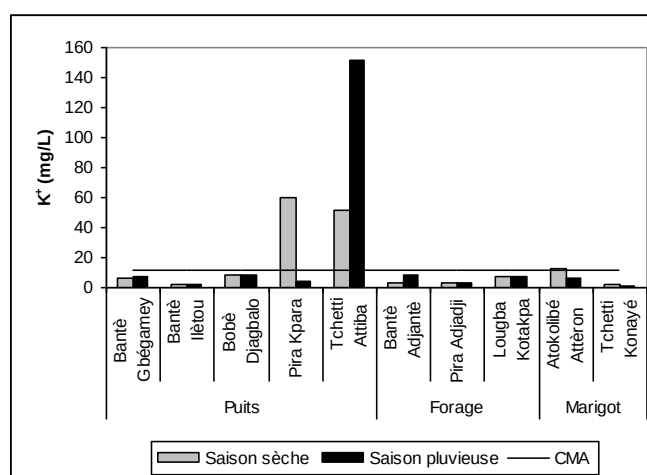
Les ions  $Na^+$  présentent une corrélation de 75 % en saison sèche et de 60 % en saison pluvieuse avec la température. La corrélation (tableaux IX et X, p. 112-113) assez

significative entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Mn}^{2+/4+}$  (-52 %), entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  (0,64) et entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{NO}_3^-$  (60 %) en saison sèche, d'une part, et entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  (62 %), entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  (66 %) et entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{NO}_3^-$  (57 %) en saison pluvieuse, d'autre part, montre dans une certaine mesure l'origine lithologique des sodiums présents dans les eaux du secteur d'étude. Toutefois, leur présence dans les eaux de surface, d'une part, et les plus fortes concentrations observées en saison pluvieuse, d'autre part, montrent que l'apport de ces ions dans les eaux est dû à la décomposition des sels minéraux de surface.

L'OMS recommande une concentration maximale admissible de 200 mg/L pour limiter les risques sanitaires par rapport à une eau concentrée en ion  $\text{Na}^+$ . Sur cette base toutes des eaux des ouvrages hydrauliques du milieu Itcha-Ifè renferment des teneurs de sodium inférieures à la norme admissible.

#### 4.1.2.1.4. Potassium

La valeur limite du potassium ( $\text{K}^+$ ) dans l'eau de consommation est fixée à 12 mg/L. Les ions potassium ( $\text{K}^+$ ) dans les eaux du secteur d'étude ont une concentration variant entre 1,8 mg/L et 60 mg/L avec une moyenne de 15,61 mg/L en saison sèche et entre 1,4 et 152 mg/L avec une moyenne de 20,12 mg/L en saison pluvieuse (figure 18).



**Figure 18 : Variation saisonnière des ions  $\text{K}^+$  dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

Les eaux de forage ont une faible concentration de ces ions (3,2 et 8,4 mg/L à Bantè Adjantè, 3,5 mg/L à Pira Adjadjji et 7,1 et 7,6 mg/L à Loughba Kotakpa) et se situent en dessous de la

CMA en toute saison. A l'opposé, les eaux de puits ont une forte concentration surtout à Pira Kpara (60 mg/L) en saison sèche et à Tchetti Attiba (52 et 152 mg/L) en saison sèche et en saison pluvieuse. Quant à l'eau de marigot analysée à Atokolibé Attéron, elle présente une concentration en  $K^+$  à la limite de la CMA en saison sèche contre 5,8 en saison pluvieuse. L'observation de la figure 20 montre non seulement que le potassium est présent dans toutes les eaux, mais aussi que la variation de concentration à l'échelle saisonnière est très faible, voire nulle dans certains cas à l'exception des puits de Pira Kpara et Tchetti Attiba.

Les liens corrélatifs sont très forts entre les ions  $K^+$ , le pH (0,76) et la conductivité (0,90) en saison sèche qu'en saison pluvieuse. De même les corrélations sont fortes entre les ions  $K^+$  et les anions  $HCO_3^-$ ,  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  et  $NO_3^-$  dans l'ordre de 80 à 95 % en saison sèche et dans le même ordre de grandeur avec uniquement les ions  $SO_4^{2-}$  et  $NO_3^-$  en saison pluvieuse.

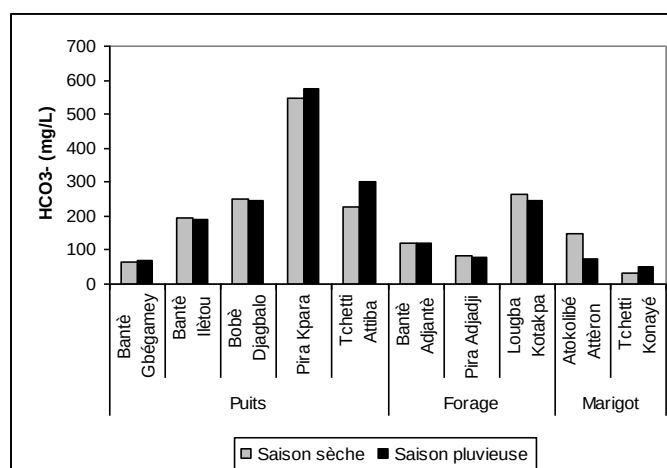
L'ion  $K^+$  est seulement bien corrélé (tableaux IX et X, p. 112-113) avec les cations  $Ca^{2+}$  (0,63),  $Mg^{2+}$  (0,81) en saison sèche et  $Ca^{2+}$  (65 %) en saison pluvieuse. L'ion potassium n'est pas bien corrélé (0,18 et 0,38 en saison sèche et en saison pluvieuse) avec les ions  $Na^+$  qui proviennent de l'hydrolyse des silicates alcalins issus des basaltes. La prédominance des ions  $Na^+$  sur les ions  $K^+$  dans les eaux en milieu Itcha-Ifè indique la faible dissolution du potassium contenu dans les formations géologiques par rapport au sodium.

#### **4.1.2.2. Teneur en anions majeurs dans les eaux**

Les anions majeurs sont constitués des bicarbonates ( $HCO_3^-$ ), des chlorures ( $Cl^-$ ), des sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) et nitrates ( $NO_3^-$ ).

##### **4.1.2.2.1. Bicarbonates**

La concentration en ions bicarbonates ( $HCO_3^-$ ) des puits, forages et marigots varie entre 34,16 mg/L et 546,56 mg/L avec une moyenne de 192,93 mg/L pendant la saison sèche et 52,46 mg/L et 573,40 mg/L en saison pluvieuse (figure 19). Cet élément, pour lequel aucune valeur de référence n'est définie, est présent dans toutes les eaux à des teneurs considérables. Leur présence significative dans les puits et relativement importante dans les forages est une caractéristique des eaux souterraines des régions du socle d'Afrique (Collectif, 1984 ; CEFIGRE, 1984 ; Oga, 2009).



**Figure 19 : Variation saisonnière des ions  $\text{HCO}_3^-$  dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

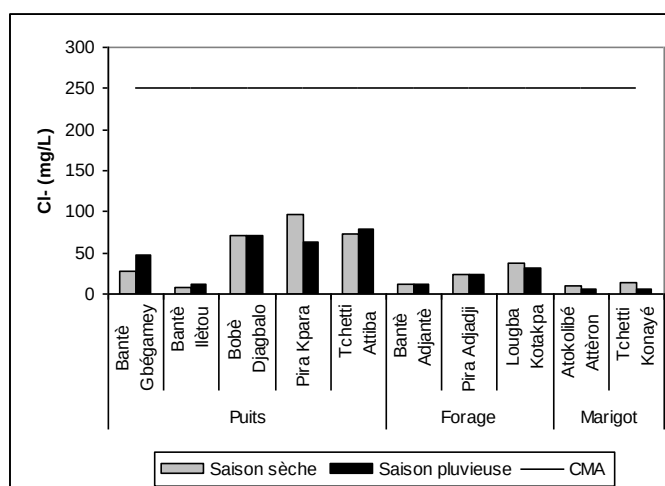
La figure 19 montre que les concentrations les plus fortes sont localisées dans les puits de Pira Kpara (573,40 mg/L), de Tchetti Attiba (301,34 mg/L), de Bobè Djagbalo (248,88 mg/L) en saison sèche et dans le forage de Lougba Kotakpa (263,52 mg/L) en saison sèche. En saison pluvieuse, ces teneurs en  $\text{HCO}_3^-$  ont légèrement variées à l'exception des puits de Pira Kpara et Tchetti Attiba et des marigots d'Atokolibé Attèron et de Tchetti Konayé.

La matrice de corrélation (tableaux IX et X, p. 112-113) montre de forts coefficients avec les paramètres physiques en particulier la conductivité (0,86 et 0,91). Les corrélations sont également bien établies avec les anions  $\text{Cl}^-$  (0,80 et 0,66),  $\text{SO}_4^{2-}$  (0,74 et 0,70) et le cations  $\text{Mg}^{2+}$  (0,95 et 0,97) respectivement en saison sèche et en saison pluvieuse. Les nitrates et les bicarbonates présentent une similarité positive à 64 % en saison sèche et à 34 % en saison pluvieuse.

Les ions bicarbonates interviennent dans la régulation du milieu intérieur et ne sont pas toxiques pour l'homme.

#### 4.1.2.2.2. Chlorures

La figure 20 illustre la variation saisonnière de la concentration des ions chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) dans les eaux de puits, de forages et de marigots en milieu Itcha-Ifè.



**Figure 20 : Variation saisonnière des ions Cl<sup>-</sup> dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

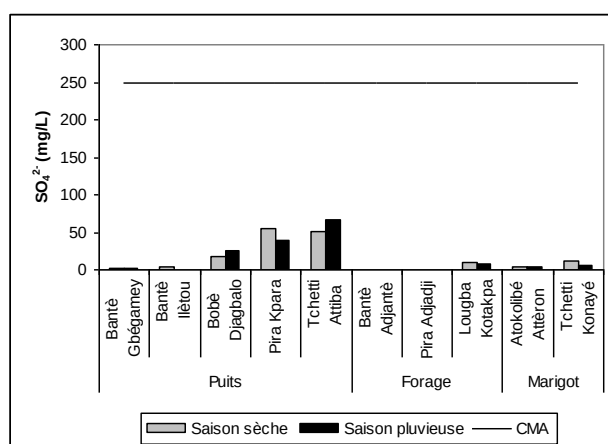
L'analyse de la figure 20 montre que toutes les sources d'eau (puits, forages et marigots) présentent des eaux dont la concentration est en dessous de la CMA (250 mg/L). Cependant de fortes concentrations sont enregistrées dans les eaux des puits de Pira Kpara (96,56 mg/L en saison sèche), Tchetti Attiba (73,84 mg/L en saison pluvieuse) et de Bobè (71 mg/L) et de forage de Lougba (36,92 mg/L) en saison sèche. Les plus faibles teneurs (5,7 mg/L) sont observées dans les eaux de marigots d'Atokolibé Attèron et de Tchetti Konayé en saison pluvieuse mais aussi dans l'eau de puits de Bantè Ilètou (8,52 mg/L) en saison sèche.

L'origine des chlorures est liée à la présence des roches magmatiques et métamorphiques qui forment le contexte géologique du milieu Itcha-Ifè. Mais la forte corrélation entre les ions chlorures Cl<sup>-</sup> et nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> montre aussi une origine organique. En effet, les puits (Tchetti Attiba, Pira Kpara, Bobè et Bantè Gbégamey) contaminés par les nitrates présentent également les fortes teneurs d'ions Cl<sup>-</sup>. La pollution azotée d'origine organique est souvent accompagnée d'une pollution par les ions chlorures.

Au regard de la toxicité des ions Cl<sup>-</sup> et des considérations purement organoleptiques, une teneur maximale de 250 mg/L a été recommandée. Bien que cette CMA ne soit pas encore atteinte dans les eaux analysées, il importe de suivre les ouvrages et contrôler l'évolution de la concentration des ions Cl<sup>-</sup>.

#### 4.1.2.2.3. Sulfates

La figure 21 montre que les eaux de consommation ont une concentration d'ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) variant entre 0,3 et 55 mg/L en saison sèche et entre 0,3 et 66 mg/L en saison pluvieuse.



**Figure 21 : Variation saisonnière des ions  $\text{SO}_4^{2-}$  dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

Les concentrations en  $\text{SO}_4^{2-}$  sont toutes en dessous de la CMA (240 mg/L). Les eaux des puits de Pira Kpara (55 mg/L en saison sèche), de Tchettit Attiba (66 mg/L en saison pluvieuse) et de Bobè (25,7 mg/L en saison pluvieuse) présentent les plus fortes teneurs en ions sulfates. Ces ions sont quasi inexistantes dans les eaux de forages de Bantè Adjantè (0 mg/l) et de Pira Adjadji (0,3 mg/L).

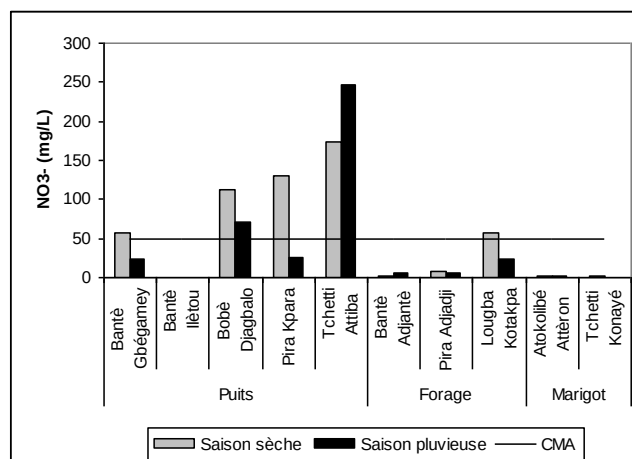
Les ions  $\text{SO}_4^{2-}$  présentent une forte corrélation (0,52 à 0,96) avec presque tous les paramètres physico-chimiques en saison pluvieuse à l'exception de  $\text{O}_2$  (0,25),  $\text{Fe}^{2+/3+}$  (-0,25),  $\text{Mn}^{2+/4+}$  (-0,17),  $\text{NO}_2^-$  (-0,26) et  $\text{NH}_4^+$  (-0,25). En saison sèche, les paramètres les moins corrélés avec  $\text{SO}_4^{2-}$  sont la température (-0,03),  $\text{O}_2$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+/3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+/4+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  (tableaux IX et X, p. 112-113).

Des doses élevées d'ions  $\text{SO}_4^{2-}$  sont sans inconvénients majeurs pour l'organisme humain à l'exception d'effet laxatif temporaire. Cependant, une concentration maximale admissible de 250 mg/L est fixée pour l'eau destinée à la consommation humaine. En se référant à cette valeur limite, tous les ouvrages hydrauliques dont les eaux sont analysées sont conformes à la qualité recommandée.



#### 4.1.2.2.4. Nitrates

La concentration en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) des eaux d'ouvrages hydrauliques analysées en milieu Itcha-Ifè varie de 0,2 mg/L à 173 mg/L en saison sèche contre 2,7 et 247 mg/L en saison pluvieuse. La figure 22 montre les variations spatiales des taux de nitrates en milieu Itcha-Ifè pendant les deux saisons.



**Figure 22 : Variation saisonnière des ions  $\text{NO}_3^-$  dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

Les nitrates sont en général présents dans les eaux souterraines (puits et forages). Ainsi, la concentration la plus élevée de  $\text{NO}_3^-$  est identifiée dans le puits de Tchettit Attiba en saison pluvieuse (247 mg/L) et en saison sèche (173 mg/L). Quant aux puits de Pira Kpara, Bobè Djagbalo, Bantè Gbégamey, leur concentration en ions  $\text{NO}_3^-$ , plus élevée en saison sèche est respectivement de 130 mg/L, 57,2 mg/L et 112 mg/L et pour le forage de Lougba Kotakpa de 57,75 mg/L. La CMA (50 mg/L) est largement dépassée dans les eaux de ces ouvrages. Cette forte concentration est certainement liée à l'infiltration et le transfert de polluants de la surface vers la nappe phréatique située au niveau de la couche altérée des roches granitiques du secteur d'étude. La matrice de corrélation montre une forte liaison entre les ions  $\text{NO}_3^-$  avec les alcalino-terreux, les alcalins, les bicarbonates, les chlorures, les sulfates et une forte régression avec l'ion  $\text{Fe}^{2+/3+}$ . Le pH et la conductivité montrent une forte corrélation (tableaux IX et X, p. 112-113) avec le  $\text{NO}_3^-$  (0,71 et 0,86) en saison sèche. Mais en saison pluvieuse, ce sont la température et la conductivité qui influent sur la concentration des ions  $\text{NO}_3^-$  suivant des coefficients de corrélation respectifs de 0,67 et 0,76.

Les analyses géochimiques et pétrographiques réalisées par Pougnet (1957), Kriatov *et al* (1980) cité par Kakpo (2008), ont révélé que les roches mères sont dépourvues de nitrates. De

ce point de vue, les ions  $\text{NO}_3^-$  présents dans les eaux ont une origine exclusivement organique. Ils peuvent provenir de la minéralisation des débris végétaux et animaux, des rejets domestiques organiques et agricoles (Ross, 1999) qui apportent de grandes quantités d'azote organique dégradé puis oxydé en  $\text{NO}_3^-$  par les bactéries du sol. Aussi, ces nitrates peuvent-ils être issus de l'utilisation d'engrais et de pesticides chimiques pour les cultures de niébé, le sodja, le maïs, produits dans le milieu (Kakpo, 2008).

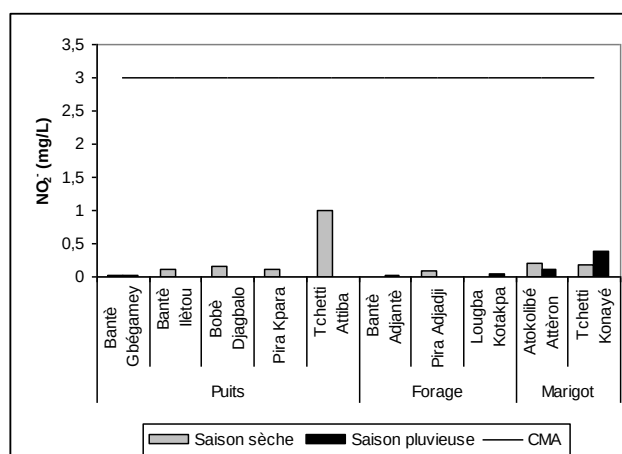
Les eaux des puits de Tchetti Attiba, Pira Kpara, Bobè Djagbalo, Bantè Gbégamey et du forage de Loughba contenant les teneurs excessives en nitrates sont soumises à une pollution avancée.

#### 4.1.2.3. Teneurs en éléments mineurs

Les éléments mineurs sont appréciés par rapport à la faible concentration de leurs teneurs dans les eaux. Mais ils ont une importance capitale dans l'équilibre de l'eau (potable). Il s'agit pour le cas d'espèce, des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), du fer ( $\text{Fe}^{2+/3+}$ ), des ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), du fluor ( $\text{F}^-$ ), du manganèse ( $\text{Mn}^{2+/4+}$ ), et de l'orthophosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

##### 4.1.2.3.1. Nitrites

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) se forment à partir d'une réduction des nitrates ou à partir d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque (SIAEPF, 2010). En milieu Itcha-Ifè, les nitrites sont présents dans les eaux à des concentrations en dessous de la CMA (3 mg/L) comme l'illustre la figure 23 ci-dessous.



**Figure 23 : Variation saisonnière des ions  $\text{NO}_2^-$  dans les eaux consommées**

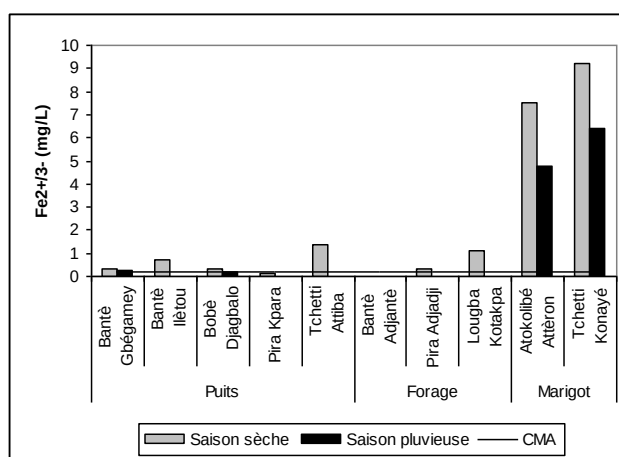
Source des données : SONEB, 2007

Le puits de Tchetti Attiba est l'ouvrage le plus pollué par les nitrites avec une concentration de 0,99 mg/L. Les marigots présentent des concentrations variant entre 0,11 et 0,38 mg/L.

La présence relative des nitrites dans la plupart des eaux est la conséquence directe de la dose des nitrates dans celles-ci, évoqués plus haut, due à l'effet conjugué de l'utilisation intensive d'intrants agricoles tels que les engrais et les pesticides dans le secteur d'étude et des déchets solides ménagers jetés dans l'environnement des sources d'eau. Ces produits après leur utilisation libèrent des nitrates qui au contact du sol s'infiltrant dans celui-ci avec des réactions de décomposition en nitrites. Ces nitrites, bénéficiant des conditions hydrogéologiques favorables, évoluent pour atteindre les nappes d'eau souterraine (Kakpo, 2008) qu'ilsaturent. La présence du nitrite dans l'eau est très dangereuse et peut causer chez les nourrissons la méthémoglobinémie ou cyanose rendant faible les capacités d'oxygénation des tissus de l'individu atteint.

#### 4.1.2.3.2. Fer

La concentration du fer ( $\text{Fe}^{2+/3+}$ ) varie entre 0,1 et 9,2 mg/L en saison sèche et 0,2 et 6,42 mg/L en saison pluvieuse surtout dans les eaux de marigots comme l'illustre la figure 24.



**Figure 24 : Variation saisonnière des ions  $\text{Fe}^{2+/3+}$  dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

La quasi-totalité des sources présente des eaux d'une concentration en ion  $\text{Fe}^{2+/3+}$  supérieure à la CMA (0,2 mg/L). Les marigots de Tchetti Konayé (9,2 mg/L et 4,76 mg/L) et d'Atokolibé Attèron accumulent les plus fortes concentrations (7,5 mg/L et 6,42 mg/L) aussi bien en saison sèche qu'en saison pluvieuse. De faibles teneurs sont présentes dans les eaux de puits de Tchetti Attiba (1,4 mg/L), Bantè Ilètou (0,7 mg/L), du forage de Lougba Kotakpa

(1,1 mg/L). Le forage de Bantè Adjantè a une concentration nulle en ion  $\text{Fe}^{2+/3+}$  tout comme la plupart des autres points d'approvisionnement en eau en saison pluvieuse.

La charge des particules boueuses dans l'eau du marigot d'Atokolibé Attèron, comme le montre la photo 14, illustre vraisemblablement sa teneur en fer.



**Photo 14 : Approvisionnement en eau au marigot de Tchetti konayé (a) et au marigot de Atokolibé Attèron (b)**

*Cliché Gomez., avril 2007*

Les photos 14a et 14b présentent un aspect coloré des eaux de marigots. L'eau de la photo (14a) déposée dans la bassine est de couleur blanchâtre et est mélangée à la boue. Les branchages observés sont disposés pour éviter aux bêtes d'entraîner le sable sur lequel est disposée la bassine dans le trou d'eau. L'eau dans la bassine est mélangée avec de la boue puisqu'elle est prélevée au fur et à mesure qu'elle suinte en raclant le fond du marigot. Pour ce qui est de la photo (14b), l'eau présente une couleur verdâtre même recueillie dans un récipient. A l'intérieur de ces retenues d'eau s'observent des feuilles d'arbres, des branches de bois morts, des racines.

La valeur mesurée de la couleur à 436 nm (CAS) des eaux de marigot est de  $42,5 \text{ m}^{-1}$  pour une turbidité de 11,3 NTU à Tchetti Konayé et de  $12,3 \text{ m}^{-1}$  pour une turbidité de 73, 4 NTU à Atokolibé Attèron. Ces deux paramètres témoignent de la présence de minéraux comme le Fer et des matières en suspension provenant de la décomposition des débris végétaux.

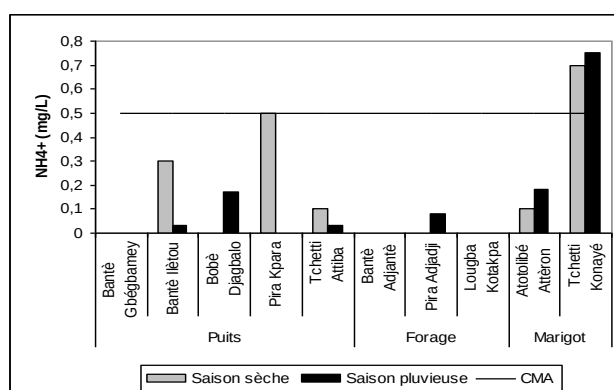
La présence du fer dans les puits peut être liée à l'altération des minéraux ferromagnésiens abondants dans les gabbros et pyroxénites formant les roches cristallines du secteur d'étude. La corrélation avec les autres ions montre une liaison négative faible à l'exception de  $\text{Mn}^{2+/4+}$  (0,76),  $\text{NO}_2^-$  (0,02),  $\text{NH}_4^+$  (0,26) et  $\text{PO}_4^{3-}$  (0,18) en saison sèche. Pendant la saison pluvieuse, les

corrélations sont également négatives hormis celles avec  $O_2$  (75 %),  $Mn^{2+/4+}$  (87 %),  $NO_2^-$  (91 %) et surtout les ions ammonium  $NH_4^+$  (99 %), qui ont une forte corrélation (tableaux IX et X, p. 112-113).

Le fer n'est pas toxique pour l'homme. Cependant, l'excès de fer dans l'eau de boisson rend le goût désagréable et produit des désagréments ménagers (risques de taches sur les appareils et les ustensiles), ce qui fait dire aux populations que ces eaux ne sont pas de bonne qualité.

#### 4.1.2.3.3. Ions ammonium

Les ions ammonium ( $NH_4^+$ ) constituent le premier élément dans la minéralisation de la matière organique en nitrates ( $NO_3^-$ ). La figure 25 montre la variation des teneurs en ions ammonium dans les eaux. Les concentrations oscillent entre 0,1 et 0,7 mg/L en saison sèche et entre 0,03 et 0,75 mg/L en saison pluvieuse.



**Figure 25 : Variation saisonnière des ions  $NH_4^+$  dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

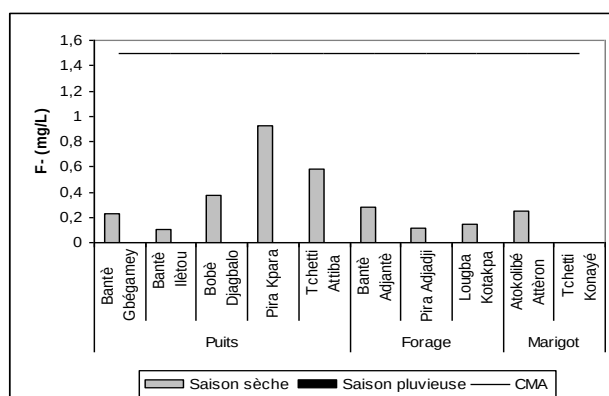
Les ions  $NH_4^+$  sont en concentration élevée dans les eaux de marigot de Tchetti Konayé (0,75 mg/L), de puits de Pira Kpara (0,5 mg/L) et de Bantè Ilètou (0,3 mg/L). Ces ions sont absents dans les eaux de tous les forages et dans certains puits regroupant 50 % des sources hydrauliques étudiées. La CMA (0,5 mg/L) est dépassée dans l'eau de marigot de Tchetti Konayé et est à sa limite dans celle du puits de Pira Kpara.

Les ions  $NH_4^+$  comme les nitrates ne sont pas par eux mêmes toxiques mais peuvent se transformer par oxydation en ions  $NO_2^-$  responsables d'une maladie grave (la méthémoglobinémie) chez les enfants (Hirondel, 1993). A cet effet, l'OMS a recommandé une concentration maximale admissible de 1,5 mg/L d'ions  $NH_4^+$  pour l'eau de boisson. La norme de qualité fixée à une limite de 0,5 mg/L est dépassée dans les eaux du marigot de

Tchetti Konayé et du puits de Pira Kpara en toute saison. Un suivi particulier doit être fait des eaux de Bantè Ilètou dont la teneur en ions  $\text{NH}_4^+$  est proche de la CMA.

#### 4.1.2.3.4. Fluor

L'identification du fluor ( $\text{F}^-$ ) a été faite uniquement en saison sèche pour des raisons d'ordre technique au niveau du laboratoire d'analyse de l'eau de la SONEB. Les mesures de la saison sèche sont significatives pour apprécier la teneur du fluor dans les eaux du secteur d'étude (figure 26).



**Figure 26 : Variation des ions  $\text{F}^-$  en saison sèche dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

Les concentrations des ions fluor mesurées dans les eaux varient entre 0,1 mg/L et 0,92 mg/L avec une moyenne de 0,33 mg/L. Les concentrations maximales de ces ions sont observées dans les eaux de puits de Pira Kpara (0,92 mg/L) et de Tchettì Attiba (0,56 mg/L). Toutes les eaux analysées présentent des teneurs en ions  $\text{F}^-$  en dessous de la CMA (1,5 mg/L), norme recommandée par l'OMS pour une eau de consommation humaine.

La matrice de corrélation (tableaux IX et X, p. 112-113) donne des coefficients très significatifs entre les ions  $\text{F}^-$  et les autres ions majeurs et mineurs sauf pour les ions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+/3+}$ . L'origine du fluor est lithologique dans la mesure où les ions fluor proviennent des minéraux fluorés présents dans les roches magmatiques et dans les filons du substratum en place en milieu Itcha-Ifè.

Le fluor est un élément principal de la prévention des caries dentaires. Cependant une consommation régulière d'eau dont la concentration en ion  $\text{F}^-$  est supérieure à 2 mg/L peut entraîner des problèmes de fluorose dentaire et même de perte de dents (Ginglinger, 1996).

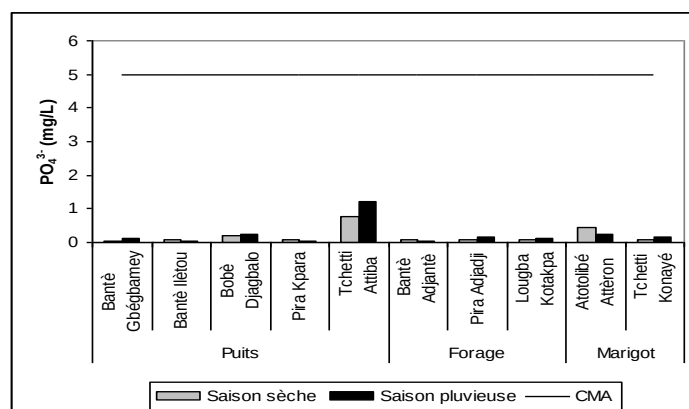
Des concentrations plus élevées peuvent être à l'origine de la fluorose osseuse, beaucoup plus grave, qui se manifeste par la déformation des os surtout chez les enfants.

#### 4.1.2.3.5. Manganèse

Le manganèse ( $Mn^{2+/4+}$ ) total est présent dans les eaux dans les périodes des deux prélèvements à des concentrations plus fortes que la valeur maximale admissible (0,05 mg/L). Les teneurs moyennes minimales et maximales sont respectivement de 0,22 et 0,55 mg/L en saison sèche et de 0,12 et 0,75 mg/L en saison pluvieuse. La plus forte concentration est obtenue dans l'eau de surface de Tchetti Konayé en saison pluvieuse et la plus faible dans celle du puits de Bobè Djagbalo.

#### 4.1.2.3.6. Orthophosphate

La figure 27 montre que les concentrations en orthophosphate ( $PO_4^{3-}$ ) sont largement en dessous de la CMA.



**Figure 27 : Variation saisonnière des ions  $PO_4^{3-}$  dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : SONEB, 2007

L'analyse de la figure 27 montre qu'aucune concentration des eaux du secteur d'étude n'a atteint la CMA qui est fixée à 5mg/L. L'eau de puits de Tchetti Attiba est plus riche en  $PO_4^{3-}$  avec les teneurs de 0,77 mg/L et 1,2 mg/L respectivement en saison sèche et en saison pluvieuse. Les concentrations dans les marigots sont aussi plus ou moins significatives par rapport aux forages qui présentent les plus faibles concentrations. Ce sont donc les ouvrages ouverts, non protégés qui sont à risque pour cette pollution. Sur ce plan, la consommation de ces eaux ne rentre pas dans les éléments de détérioration de la qualité de l'eau et n'agirait pas sur la santé des populations.

### 4.1.3. Autres indicateurs de la qualité des eaux

Les tableaux VII et VIII donnent les valeurs obtenues suite à l'analyse des paramètres tels que la couleur, la turbidité, l'alcalinité complète, la dureté totale, l'extrait sec et les carbonates.

**Tableau VII : Autres indicateurs de la qualité de l'eau en saison sèche**

|                   | Couleur à 436 nm | Turbidité | Alcalinité complète | Dureté totale | Extrait sec |
|-------------------|------------------|-----------|---------------------|---------------|-------------|
| <i>Formule</i>    | -                | -         | TAC                 | TH            | -           |
| <i>Unité</i>      | m <sup>-1</sup>  | NTU       | °F                  | °F            | mg/L        |
| <b>NG</b>         | -                | 0,4       | 4                   | 4             | 500         |
| <b>CMA</b>        | -                | 5         | -                   | 35            | 1500        |
| Bantè Gbégamey    | 0,2              | 3,06      | 5,5                 | 8,9           | 290         |
| Bantè Ilètou      | 3,1              | 30,2      | 15,8                | 11,75         | 298         |
| Bobè Djagbalo     | 0,4              | 7,2       | 20,4                | 19,58         | 630         |
| Pira Kpara        | Nd               | 1,05      | 44,8                | 56,25         | 1164        |
| Tchetti Attiba    | 0,6              | 11,3      | 18,6                | 29,55         | 914         |
| Bantè Adjantè     | Nd               | 0,58      | 10                  | 9,07          | 198         |
| Pira Adjadji      | Nd               | 2,08      | 6,8                 | 8,54          | 238         |
| Lougba Kotakpa    | Nd               | 2,85      | 21,6                | 27,05         | 572         |
| Atokolibé Attèron | 12,3             | 73,4      | 12                  | 6,76          | 226         |
| Tchetti Konayé    | 42,5             | 249       | 2,8                 | 1,96          | 70          |

Source : Résultats de traitements de données, avril 2007

**Tableau VIII : Autres indicateurs de la qualité de l'eau en saison pluvieuse**

|                   | Couleur à 436 nm | Turbidité | Alcalinité complète | Dureté totale | Extrait sec |
|-------------------|------------------|-----------|---------------------|---------------|-------------|
| <i>Formule</i>    | -                | -         | TAC                 | TH            | -           |
| <i>Unité</i>      | m <sup>-1</sup>  | NTU       | °F                  | °F            | mg/L        |
| <b>NG</b>         | -                | 0,4       | 4                   | 4             | 500         |
| <b>CMA</b>        | -                | 5         | -                   | 35            | 1500        |
| Bantè Gbégamey    | 0,1              | 21,6      | 5,8                 | 10,32         | 270         |
| Bantè Ilètou      | Nd               | 6,44      | 15,6                | 13,17         | 298         |
| Bobè Djagbalo     | 0,8              | 22,2      | 20,2                | 19,58         | 690         |
| Pira Kpara        | 0,2              | 0,429     | 47                  | 53,4          | 1180        |
| Tchetti Attiba    | 0,6              | 4,93      | 24,7                | 36,13         | 1100        |
| Bantè Adjantè     | 0,1              | 0,27      | 9,8                 | 10,32         | 200         |
| Pira Adjadji      | 0,2              | 3,46      | 6,4                 | 8,72          | 238         |
| Lougba Kotakpa    | Nd               | 0,269     | 20                  | 24,03         | 570         |
| Atokolibé Attèron | 5,6              | 24,2      | 6,1                 | 4,98          | 180         |
| Tchetti Konayé    | 8,6              | 226       | 4,3                 | 1,25          | 75          |

Source : Résultats de traitements de données, octobre 2007



**NB :** NTU (Nephelometric Turbidity Unit) est l'unité standard de mesure de la turbidité. 1 NTU = 1 FNU (Formazin Nephelometric Unit)

- NTU < 5 : eau claire
- 5 < NTU < 30 : eau légèrement trouble
- NTU > 50 : eau trouble

Les tableaux VII et VIII présentent des paramètres aussi représentatifs pour apprécier le niveau de potabilité des eaux. Dans la plupart des cas, les valeurs mesurées de la turbidité, de la dureté totale et des extraits secs dépassent leurs CMA. La turbidité des eaux, leur alcalinité et leur dureté sont plus significatives en saison sèche qu'en saison de pluie, ce qui serait dû à la dilution par percolation (dilution par un volume plus important de l'eau en saison de pluie). Il importe aussi de nuancer le comportement des types de points d'eau. En effet, quelque soit la saison, les eaux des forages présentent les plus faibles valeurs car subissant très faiblement l'influence des facteurs de trouble des eaux et d'infiltration.

#### **4.1.4. Corrélation entre les éléments physico-chimiques et faciès chimiques des eaux**

L'étude de la corrélation entre les éléments physico-chimiques dégagés de l'analyse des eaux permet de déterminer les différents faciès hydrochimiques.

##### **4.1.4.1. Corrélation entre les paramètres physico-chimiques**

Les éléments chimiques pris dans cette étude comme critères de qualité sont les ions majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) et les ions mineurs ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Fe}^{2+/3+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mn}^{2+/4+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) dont les matrices de corrélation en saison sèche et en saison pluvieuse sont présentées par les tableaux IX et X.

Le coefficient de corrélation est compris entre -1 et +1. Les valeurs intermédiaires renseignent sur le degré de dépendance linéaire entre les deux variables. Plus le coefficient est proche des valeurs extrêmes (-1 et +1), plus la corrélation entre les variables est forte. L'expression "fortement corrélée" est employée pour qualifier les deux variables. Si les deux variables sont totalement indépendantes, alors leur corrélation est voisine de 0.

**Tableau IX : Corrélation des éléments physico-chimiques des eaux consommées en saison sèche**

| <i>Paramètres physico-chimiques</i> | T°C         | pH           | Cond.        | O <sub>2</sub> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Fe <sup>2+/3+</sup> | Mn <sup>2+/4+</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | F <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|-------------------------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| T°C                                 | 1           |              |              |                |                  |                  |                 |                |                     |                     |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Ph                                  | 0,09        | 1            |              |                |                  |                  |                 |                |                     |                     |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Cond                                | 0,15        | <b>0,73</b>  | 1            |                |                  |                  |                 |                |                     |                     |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| O <sub>2</sub>                      | 0,11        | 0,35         | 0,42         | 1              |                  |                  |                 |                |                     |                     |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Ca <sup>2+</sup>                    | 0,05        | <b>0,70</b>  | <b>0,74</b>  | <b>0,66</b>    | 1                |                  |                 |                |                     |                     |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Mg <sup>2+</sup>                    | 0,02        | <b>0,53</b>  | <b>0,90</b>  | 0,13           | 0,47             | 1                |                 |                |                     |                     |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Na <sup>+</sup>                     | <b>0,75</b> | 0,31         | 0,49         | 0,42           | 0,42             | 0,25             | 1               |                |                     |                     |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| K <sup>+</sup>                      | -0,11       | <b>0,76</b>  | <b>0,90</b>  | 0,35           | <b>0,63</b>      | <b>0,81</b>      | 0,18            | 1              |                     |                     |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Fe <sup>2+/3+</sup>                 | -0,37       | -0,28        | <b>-0,50</b> | -0,13          | <b>-0,54</b>     | -0,43            | -0,40           | -0,25          | 1                   |                     |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Mn <sup>2+/4+</sup>                 | -0,19       | -0,30        | <b>-0,63</b> | -0,49          | <b>-0,58</b>     | -0,47            | <b>-0,52</b>    | -0,46          | <b>0,76</b>         | 1                   |                               |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>       | 0,13        | <b>0,65</b>  | <b>0,91</b>  | 0,11           | <b>0,55</b>      | <b>0,95</b>      | 0,38            | <b>0,76</b>    | -0,44               | -0,39               | 1                             |                |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| F <sup>-</sup>                      | 0,05        | <b>0,67</b>  | <b>0,91</b>  | 0,33           | 0,45             | <b>0,86</b>      | 0,30            | <b>0,93</b>    | -0,15               | -0,47               | <b>0,82</b>                   | 1              |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Cl <sup>-</sup>                     | 0,25        | <b>0,62</b>  | <b>0,96</b>  | 0,52           | <b>0,70</b>      | <b>0,82</b>      | <b>0,64</b>     | <b>0,83</b>    | -0,49               | <b>-0,74</b>        | <b>0,80</b>                   | <b>0,86</b>    | 1               |                               |                              |                              |                              |                               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>       | -0,03       | <b>0,65</b>  | <b>0,91</b>  | 0,44           | <b>0,66</b>      | <b>0,79</b>      | 0,27            | <b>0,96</b>    | -0,22               | -0,44               | <b>0,74</b>                   | <b>0,93</b>    | <b>0,87</b>     | 1                             |                              |                              |                              |                               |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>        | 0,23        | <b>0,71</b>  | <b>0,89</b>  | <b>0,73</b>    | <b>0,84</b>      | <b>0,64</b>      | <b>0,60</b>     | <b>0,81</b>    | -0,48               | <b>-0,73</b>        | <b>0,64</b>                   | <b>0,77</b>    | <b>0,93</b>     | <b>0,85</b>                   | 1                            |                              |                              |                               |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>        | -0,28       | <b>0,54</b>  | 0,38         | <b>0,60</b>    | <b>0,78</b>      | 0,05             | 0,05            | <b>0,57</b>    | 0,02                | -0,18               | 0,08                          | 0,33           | 0,37            | <b>0,60</b>                   | <b>0,62</b>                  | 1                            |                              |                               |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>        | 0,16        | <b>-0,77</b> | -0,09        | -0,15          | <b>-0,51</b>     | 0,19             | -0,19           | -0,18          | 0,26                | 0,18                | 0,01                          | 0,53           | 0,00            | -0,01                         | -0,24                        | <b>-0,52</b>                 | 1                            |                               |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>       | -0,19       | <b>0,66</b>  | 0,29         | 0,45           | <b>0,56</b>      | -0,05            | 0,11            | <b>0,50</b>    | 0,18                | -0,07               | 0,04                          | 0,28           | 0,28            | 0,46                          | <b>0,51</b>                  | <b>0,91</b>                  | <b>-0,77</b>                 | 1                             |

Source : Résultats de traitements de données, avril 2007

**Tableau X : Corrélation des éléments physico-chimiques des eaux consommées en saison pluvieuse**

| <i>Paramètres physico-chimiques</i> | T°C         | pH          | Cond.       | O <sub>2</sub> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Fe <sup>2+/3+</sup> | Mn <sup>2+/4+</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| T°C                                 | 1           |             |             |                |                  |                  |                 |                |                     |                     |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| pH                                  | 0,31        | 1           |             |                |                  |                  |                 |                |                     |                     |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Cond                                | <b>0,80</b> | <b>0,70</b> | 1           |                |                  |                  |                 |                |                     |                     |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| O <sub>2</sub>                      | 0,13        | -0,19       | -0,02       | 1              |                  |                  |                 |                |                     |                     |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Ca <sup>2+</sup>                    | 0,47        | 0,43        | <b>0,65</b> | -0,17          | 1                |                  |                 |                |                     |                     |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Mg <sup>2+</sup>                    | <b>0,58</b> | <b>0,64</b> | <b>0,85</b> | -0,17          | 0,27             | 1                |                 |                |                     |                     |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Na <sup>+</sup>                     | <b>0,60</b> | 0,29        | 0,46        | 0,01           | <b>0,62</b>      | 0,06             | 1               |                |                     |                     |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| K <sup>+</sup>                      | <b>0,54</b> | 0,36        | <b>0,65</b> | 0,38           | <b>0,65</b>      | 0,26             | 0,38            | 1              |                     |                     |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Fe <sup>2+/3+</sup>                 | -0,40       | -0,24       | -0,47       | <b>0,75</b>    | <b>-0,62</b>     | -0,39            | -0,24           | -0,20          | 1                   |                     |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Mn <sup>2+/4+</sup>                 | -0,07       | -0,44       | -0,37       | <b>0,82</b>    | <b>-0,50</b>     | -0,37            | -0,02           | -0,17          | <b>0,87</b>         | 1                   |                               |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>       | <b>0,60</b> | <b>0,67</b> | <b>0,86</b> | -0,23          | 0,41             | <b>0,97</b>      | 0,22            | 0,23           | -0,44               | -0,38               | 1                             |                 |                               |                              |                              |                              |                               |
| Cl <sup>-</sup>                     | <b>0,83</b> | <b>0,61</b> | <b>0,89</b> | -0,12          | <b>0,69</b>      | <b>0,63</b>      | <b>0,66</b>     | <b>0,57</b>    | <b>-0,53</b>        | -0,37               | <b>0,66</b>                   | 1               |                               |                              |                              |                              |                               |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>       | <b>0,79</b> | <b>0,62</b> | <b>0,95</b> | 0,25           | <b>0,62</b>      | <b>0,69</b>      | <b>0,52</b>     | <b>0,81</b>    | -0,25               | -0,17               | <b>0,70</b>                   | <b>0,83</b>     | 1                             |                              |                              |                              |                               |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>        | <b>0,67</b> | 0,44        | <b>0,76</b> | 0,30           | <b>0,75</b>      | 0,32             | <b>0,57</b>     | <b>0,97</b>    | -0,28               | -0,19               | 0,34                          | <b>0,73</b>     | <b>0,88</b>                   | 1                            |                              |                              |                               |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>        | -0,26       | -0,44       | -0,45       | <b>0,82</b>    | <b>-0,55</b>     | -0,37            | -0,24           | -0,20          | <b>0,91</b>         | <b>0,95</b>         | -0,41                         | <b>-0,50</b>    | -0,26                         | -0,27                        | 1                            |                              |                               |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>        | -0,48       | -0,16       | -0,46       | <b>0,68</b>    | <b>-0,61</b>     | -0,38            | -0,27           | -0,19          | <b>0,99</b>         | <b>0,78</b>         | -0,43                         | <b>-0,55</b>    | -0,25                         | -0,28                        | <b>0,83</b>                  | 1                            |                               |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>       | <b>0,50</b> | 0,36        | <b>0,60</b> | 0,46           | <b>0,61</b>      | 0,17             | 0,44            | <b>0,97</b>    | -0,06               | -0,05               | 0,15                          | <b>0,55</b>     | <b>0,80</b>                   | <b>0,96</b>                  | -0,12                        | -0,04                        | 1                             |

Source : Résultats de traitements de données, octobre 2007

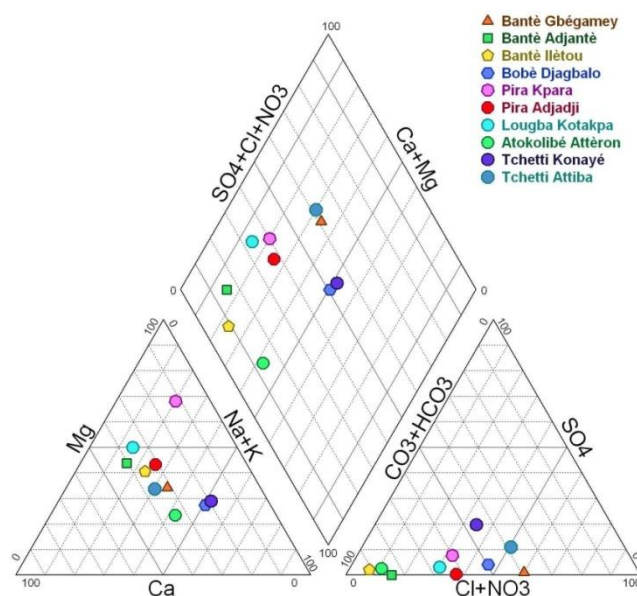
Les tableaux IX et X font dégager le comportement des ions entre eux en fonction de leur teneur dans les eaux. Il y ressort que la température est fortement corrélée avec l'ion  $\text{Na}^+$  (0,75) en saison sèche, la conductivité (0,80), le  $\text{Cl}^-$  (0,83) et le  $\text{SO}_4^{2-}$  (0,79) en saison pluvieuse. De même, la corrélation est bien établie entre la conductivité et les ions  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{Cl}^-$  (0,96) avec un coefficient de corrélation élevé ( $\approx 0,90$ ) en saison sèche. Pendant la saison pluvieuse, la conductivité est fortement corrélée avec les ions  $\text{Mg}^{2+}$  (0,85),  $\text{HCO}_3^-$  (0,86),  $\text{Cl}^-$  (0,89) et  $\text{SO}_4^{2-}$  (0,95).

Les éléments majeurs sont pour la plupart fortement corrélés entre eux et avec les éléments mineurs qui le sont moins entre eux. La combinaison entre les ions majeurs et les ions mineurs permet de mettre en évidence les faciès chimiques des eaux.

#### 4.1.4.2. Faciès chimiques des eaux

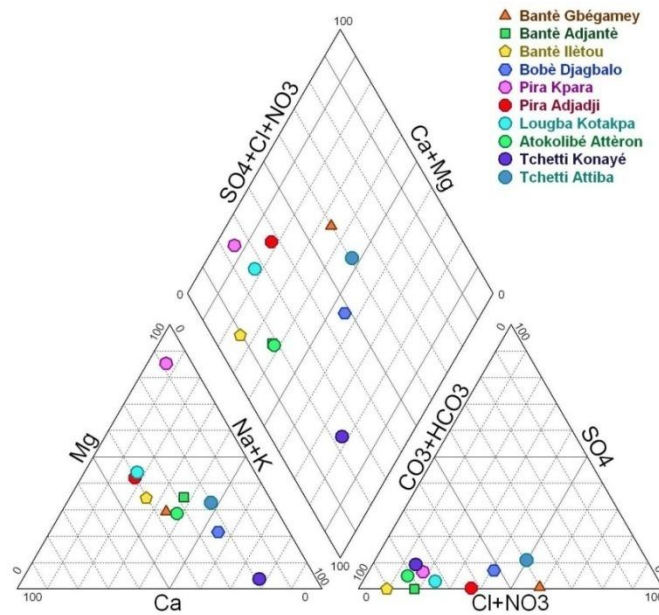
La distribution spatiale du faciès hydrogéochimique est conditionnée par la lithologie des limites et du substratum, par les variations de la perméabilité, la proximité des zones d'exploitation, la profondeur de l'eau et les actions anthropiques (Griffioen et Appelo, 1993a).

Les concentrations des ions majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) représentées sur le diagramme de Piper a permis de déterminer les faciès chimiques des eaux consommées en milieu Itcha-Ifè (figures 28 et 29).



**Figure 28 : Faciès chimiques des eaux consommées en saison sèche dans le secteur d'étude**

Source : Résultats d'enquêtes de terrain, avril 2007



**Figure 29 : Faciès chimiques des eaux consommées en saison pluvieuse dans le secteur d'étude**

Source : Résultats d'enquêtes de terrain, octobre 2007

L'observation des figures 28 et 29 permet d'identifier quatre groupes de qualité d'eau. La classification des eaux suivant les différents faciès et les saisons montre que :

- en saison sèche (figure 28),
  - les eaux de marigot d'Atokolibé, de forage de Bantè Adjanté, de Pira Adjadji, de Lougba Kotakpa et de puits de Pira Kpara sont de type bicarbonaté calcique et magnésien ;
  - les eaux de puits consommées à Tchetti Attiba et à Bantè Gbégamey correspondent au type chloruré et sulfaté calcique et magnésien ;
  - les eaux des localités de Tchetti Konayé (marigot) et de Bobè Djagbalo (puits) sont de type chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique ;
  - le faciès bicarbonaté calcique est caractéristique de l'eau de puits de Bantè Ilétou.
- en saison pluvieuse (figure 29),
  - le faciès bicarbonaté calcique et magnésien est caractéristique des eaux des mêmes ouvrages qu'en saison sèche à l'exception du puits de Pira Kpara qui avec, le puits de Bantè Ilétou ont une eau de type bicarbonaté calcique ;

- les puits de Tchetti Attiba et de Bantè Gbégamey ont une eau chlorurée et sulfatée calcique et magnésienne ;
- les eaux de marigot de Tchetti Konayé et de puits de Bobè Djagbalo ont changé de faciès par rapport à la saison sèche et sont de type carbonaté sodique et potassique.

Ce faciès dominant, bicarbonaté calcique et magnésien (environ 50 % des ouvrages hydrauliques en saison sèche et 40 % en saison pluvieuse) est lié à la nature silicatée des formations géologiques (roches cristallines) et à la recharge par les eaux de pluie qui entraîne l'infiltration après lessivage des éléments chimiques vers les profondeurs surtout des puits.

Les faciès chlorurés sont certainement influencés par les nitrates. La minéralisation des eaux de puits est liée aux actions anthropiques surtout aux alentours du puits de Bantè Gbégamey où les hydrocarbures utilisées dans un atelier de soudure sont déversées depuis plusieurs années (photo 9).

Les eaux bicarbonatées calciques se chargent en nitrates qui proviennent de la minéralisation de la matière organique très produite dans les localités étudiées. L'état de salubrité au niveau des points d'eau (photo 15) illustre dans une certaine mesure les comportements peu hygiéniques pouvant favoriser la minéralisation des matières organiques dans les localités investiguées.



**Photo 15 : Déversement de rejets d'hydrocarbure aux abords du puits de Bantè Gbégamey**

*Cliché : Gomez, avril 2007*

La partie encerclée au coin supérieur gauche sur la photo 15 est destinée au dépôt des rejets en hydrocarbures générés par un atelier de soudure. La couleur blanchâtre sur le mur de ce coin est le reflet de la manière dont ces déchets sont déversés, dégageant une poussière qui pourrait atteindre le puits (Bantè Gbégamey) sis à environ cinq mètres de ce dépôt. A la vue du sol autour de ce puits, il s'observe clairement, par endroit, un mélange influencé par la couleur blanchâtre de l'hydrocarbure.

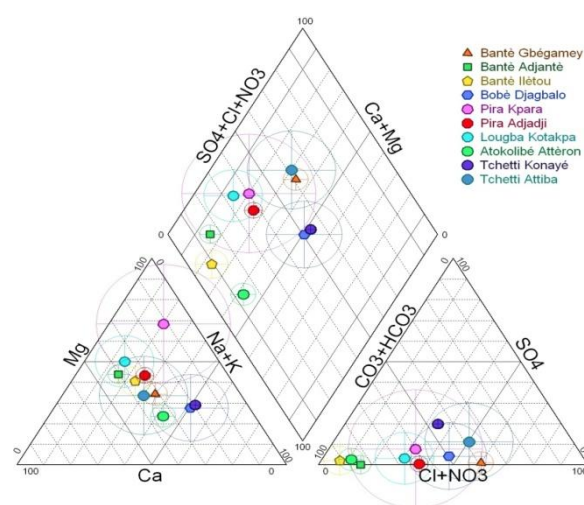
En saison des pluies, les cristaux de cette matière se dispersent et se malaxent dans la boue chargée de débris qui tapissent le pourtour de ce puits. Les eaux d'infiltration à ce niveau seraient chargées de matières chimiques dérivées.

Par ailleurs, les triangles inférieurs du côté gauche des diagrammes de Piper (figures 28 et 29) montrent, à travers le regroupement des ions, qu'il n'y a pas de cations dominants à l'exception des eaux de marigot de Tchetti Konayé et de puits de Bobè Djabalo qui sont faiblement de type sodique ou potassique. Dans le triangle des anions, les eaux sont surtout de faciès bicarbonaté à l'exception de l'eau du puits de Bantè Gbégamey de type chloré tant en saison sèche qu'en saison pluvieuse.

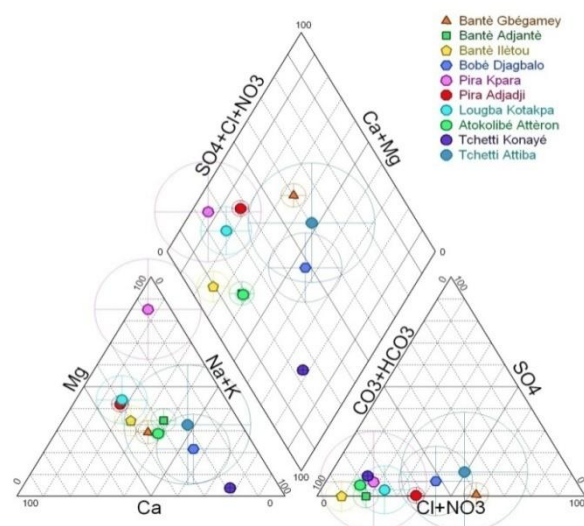
L'analyse des figures 28 et 29 donne des résultats qui se catégorisent par type d'ouvrage. Les faciès chimiques des eaux de puits de Bantè Gbégamey et de Tchetti Attiba sont de faciès chloruré, sulfaté calcique et magnésien au cours de l'année. Les faciès de l'eau de tous les forages et du marigot de Atokolibé sont bicarbonatés calciques et magnésiens en saison sèche comme en saison pluvieuse. Cette observation montre que la charge minérale varie peu en fonction de la variation saisonnière des eaux d'infiltration. Le faciès carbonaté sodique et potassique est caractéristique des eaux des puits de Bantè Ilètou et de Pira Kpara. Mais, ces derniers changent de faciès entre la saison sèche (bicarbonaté calcique et magnésien) et la saison pluvieuse (bicarbonaté calcique). La géochimie se modifie suivant la saison dans le marigot de Tchetti Konayé. Par conséquent, ces eaux sont de type chloruré et potassique ou sulfaté sodique en saison sèche et de type carbonaté sodique et potassique en saison pluvieuse.

Les eaux de puits sont distribuées en plusieurs faciès chimiques avec principalement les eaux de type chloruré et sulfaté calcique et magnésien montrant la prédominance des ions  $\text{Cl}^-$ . La variation du volume d'eau dans le marigot associé à d'autres facteurs explique la variation de la charge minérale dans ce réservoir d'eau superficielle.

Mais, le diagramme de Piper pris seul présente la limite de ne représenter que les concentrations relatives de chacun des éléments chimiques mis en évidence. A cet effet, les valeurs proportionnelles de Total Dissolved Solids ou Solides Totaux Dissous (TDS) dans le milieu d'étude sont représentées en cercle autour de chaque échantillon afin de pallier cette insuffisance et de mieux comprendre les interprétations. Plus les cercles sont grands, plus ils renseignent sur la minéralisation d'une eau par rapport à une autre. La salinité des eaux peut également être représentée par le TDS qui correspond à la somme des concentrations des éléments chimiques (Ca, Na, Mg, K, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>) comme l'illustre la figure 30.



### Saison sèche



### Saison pluvieuse

**Figure 30 : Cercles proportionnels de TDS et de minéralisation des eaux de consommation en milieu Itcha-Ifè**

Source : Résultats d'enquêtes de terrain, avril et octobre 2007



Cette figure 30 montre que les eaux de puits de Pira Kpara sont les plus minéralisées avec respectivement celles de Tchetti Attiba et de Bobè Djagbalo en saison sèche. Une inversion de cet ordre s'observe en saison pluvieuse dans la mesure où l'eau de puits de Tchetti Attiba devient la plus minéralisée suivie de celles de Pira Kpara et de Bobè Djagbalo. Mais, la minéralisation est plus forte en période sèche qu'en période humide. La forte pollution minérale des eaux de puits s'explique par la nature des roches traversées par les eaux d'infiltration, la faible profondeur des puits, la rapide dissolution et lessivage des éléments chimiques dans les zones de fractures, et surtout l'insalubrité (photo 16).



**Photo 16: Aperçu de l'état d'insalubrité des puits à Bantè Ilètou (a), à Tchetti Attiba (b), à Bantè Gbégamey (c) et à Pira Kpara (d)**

*Cliché : Gomez, avril et octobre 2007*

La photo 16 présente les différents types de puits rencontrés. Les trous qui figurent dans l'image (16a) sont des puits traditionnels qui sont sans revêtement ni margelle et sont exposés à toutes sortes de pollution. L'image (16b) est un puits traditionnel avec margelle et sans revêtement. Les images (16c) et (16d) sont des puits modernes revêtus de margelles pour la plupart poreuses. L'état physique de ces différents puits est favorable à l'infiltration d'eau capable de charrier directement les matières polluantes jusqu'au fond de ceux-ci.

En réalité, toutes ces images font apparaître une insalubrité occasionnée par la présence des ordures ménagères entreposées aux abords immédiats des puits. Autant les impacts sur la qualité chimique des eaux sont évidents, la malpropreté autour des points d'eau ne demeurera pas sans impact sur leur qualité microbiologique.

En résumé, la majorité des eaux de puits, de forages et de marigots utilisée pour la consommation dans le secteur d'étude ne constitue pas encore de grands dangers pour les populations. Leurs faciès sont très variés. Elles sont de types bicarbonaté calcique et magnésien, chloruré et sulfaté calcique et magnésien, chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique, bicarbonaté calcique, chloruré et sulfaté calcique et magnésien et carbonaté sodique et potassique. Au demeurant, les résultats obtenus confirment dans une large mesure ceux obtenus des analyses géochimiques et pétrographiques réalisées sur les roches du socle par Pougnet (1957), Kriatov et *al.* (1980), cités par Kakpo (2008).

En complément à ces données physico-chimiques, les résultats de l'analyse des paramètres bactériologiques des mêmes échantillons ont permis de mettre en évidence les germes pathogènes contenus dans les eaux consommées.

#### **4.2- CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES**

Les polluants recherchés dans les différents types d'eaux de consommation dans le milieu d'étude sont les germes banals, les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les *Escherichia coli*, les *Salmonella* et *Shigella*, les staphylocoques, les streptocoques fécaux et les *Clostridium*. Chacun des paramètres bactériologiques mesurés est comparé à la valeur maximale admissible (VMA) fixée par l'OMS.

Les résultats issus de l'analyse bactériologique des échantillons d'eau ont été classés par types de point d'eau en vue d'une étude comparative.

##### **4.2.1. Qualité bactériologique des eaux de puits**

Les tableaux XI et XII illustrent les résultats d'analyse bactériologique des eaux de puits respectivement en saison sèche et en saison pluvieuse.

**Tableau XI : Paramètres bactériologiques des eaux de puits en saison sèche**

| Paramètres                                             |                      |           |           | Référence des prélèvements       |                                  |                                  |                   |                        |
|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------|
| Désignation                                            | Unité                | NG        | VMA       | Eau souterraine                  | Eau souterraine                  | Eau souterraine                  | Eau souterraine   | Eau souterraine        |
| Nature de l'échantillon                                |                      |           |           |                                  |                                  |                                  |                   |                        |
| Lieu de prélèvement                                    |                      |           |           | <b>Bantè – Gbégamey</b>          | <b>Bantè- Ilètou</b>             | <b>Bobè-Djagbalo</b>             | <b>Pira-Kpara</b> | <b>Tchetti -Attiba</b> |
| Dénombrement des germes banals en 24h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        | innombrable                      | innombrable                      | innombrable                      | innombrable       | innombrable            |
| Dénombrement des germes banals en 48h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        | innombrable                      | innombrable                      | innombrable                      | innombrable       | innombrable            |
| Recherche présomptive des coliformes                   | Positive ou Négative | Négative  | Négative  | Positive                         | positive                         | positive                         | positive          | positive               |
| Dénombrement des Coliformes totaux                     | Nbre/100mL           | 0         | 0         | innombrable                      | innombrable                      | innombrable                      | 0                 | innombrable            |
| Dénombrement des Escherichia coli après 48h à 44°C     | Nbre/100mL           | 0         | 0         | 0                                | 0                                | 0                                | 0                 | 0                      |
| Recherche présomptive des Salmonella et Shigella       | Nbre/100mL           | 0         | 0         | Positive                         | positive                         | positive                         | Négative          | positive               |
| Dénombrement des Streptocoques fécaux après 24h à 37°C | Nbre/100mL           | 0         | 0         | 0                                | 88                               | 16                               | 0                 | 0                      |
| Dénombrement des Clostridium                           | Nbre/20ml            | 0         | 02        | 02                               | innombrable                      | 06                               | 0                 | 0                      |
| Conclusion                                             |                      | Eau Saine | Eau Saine | Eau polluée (pollution ancienne) | Eau polluée (pollution ancienne) | Eau polluée (pollution ancienne) | Eau suspecte      | Eau polluée            |

NG : Niveau Guide VMA : Valeur Maximale Admissible UFC : Unité Formant Colonie  
Source : SONEB, 2007

L'analyse du tableau XI montre qu'en saison sèche :

- les cinq puits contiennent des germes banals dépassant largement la valeur maximale admise de 50 UFC fixée par l'OMS ;
- la recherche présomptive des coliformes est positive au niveau des cinq puits et des coliformes totaux y ont été détectés en grand nombre sauf dans le puits de Pira Kpara ;
- la recherche présomptive des *Salmonella* et *Shigella* dans les puits est positive à l'exception de Pira Kpara ;
- des streptocoques fécaux et des *Clostridium* sont dénombrés dans les eaux de Bantè Ilètou et Bobè Djagbalo alors que la VMA est d'au plus 02 individus dans 20 millilitres d'eau.

Il en découle, que les eaux des puits de Bantè Gbégamey, Bantè Ilètou, de Bobè Djagbalo et de Tchetti Attiba sont polluées et celle du puits de Pira Kpara est suspecte.

La situation bactériologique des eaux de puits en saison pluvieuse est consignée dans le tableau XII.

**Tableau XII : Paramètres bactériologiques des eaux de puits en saison pluvieuse**

| Paramètres                                             |                      |           |           | Référence des prélèvements |                 |                 |                 |                 |
|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Désignation                                            | Unité                | NG        | VMA       |                            |                 |                 |                 |                 |
| Nature de l'échantillon                                |                      |           |           | Eau souterraine            | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine |
| Lieu de prélèvement                                    |                      |           |           | Bantè-Gbégaméy             | Bantè-Ilétou    | Bobè-Djabgalo   | Pira-Kpara      | Tchetti-Attiba  |
| Dénombrement des germes banals en 24h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        | innombrable                | innombrable     | innombrable     | innombrable     | innombrable     |
| Dénombrement des germes banals en 48h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        | innombrable                | innombrable     | innombrable     | innombrable     | innombrable     |
| Recherche présomptive des coliformes                   | Positive ou Négative | Négative  | Négative  | positive                   | positive        | positive        | positive        | positive        |
| Dénombrement des Coliformes totaux                     | Nbre/100mL           | 0         | 0         | innombrable                | innombrable     | innombrable     | innombrable     | innombrable     |
| Dénombrement des Escherichia coli après 48h à 44°C     | Nbre/100mL           | 0         | 0         | 0                          | 42              | 0               | 0               | 0               |
| Recherche présomptive des Salmonella et Shigella       | Nbre/100mL           | 0         | 0         | 224                        | 0               | 104             | 04              | 28              |
| Dénombrement des staphylocoques                        | Nbre/100mL           | 0         | 0         | innombrable                | 48              | 71              | 61              | 189             |
| Dénombrement des Streptocoques fécaux après 24h à 37°C | Nbre/100mL           | 0         | 0         | 174                        | 08              | 56              | 74              | 112             |
| Dénombrement des Clostridium                           | Nbre/20ml            | 0         | 02        | 01                         | 0               | 0               | 0               | 0               |
| Conclusion                                             |                      | Eau Saine | Eau Saine | Eau polluée                | Eau polluée     | Eau polluée     | Eau polluée     | Eau polluée     |

NG : Niveau Guide      VMA : Valeur Maximale Admissible      UFC : Unité Formant Colonie  
Source : SONEB, 2007

L'analyse du tableau XII indique une plus forte pollution des eaux en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Tous les puits contiennent les principaux paramètres d'altération de la qualité de l'eau à des degrés critiques, c'est-à-dire, largement au-dessus de la normale et du niveau enregistré en saison sèche. Toutefois, il est à remarquer que seule l'eau de Bantè Ilétou contient des *Escherichia coli* (42), mais ne détient pas de *Salmonella* et *Shigella*.

Les résultats de l'analyse des eaux des cinq puits révèlent la présence de plusieurs bactéries affectant leur qualité. Les bactéries symptomatiques de pollution constituées de coliformes totaux, de coliformes fécaux et des streptocoques fécaux y sont identifiées à des seuils

dépassant de loin des normes requises. Il est noté dans tous ces ouvrages particulièrement, la présence des germes banals, des coliformes totaux, des *Escherichia coli*, des *Salmonella* et *Shigella*, des staphylocoques, des streptocoques fécaux et des *Clostridium* à des proportions variées selon la saison. Les *Salmonella* et *Shigella* sont détectés dans toutes les eaux sauf à Bantè Ilètou. Les streptocoques se retrouvent également partout en saison de pluie et en saison sèche à Bantè Ilètou et Bobè Djagbalo. En saison pluvieuse, les *Clostridium* sont dans les eaux de Bantè Gbégamey, Bantè Ilètou et Bobè Djagbalo.

Par contre, il est observé une variation inter-saisonnière de la qualité de l'eau de puits qui est plus polluée en saison de pluie qu'en saison sèche. Les indicateurs obtenus montrent tout de même une forte altération des eaux tout au long de l'année.

#### **4.2.2. Qualité bactériologique des eaux de forages**

Les forages sont des adductions d'eau autonomes munies d'un équipement d'exhaure. Selon l'enquête, 70,6 % de la population consomme soit exclusivement l'eau de cette source ou concomitamment avec d'autres. Ces points d'eau présumés être à l'abri des micro-organismes polluants sont menacés du fait de la détérioration de l'environnement des alentours. Le tableau XIII présente les résultats obtenus de l'analyse bactériologique des eaux de forages exploités par les populations des localités de Bantè Adjantè, de Pira Adjadji et de Loughba Kotakpa en saison sèche.

L'analyse du tableau XIII montre que l'eau prélevée dans des conditions naturelles au niveau des forages à Bantè Adjantè, à Pira Adjadji et à Loughba Kotakpa en saison sèche marquent des nombres très élevés de micro-organismes revivifiables exprimant un risque de contamination microbienne au-delà d'un certain seuil (OMS, 1986). Les germes banals sont innombrables dans les eaux du forage de Loughba Kotakpa et sont à plus de 280 UFC/mL associés à des champignons dans celle du forage de Pira Adjadji. Seul le forage d'Adjadji ne fait pas apparaître des traces de coliformes.

**Tableau XIII : Paramètres bactériologiques des eaux de forages en saison sèche**

| Paramètres                                             |                      |           |           | Référence des prélèvements |                   |                 |
|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|----------------------------|-------------------|-----------------|
| Désignation                                            | Unité                | NG        | VMA       |                            |                   |                 |
| <b>Nature de l'échantillon</b>                         |                      |           |           | Eau souterraine            | Eau souterraine   | Eau souterraine |
| Lieu de prélèvement                                    |                      |           |           | Bantè-Adjantè              | Pira-Adjadji      | Lougba-Kotakpa  |
| Dénombrement des germes banals en 24h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        | innombrable                | 280 + champignons | Innombrable     |
| Dénombrement des germes banals en 48h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        | innombrable                | 280 + champignons | Innombrable     |
| Recherche présomptive des coliformes                   | Positive ou Négative | Négative  | Négative  | Positive                   | Négative          | Positive        |
| Dénombrement des Coliformes totaux                     | Nbre/100mL           | 0         | 0         | innombrable                | 00                | Innombrable     |
| Dénombrement des Escherichia coli après 48h à 44°C     | Nbre/100mL           | 0         | 0         | 00                         | 00                | 00              |
| Dénombrement des Salmonella et Shigella                | Nbre/100ml           | 0         | 0         | 00                         | 00                | 00              |
| Dénombrement des Staphylocoques                        | Nbre/100ml           | 0         | 0         | 00                         | 00                | 04              |
| Dénombrement des Streptocoques fécaux après 24h à 37°C | Nbre/100mL           | 0         | 0         | 00                         | 00                | 02              |
| Dénombrement des Clostridium                           | Nbre/20ml            | 0         | 02        | 00                         | 00                | 00              |
| Conclusion                                             | -                    | Eau Saine | Eau Saine | Eau suspecte               | Eau Suspecte      | Eau Polluée     |

NG : Niveau Guide      VMA : Valeur Maximale Admissible    UFC : Unité Formant Colonie  
Source : SONEB, 2007

Pour ce qui est des germes pathogènes, l'eau du forage de Lougba Kotakpa contient des staphylocoques et streptocoques fécaux et affiche une forte pollution. Certes, les eaux de tous ces forages, en saison sèche, sont impropres à la consommation.

En condition de désinfection, par la flamme, de l'eau à la sortie du tuyau au niveau des forages, la composition bactériologique des eaux de forages se modifie et affiche les données contenues dans le tableau XIV.

**Tableau XIV : Paramètres bactériologiques des eaux de forages après désinfection à la flamme en saison sèche**

| Paramètres                                             |                      |           |           |  | Référence des prélèvements |                 |                  |
|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|--|----------------------------|-----------------|------------------|
| Désignation                                            | Unité                | NG        | VMA       |  |                            |                 |                  |
| Nature de l'échantillon                                |                      |           |           |  | Eau souterraine            | Eau souterraine | Eau souterraine  |
| Lieu de prélèvement                                    |                      |           |           |  | Bantè –Adjantè*            | Pira –Adjadji*  | Lougba-Kotakpa*  |
| Dénombrement des germes banals en 24h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        |  | 20 + champignons           | 150             | 30 + champignons |
| Dénombrement des germes banals en 48h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        |  | 20 + champignons           | 150             | 30 + champignons |
| Recherche présumptive des coliformes                   | Positive ou Négative | Négative  | Négative  |  | Négative                   | Négative        | Négative         |
| Dénombrement des Coliformes totaux                     | Nbre/100mL           | 0         | 0         |  | 00                         | 00              | Innombrable      |
| Dénombrement des Escherichia coli après 48h à 44°C     | Nbre/100mL           | 0         | 0         |  | 00                         | 00              | 00               |
| Dénombrement des Salmonella et Shigella                | Nbre/100ml           | 0         | 0         |  | 00                         | 00              | 00               |
| Dénombrement des Staphylocoques                        | Nbre/100ml           | 0         | 0         |  | 00                         | 00              | 00               |
| Dénombrement des Streptocoques fécaux après 24h à 37°C | Nbre/100mL           | 0         | 0         |  | 00                         | 00              | 00               |
| Dénombrement des Clostridium                           | Nbre/20ml            | 0         | 02        |  | 00                         | 00              | 00               |
| Conclusion                                             | -                    | Eau Saine | Eau Saine |  | Eau saine                  | Eau Suspecte    | Eau Suspecte     |

NG : Niveau Guide VMA : Valeur Maximale Admissible UFC : Unité Formant Colonie \* : prise d'eau à la pompe après stérilisation à la flamme  
Source : SONEB, 2007

Les coliformes totaux ont disparu des eaux à l'exception de celle de Lougba Kotakpa où ils sont encore innombrables. A la température élevée, les staphylocoques et streptocoques auraient été anéantis de l'eau de Lougba Kotakpa et ne traine plus d'éléments à forts risques. Sur cette base, l'eau de Bantè Adjantè est saine et celles de Pira Adjadji et de Lougba Kotakpa sont polluées.

L'analyse microbiologique des mêmes échantillons d'eau de forages en saison de pluie (tableau XV) ont permis d'évaluer la variation des paramètres bactériologiques par rapport à la saison sèche. Cela a permis de consolider le faciès biologique des eaux de forages dans le secteur d'étude.

**Tableau XV : Paramètres bactériologiques des eaux de forages en saison pluvieuse**

| Paramètres                                                |                      |           |           |  | Référence des prélèvements |                 |                 |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|--|----------------------------|-----------------|-----------------|
| Désignation                                               | Unité                | NG        | VMA       |  |                            |                 |                 |
| Nature de l'échantillon                                   |                      |           |           |  | Eau souterraine            | Eau souterraine | Eau souterraine |
| Lieu de prélèvement                                       |                      |           |           |  | Bantè -Adjantè             | Pira-Adjadji    | Lougba-Kotakpa  |
| Dénombrement des germes banals en 24h à 37°C              | UFC/mL               | 20        | 50        |  | innombrable                | 40              | Innombrable     |
| Dénombrement des germes banals en 48h à 37°C              | UFC/mL               | 20        | 50        |  | innombrable                | 50              | Innombrable     |
| Recherche présomptive des coliformes                      | Positive ou Négative | Négative  | Négative  |  | Positive                   | Négative        | Positive        |
| Dénombrement des Coliformes totaux                        | Nbre/100mL           | 0         | 0         |  | innombrable                | 00              | Innombrable     |
| Dénombrement des <i>Escherichia coli</i> après 48h à 44°C | Nbre/100mL           | 0         | 0         |  | innombrable                | 00              | 00              |
| Dénombrement des <i>Salmonella</i> et <i>Shigella</i>     | Nbre/100ml           | 0         | 0         |  | Négative                   | Positive        | Négative        |
| Dénombrement des Streptocoques fécaux après 24h à 37°C    | Nbre/100mL           | 0         | 0         |  | 00                         | 00              | 00              |
| Dénombrement des <i>Clostridium</i>                       | Nbre/20ml            | 0         | 02        |  | 00                         | 00              | 00              |
| Conclusion                                                | -                    | Eau Saine | Eau Saine |  | Eau fortement polluée      | Eau Suspecte    | Eau Polluée     |

NG : Niveau Guide      VMA : Valeur Maximale Admissible    UFC : Unité Formant Colonie  
Source : SONEB, 2007

L'analyse du tableau XV révèle que, les germes pathogènes tels que les germes banals et les coliformes totaux, les *Escherichia coli* (Bantè Adjantè), les *Salmonella* et *Shigella* (Pira Adjadji) sont très présents dans les eaux de forages en saison de pluie. En revanche, les streptocoques fécaux et les *Clostridium* sont absents de ces eaux. En fonction des caractéristiques bactériologiques mises en évidence, l'eau du forage de Bantè Adjantè est plus polluée que celle de Lougba Kotakpa alors que celle de Pira Adjadji est suspecte.

La différence notée dans la composition bactériologique des eaux de puits et de forages serait fortement liée à la profondeur et à l'effet de la saison sèche où les eaux d'infiltration ne parviennent plus à la nappe captée. Ceci est d'autant plus justifié qu'en saison pluvieuse, la pollution bactériologique semble affecter l'eau de forage dans les trois localités (tableau XV).



### 4.2.3. Qualité bactériologique des eaux de marigots

Les marigots sont les eaux de surface identifiées dans cette étude comme une source d'approvisionnement permanente en eau de boisson dans certaines localités du secteur d'étude. L'observation à l'œil nu de ces flaques d'eau suscite des doutes par rapport à leur qualité. Les résultats de l'analyse effectuée sur des échantillons en saison sèche et en saison pluvieuse sont regroupés dans les tableaux XVI et XVII.

**Tableau XVI : Paramètres bactériologiques des eaux de marigots en saison sèche**

| Paramètres                                                |                      |           |           | Référence des prélèvements |                |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|----------------------------|----------------|
| Désignation                                               | Unité                | NG        | VMA       |                            |                |
| Nature de l'échantillon                                   |                      |           |           | Eau de surface             | Eau de surface |
| Lieu de prélèvement                                       |                      |           |           | Atokolibé-Attéron          | Tchetti-Konayé |
| Dénombrement des germes banals en 24h à 37°C              | UFC/mL               | 20        | 50        | innombrable                | innombrable    |
| Dénombrement des germes banals en 48h à 37°C              | UFC/mL               | 20        | 50        | innombrable                | innombrable    |
| Recherche présomptive des coliformes                      | Positive ou Négative | Négative  | Négative  | Positive                   | Positive       |
| Dénombrement des Coliformes totaux                        | Nbre/100mL           | 0         | 0         | innombrable                | innombrable    |
| Dénombrement des <i>Escherichia coli</i> après 48h à 44°C | Nbre/100mL           | 0         | 0         | 00                         | 00             |
| Dénombrement des <i>Salmonella</i> et <i>Shigella</i>     | Nbre/100ml           | 0         | 0         | 290                        | innombrable    |
| Dénombrement des Staphylocoques                           | Nbre/100ml           | 0         | 0         | innombrable                | innombrable    |
| Dénombrement des Streptocoques fécaux après 24h à 37°C    | Nbre/100mL           | 0         | 0         | innombrable                | innombrable    |
| Dénombrement des <i>Clostridium</i>                       | Nbre/20ml            | 0         | 02        | 16                         | 80             |
| Conclusion                                                | -                    | Eau Saine | Eau Saine | Eau polluée                | Eau polluée    |

NG : Niveau Guide      VMA : Valeur Maximale Admissible      UFC : Unité Formant Colonie  
Source : SONEB, 2007

L'analyse du tableau XVI montre que les eaux des marigots prélevées enregistrent des germes pathogènes en forte concentration avec des teneurs dépassant celles des autres sources d'eau. Seuls les *Escherichia coli* se révèlent absents en saison sèche.

En saison pluvieuse, la pollution bactériologique est moins marquée comme le montre le tableau XVII.

**Tableau XVII : Paramètres bactériologiques des eaux de marigots en saison pluvieuse**

| Paramètres                                             |                      |           |           |  | Référence des prélèvements       |                                  |
|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Désignation                                            | Unité                | NG        | VMA       |  |                                  |                                  |
| Nature de l'échantillon                                |                      |           |           |  | Eau de surface                   | Eau de surface                   |
| Lieu de prélèvement                                    |                      |           |           |  | Atokolibé-Attéron                | Tchetti-Konayé                   |
| Dénombrement des germes banals en 24h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        |  | innombrable                      | Innombrable                      |
| Dénombrement des germes banals en 48h à 37°C           | UFC/mL               | 20        | 50        |  | innombrable                      | Innombrable                      |
| Recherche présomptive des coliformes                   | Positive ou Négative | Négative  | Négative  |  | Négative                         | Positive                         |
| Dénombrement des Coliformes totaux                     | Nbre/100mL           | 0         | 0         |  | 0                                | Innombrable                      |
| Dénombrement des Escherichia coli après 48h à 44°C     | Nbre/100mL           | 0         | 0         |  | 0                                | 0                                |
| Dénombrement des Salmonella et Shigella                | Nbre/100ml           | 0         | 0         |  | Négative                         | Positive                         |
| Dénombrement des Streptocoques fécaux après 24h à 37°C | Nbre/100mL           | 0         | 0         |  | 0                                | 32                               |
| Dénombrement des Clostridium                           | Nbre/20ml            | 0         | 02        |  | 8                                | Innombrable                      |
| Conclusion                                             | -                    | Eau Saine | Eau saine |  | Eau polluée (pollution ancienne) | Eau Polluée (pollution ancienne) |

NG : Niveau Guide VMA : Valeur Maximale Admissible UFC : Unité Formant Colonie  
Source : SONEB, 2007

L'analyse du tableau XVII révèle une diminution du nombre de germes pathogènes en saison pluvieuse. Les coliformes totaux, les streptocoques fécaux, les *Clostridium* ont été considérablement réduits notamment dans le marigot d'Atokolibé Attéron. Ceci serait lié à un apport hydrique abondant favorisant la dilution en saison de pluie. Toutefois, ces eaux restent polluées.

Les *Clostridium* qui sont des germes tests de contamination ancienne à cause de leur résistance indiquent une pollution ancienne. Il est important toutefois de signaler que les *Clostridium* sont des germes ubiquistes qui ne peuvent être considérés comme spécifiquement d'origine fécale (Cabelli, 1997).

En définitif, l'eau des marigots est très polluée toute l'année. La teneur des germes diffère d'une période de prélèvement à une autre. En effet, cette différence trouve son explication à travers trois (03) hypothèses.

Premièrement, en saison pluvieuse les apports en matières fécales dans les marigots sont plus réduits, ces endroits étant moins exploités pendant cette saison. En effet, les matières fécales proviennent souvent des bovins en pâturage. Pendant ce temps, la disponibilité des eaux un peu partout réduit la fréquentation des marigots. Or, en saison sèche, presque toutes les sources (rivières, mares) sont taries et seuls les marigots deviennent des réceptacles d'eau d'abreuvement des bêtes. Ces dernières descendent directement dans les marigots et y font leur déjection au même moment qu'elles libèrent également les déchets que traînent leurs pattes voire leurs corps.

De même, l'apport abondant d'eau en saison de pluie dilue l'eau et diminue la concentration des germes dans le volume d'eau de référence pour l'analyse. Il faut ajouter aussi le fait qu'en saison sèche l'eau stagne et les micro-organismes se multiplient abondamment dans les marigots. Les débris végétaux, les insectes et les larves et plusieurs espèces mortes créent des milieux favorables à la multiplication des germes microbiens et ainsi accroissent la pollution de ces sources.

L'aspect physique des eaux du marigot d'Atokolibé Attèron (photo 17) en saison sèche et en saison pluvieuse en est une illustration.



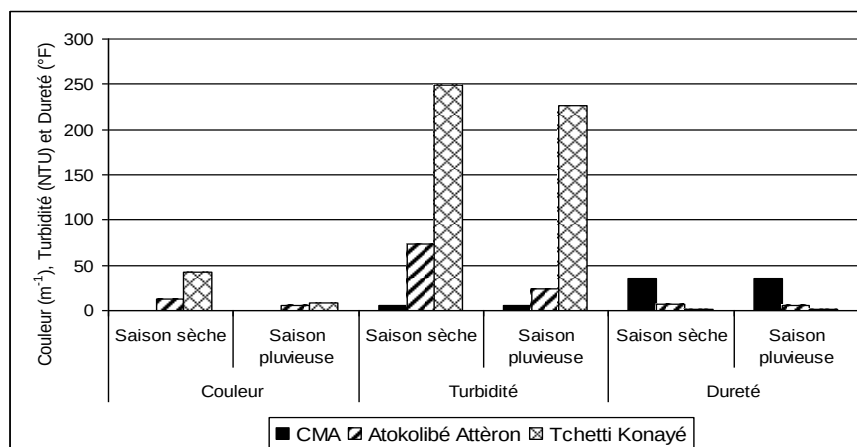
**Photo 17 : Etat de l'eau du marigot à Atokolibé Attèron en saison sèche (a) et saison pluvieuse (b)**

*Cliché : Gomez., avril et octobre 2007*

Ces photos 17a et 17b montrent une variation nette de la trame de couleur entre les deux périodes de prélèvement, la photo (17a) en avril et la photo (17b) en octobre de la même année. La couleur de l'eau du marigot (photo 17a) en saison sèche est plus foncée que celle

observée (photo 17b) en saison pluvieuse. Cette situation peut traduire les variations saisonnières de l'état des marigots entre deux périodes de prélèvement et qui se répercutent sur les caractéristiques des eaux.

La figure 31 illustre les fluctuations saisonnières de la couleur, de la turbidité et de la dureté totale des eaux de marigot.



**Figure 31 : Variation saisonnière de la couleur, de la turbidité et de la dureté totale des eaux de marigot à Atokolibé et à Tchetti Konayé.**

Source des données : SONEB, 2007

La figure 31 montre clairement une différence de mesure des paramètres pendant les deux prélèvements ; ces paramètres étant plus accentués en saison sèche qu'en saison pluvieuse au niveau des deux marigots. Il révèle dans une certaine mesure la pathogénie des eaux de marigots en saison sèche. De ce point de vue, il pourrait être conclu sans grand risque que la variation de la couleur, de la turbidité et de la dureté totale sont des indices qui prédisent la concentration de germes pathogènes dans les eaux entre deux saisons. Cette remarque confirme ainsi les résultats obtenus de l'analyse des eaux prélevées. Il en résulte que les eaux du secteur d'étude présentent des germes bactériologiques au-delà des valeurs maximales admissibles par l'OMS pour une eau de bonne qualité.

Contrairement aux éléments chimiques, la qualité des eaux en milieu Itcha-Ifè est fortement influencée par la variation de la pluviométrie. Les eaux des puits et des forages, donc des sources souterraines, enregistrent les plus forts taux de contamination en saison pluvieuse. Cela découle des transports des polluants de la surface du sol vers les aquifères. En ce qui

concerne les eaux des marigots, elles connaissent une plus forte concentration en bactéries nuisibles pendant la saison sèche en raison de la diminution du volume d'eau.

Au total, sur le plan chimique, les eaux du secteur d'étude sont encore d'une bonne qualité naturelle au regard des paramètres chimiques, globalement en dessous des normes de potabilité de l'OMS. Toutefois, la pollution par contamination naturelle affecte les eaux des puits de Pira Kpara et de Tchetti Attiba en ce qui concerne l'ion  $K^+$ . La pollution azotée, liée aux activités anthropiques est remarquable au niveau de 50 % des ouvrages essentiellement les puits et le forage de Loughba Kotakpa. Au regard des normes de l'OMS, les eaux des puits de Pira Kpara, de Tchetti Attiba, de Bobè Djagbalo et du forage de Loughba Kotakpa présentent des caractéristiques chimiques qui les rendent impropres à la consommation.

Quant à l'aspect microbiologique, toutes les eaux analysées sont polluées. Les paramètres révélateurs de la pollution bactériologique sont les coliformes totaux, les *Clostridium*, les *Escherichia coli*, les *Salmonella* et *Shigella*, les staphylocoques ou les streptocoques fécaux. Ces paramètres ont gardé une relative constance dans les différents types de points d'eau pendant les deux prélèvements. Il importe de noter que la pollution bactériologique affecte beaucoup plus les eaux de marigots que celles des puits qui à leur tour sont plus détériorées que les eaux des forages. Le niveau de pollution de toutes ces eaux et leur variation suivant les types de sources amènent à s'interroger sur les facteurs de pollution des eaux de consommation dans le secteur d'étude.

## **CHAPITRE V :**

### **SOURCES DE POLLUTION DES EAUX DE CONSOMMATION EN MILIEU ITCHA-IFE**

La qualité des eaux s'apprécie par référence à des normes fondées sur des considérations essentiellement sanitaires et environnementales. Ce chapitre caractérise les éléments d'appréciations endogènes de la qualité de l'eau et les facteurs déterminants dans la détérioration de la qualité des eaux consommées dans le secteur d'étude.

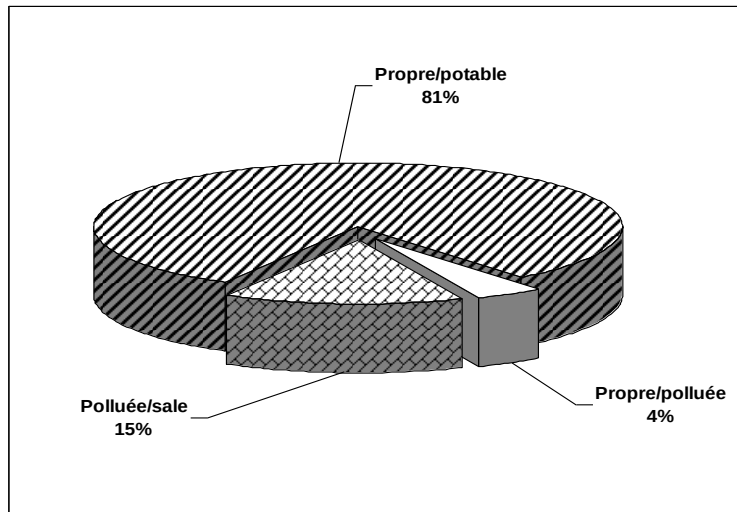
#### **5.1- APPRECIATIONS ENDOGENES DE LA QUALITE DES RESSOURCES EN EAU DE CONSOMMATION**

Les investigations menées à travers les interviews dans les ménages, les entretiens en groupes ciblés, ont permis d'évaluer le niveau de connaissance des populations de la qualité des eaux consommées. Au nombre des moyens plus pertinents pour apprécier la qualité des eaux de consommation, se trouvent en bonne place les paramètres organoleptiques (odeur, saveur, couleur) et des indicateurs visibles (particules fines, débris et larves).

##### **5.2.1. Concept local d'eau propre : un critère d'appréciation de la potabilité de l'eau**

Généralement, une eau limpide sans charge de boue, dépourvue de débris, de particules fines et des larves de tout genre est vue comme potable par les populations. La présence de l'un de ces éléments dans l'eau lui attribue le qualificatif d'eau sale mais ne signifie guère, à l'exception du cas des larves, qu'elle est systématiquement polluée. Lorsqu'au repos, elle peut être débarrassée de ces impuretés, l'eau est de nouveau considérée propre et jugée potable. Les larves dans l'eau sont craintes car supposées qu'une fois consommées, elles se développeront dans les intestins pour entraîner les maux de ventres ou les ascaris. La figure 32 présente les proportions de populations par rapport à la qualification de l'eau à travers son aspect physique.

La figure 32 indique que selon 81 % de la population cible, l'eau est potable lorsqu'elle est propre. Par contre une frange de 15 % de cette même population affirme que l'eau sale est polluée tandis que minoritairement 4 % estime que l'eau consommée quand bien même propre et non traitée, est polluée.



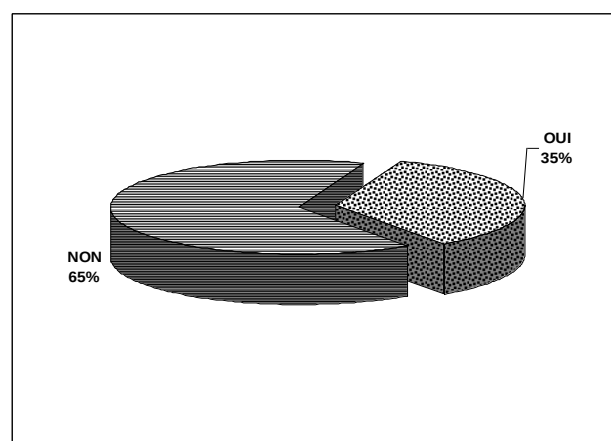
**Figure 32 : Appréciation de la qualité de l'eau par la propreté**

Source : Résultats d'enquête de terrain, 2007

Les personnes interrogées semblent n'être pas entièrement convaincues de leurs déclarations, puisqu'à la question sur comment elles se rendent compte qu'une eau est polluée ; elles ont déclaré presque toutes qu'elles se fondent sur les sensibilisations écoutées des radios ou dans les centres de santé. Cette considération du critère lié à l'eau potable est l'un des fondements qui accrochent les populations à l'utilisation de l'eau de toute nature.

### 5.2.2. Odeur de l'eau

L'odeur de l'eau n'est pas le critère dominant de qualification des eaux de consommation dans le milieu d'étude. La figure 33 illustre la réaction des enquêtés par rapport à la potabilité de l'eau en fonction de son odeur.



**Figure 33 : Appréciation de la qualité de l'eau par son odeur**

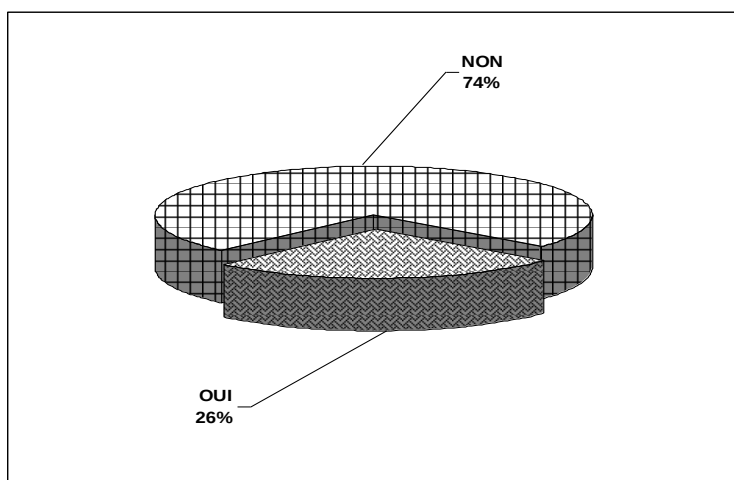
Source : Résultats d'enquête de terrain, 2007

Une proportion de 65 % des personnes interrogées considèrent que l'odeur n'est pas un indice de la mauvaise qualité de l'eau. Pour elles, l'odeur d'une eau peut découler de la nature de la couche de roche qui abrite la nappe phréatique ou des racines des arbres et herbes. Pour renchérir leur déclaration, certaines personnes précisent que les substrats issues de la roche, des racines d'arbres et des herbes sont enrichissants et ont des vertus thérapeutiques, augmentant ainsi les éléments nutritifs de l'eau.

Au contraire, environ le tiers des personnes interrogées, soit 35 % de l'ensemble, soutiennent la qualité de l'eau à son odeur. Dans ce cadre, est considérée comme non potable toute eau dont l'odeur est très répugnante. Ces 35 % de personnes enquêtées fondent leurs arguments sur le fait qu'une mauvaise odeur résulte de la décomposition des animaux et végétaux noyés, des déchets humains et des ordures évacuées vers l'eau ; qui du coup dégradent la qualité des eaux et peuvent parfois entraîner un empoisonnement. Il y ressort donc que l'odeur de l'eau ne constitue pas un élément prépondérant dans l'appréciation de la qualité de l'eau.

### 5.2.3. Saveur de l'eau

La saveur des eaux a été nuancée par rapport à sa source dans l'appréciation de la qualité de l'eau. Selon les sujets enquêtés, la saveur peut être le signe de pollution de l'eau pour le cas des marigots et de non pollution pour les eaux profondes. Dans l'ensemble, la saveur n'est pas déterminante dans la qualification de la qualité des eaux en milieu rural telle que le montre la figure 34.



**Figure 34 : Appréciation de la qualité de l'eau par la saveur**

Source : Résultats d'enquête de terrain, 2007

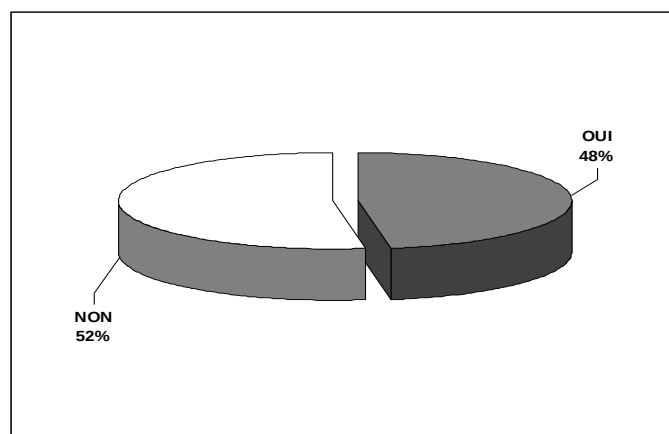


Selon 74 % de la population enquêtée (figure 34), la qualité de l'eau n'est pas imputable à la saveur. Pour cette catégorie de population, l'eau peut prendre la saveur des racines des arbres qui immergent son lit ou des constituants des roches traversées par la nappe phréatique. Par contre, 26 % considère que la saveur est un indicateur de mauvaise qualité de l'eau pour la consommation. En approfondissant la recherche au sein de cette tranche de la population, il se révèle que le concept de mauvaise qualité est confondu à la dureté de l'eau qui empêche son consommateur d'étancher la soif. Par exemple, à Bantè et Akpassi dans la commune de Bantè, l'eau potable dure, issue du réseau d'adduction d'eau de la SONEB, a été majoritairement abandonnée par la population qui accorde plus de préférence aux eaux de puits et de pompe à motricité humaine.

#### 5.2.4. Couleur de l'eau

La couleur de l'eau est un paramètre organoleptique controversé de catégorisation de l'eau. La figure 35 met en exergue l'appréciation de la qualité de l'eau par la couleur issue de l'avis des personnes interrogées.

Suivant cette appréciation, 48 % des populations enquêtées pensent que la couleur peut permettre de dire qu'une eau est potable ou non. Une eau potable, selon elles, doit être limpide autrement dit sans couleur.



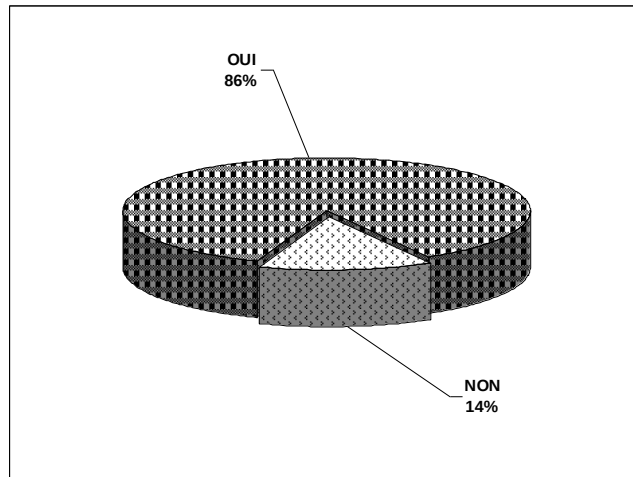
**Figure 35 : Appréciation de la qualité de l'eau par la couleur**

Source : Résultats d'enquête de terrain, 2007

Cette assertion n'est pas partagée par 52 % des enquêtés qui ne lient pas systématiquement la qualité de l'eau à sa couleur. Il ressort, néanmoins, de leur justification que ceci est seulement valable pour les eaux des sources profondes qui épousent la couleur de la roche mère.

### 5.2.5. Présence des débris

La présence des débris dans l'eau est bien considérée pour sa classification. La figure 36 illustre l'avis des populations interviewées sur une eau contenant des débris.



**Figure 36 : Appréciation de la qualité de l'eau par la contenance de débris**

Source : Résultats d'enquête de terrain, 2007

L'examen de la figure 36 révèle que 86 % des populations interrogées pensent que l'eau contenant des débris des animaux et végétaux est à priori une eau malpropre, donc de mauvaise qualité. La présence de débris dans une eau est considérée comme la source première de classement de l'eau de consommation dans le secteur d'étude.

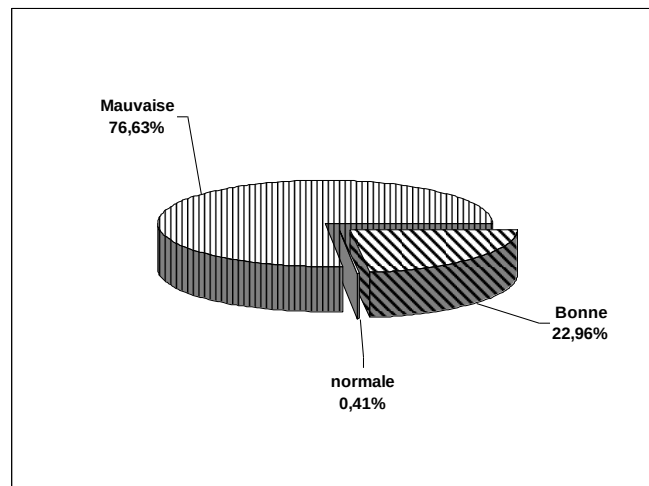
Au demeurant, la population en milieu Itcha-Ifè assimile une eau de bonne qualité à sa propreté. L'eau polluée est celle qui est sale et contenant des débris végétaux, animaux ou des ordures ménagères. Ce qui est lié, selon 53 % des personnes interrogées, à l'insalubrité des alentours des points d'eau.

## 5.2- PRINCIPAUX FACTEURS DE POLLUTION DES EAUX DE CONSOMMATION

Les facteurs qui expliquent la dégradation de la qualité des eaux en milieu Itcha-Ifè sont anthropiques et naturels. En effet, il existe des sources directement perceptibles et les sources non perceptibles.

### 5.2.1. Défaut d'assainissement et d'hygiène du milieu

L'aspect de l'environnement autour des concessions et surtout des points d'eau a attiré l'attention lors des travaux de terrain. Les ordures ménagères dispersées aux alentours des points d'eau, les eaux usées de douche non canalisées, les fèces humaines et animales à l'air libre sont présumées, selon des personnes interrogées être des menaces à la qualité des eaux consommées. La figure 37 illustre les avis des personnes interrogées sur la qualité de l'environnement autour des points d'eau en milieu Itcha-Ifè.



**Figure 37 : Appréciation de la qualité de l'environnement autour des points d'eau**

Source : Résultats d'enquête de terrain, 2007

De l'analyse de la figure 37, il se dégage que 76,63 % des personnes enquêtées jugent de malsain l'environnement dans les agglomérations contre 22,96 % qui réfutent cette affirmation. Les facteurs inducteurs de la pollution bactériologique des eaux évoqués sont essentiellement liés à l'assainissement du milieu et aux comportements hygiéniques des populations (puisage de l'eau avec des cordes sales), la salubrité autour des ouvrages et à la position du site d'implantation des ouvrages hydrauliques.

Par exemple, pour 87 % de la population, l'insalubrité générée par les ordures ménagères et les eaux de puisards est la principale source de pollution des eaux dans le secteur d'étude. La photo 18 expose un monticule de tas d'ordures et la photo 19 un puits perdu de douche qui entretiennent un environnement malsain dans les agglomérations du secteur d'étude.



**Photo 18 : Tas d'immondice séculaire au quartier Illélakoun à Bantè**

*Cliché : Gomez, avril 2007*

Des informations reçues auprès des personnes âgées sondées dans la ville de Bantè, il ressort que les tas d'immondices présentés dans la photo 18 datent d'avant leur naissance. L'espace occupé par ces tas est estimé à plus de 5 hectares avec une série de monticules d'ordures longeant la façade des habitations. Ce lieu est le dépotoir par excellence de la ville de Bantè et l'endroit qui accueille de jour et de nuit les matières fécales des enfants et la nuit de tous ceux qui ne disposent pas de latrines. L'extension de la ville a, par ailleurs, rattrapé ces tas à ordures (voir le coin supérieur gauche de la photo 18) augmentant ainsi les problèmes d'assainissement.



**Photo 19 : Eau usée de douche au quartier Gbégamey à Bantè**

*Cliché : Gomez, avril 2007*

La photo 19 montre un puits perdu de douche contenant des débris, des ordures solides et des restes de cuisine. Cette eau forme une mare verdâtre envahie par les mouches et où pataugent

les animaux en divagation, notamment les chèvres. L'effet de cette eau se remarque facilement sur les murs en banco dont il a sapé la base. Pendant les différents passages sur le terrain, il a été constaté que cette eau coule toute l'année sur des dizaines de mètres. Son observation laisse apparaître de nombreuses larves qui peuvent être à l'origine de certaines maladies hydriques.

En dehors de la partition des eaux usées de douche et des tas d'immondices dans la pollution de l'environnement dans ce milieu, figure, entre autres causes et ceci en bonne place, le problème des excréta. En effet, la mauvaise gestion des excréta constitue selon l'expression de 66,9 % des enquêtés une cause de la détérioration de la qualité des ressources hydriques exploitées pour la consommation domestique.

Selon l'étude menée sur la problématique de l'assainissement et de la santé dans les villes moyennes du Bénin : cas de la ville de Bantè (Gomez, 2004), il ressort que les matières fécales constituent la première source de pollution. En effet, l'évacuation inadéquate et insalubre des déchets et en particulier d'excréta humains infectés entraîne la contamination du sol et des sources d'eau potable (OMS, 1992). La dégradation de la qualité de l'eau consommée est commandée par la mixture des eaux souterraines et des rejets des déchets humains.

Le puits de Bantè Ilètou (photo 20) présentant les plus forts taux d'indicateurs de pollution bactériologique, est implanté au pied des collines dont les alentours servent de lieu de défécation aux populations surtout en saison pluvieuse.



**Photo 20 : Sites d'implantation des puits traditionnels à Bantè Ilètou**

*Cliché : Gomez, avril 2007*

Les photos (20a) et (20b) de la planche 14 présentent la disposition des puits au pied de la colline Oladjé à Bantè. Ces puits situés en bas de pente reçoivent les eaux de ruissellement venues depuis le sommet de la colline.

Les puits, d'une profondeur variant entre 2 à 5 mètres sont forés dans les bas-fonds aux pieds des collines. Ces sites sont réputés être les dépotoirs d'ordures et de déjections humaines et animales en toute saison. La décomposition de ces déchets est accélérée par les facteurs climatiques à travers leur manifestation au cours de l'année.

Les caractéristiques topographiques, géomorphologiques et lithologiques des roches en place facilitent le transfert par les eaux pluviales déjà contaminées vers les ouvrages hydrauliques qui sont généralement de faibles profondeurs. Les puits sans margelle ni revêtement et les marigots sont les plus exposés à la pollution bactériologique. En outre, de nombreux puits ont des assises de margelles sapées par l'ablation du sol et ont de surcroît leurs revêtements fortement détériorés. Ce qui accroît les risques de transfert d'eau pluviale contaminée et d'altération des eaux de puits et, par conséquent, favorisant la pollution hydrofécale.

La souillure des eaux (cas des puits) est aussi causée par les instruments de puisage qui sont souvent jetés par terre (photo 21) et qui entraînent des débris et tout objet qui s'y accrochent dans le fond des puits.



**Photo 21 : Système de puisage au niveau des puits de Bobè Djagbalo (a) et de Bantè Gbégamey (b)**

*Cliché : Gomez, avril 2007*

Ces images font observer la disposition des puisettes et cordes à même le sol au puits de Bobè Djagbalo (21a) et de Bantè Gbégamey (21b). Les cordes de puisettes accrochées à la

margelle pour garantir la place aux usagers après le suintement en grande quantité de l'eau sont souvent déposées au sol.

### **5.2.2. Mode de gestion des matières fécales**

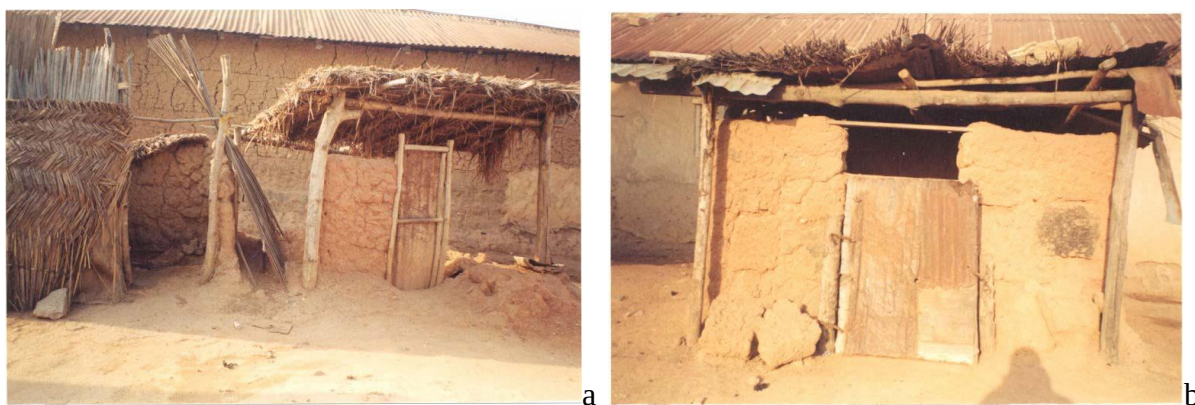
Les matières fécales constituent une véritable source de pollution des eaux et méritent de ce point de vue une attention particulière. L'OMS (1994a) a fait remarquer que souvent les applications de la protection de l'environnement (mesures d'assainissement) et de la lutte contre la pollution sont si générales que l'on oublie le problème essentiel de la gestion des excréta. Les risques sanitaires qu'ils font courir sont fonction des lieux d'aisance. Ces lieux peuvent être des latrines, les espaces en friche avoisinant les agglomérations, les tas d'ordures (souvent entreposées à proximité des habitations), des pots ou la cour des maisons.

Il y a environ trois décennies, les populations du secteur d'étude n'avaient pas l'habitude d'utiliser des latrines. Les quelques-unes qui existaient étaient construites par tata et servaient à l'utilisation exclusive des personnes âgées incapables de se porter loin de leur maison ou à d'autres membres de la famille en cas de maladies graves. Pour le reste de la famille, les besoins se faisaient dans la nature. Toutefois, ce lieu d'aisance respectait certaines normes et était éloigné des villages.

En effet, il était proscrit à un adulte de faire découvrir ses excréments à proximité des agglomérations sous peine d'être envoûté. La défécation dans les cours d'eau ou à ses abords immédiats et aux endroits critiques étaient sensée porter malheur à son auteur. Le nom *n'koulé* en Itcha ou Ifè littéralement *n'ko ilé* signifiant "je refuse la maison" donné à l'excrément est porteur des messages éducatifs et de protection de l'environnement. Ce sont là autant de messages et de mesures qui permettaient d'assurer l'hygiène et donc d'éviter la pollution de l'environnement immédiat et les contaminations diverses par les matières fécales.

Avec l'accroissement de la population et ses corollaires, l'urbanisation et la perte des valeurs ancestrales, de nouvelles habitudes sont nées. Ainsi, 51,8 % des personnes interrogées disposent de latrines en majorité qualifiées de traditionnelles pour leurs besoins (photo 22). Le reste utilise encore l'espace végétatif immédiat ou les pieds de collines (Bantè, Tchetti, Akpassi, Gouka) surtout pendant les nuits.





**Photo 22 : Types de latrines souvent rencontrées dans le secteur d'étude**

*Cliché : Gomez, avril 2007*

Non seulement ces latrines ne sont pas construites suivant les normes requises faute de moyens financiers, mais elles sont aussi mal entretenues.

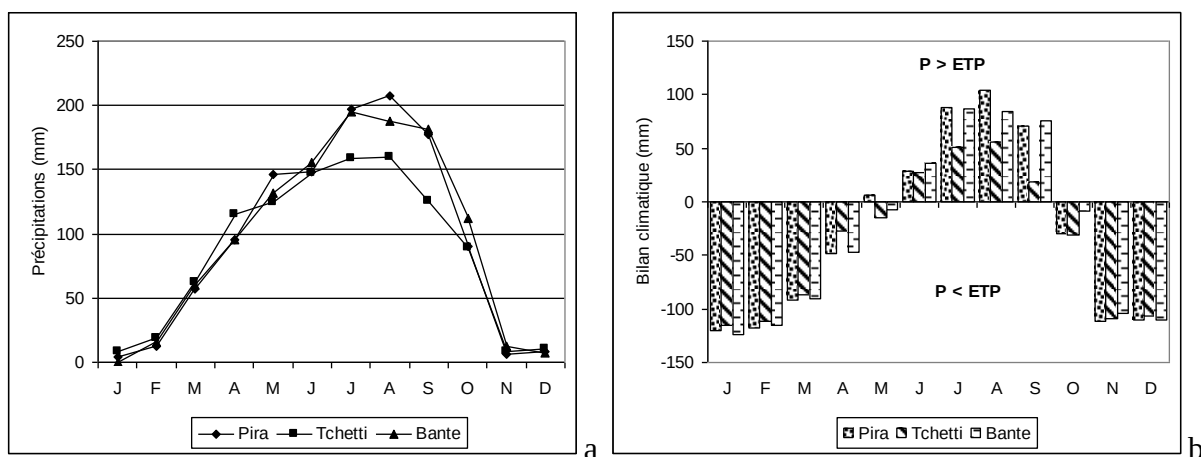
Par rapport aux enfants, l'état des latrines empêche d'y avoir accès au risque qu'ils n'y tombent. De ce fait, ils font leurs besoins dans les pots en plastique pour recueillir les selles. Ces pots peuvent rester pendant longtemps non couverts sur place à longueur de journée ou y séjourner avant d'être déversés par les mères soit dans les latrines ou dans la végétation hors de constructions pour celles qui habitent les banlieues. D'autres enfants, par contre, défèquent directement dans la cour en plein air ou derrière les maisons et sur les tas d'immondices pour les grands enfants.

Ce sont ces matières fécales que la pluie et le vent emporteraient pour déverser dans les points d'eau (directement ou par percolation). Ainsi, assiste t-on à un risque élevé de pollution de l'environnement (surtout des points d'eau) favorable à l'éclosion des maladies dues à la propagation des vecteurs pathogènes.

### **5.2.3. Influence des phénomènes climatiques sur la qualité de l'eau**

La variabilité climatique surtout des précipitations est également un des facteurs qui contribuent à la détérioration de la qualité des ressources en eau en milieu Itcha-Ifè par les processus de transferts d'eau sol-nappe phréatique. La répartition inter-mensuelle des précipitations et du bilan climatique est illustrée par la figure 38.





**Figure 38 : Régime pluviométrique (a) et bilan climatique (b) en milieu Itcha-Ifè**

Source des données : ASECNA, 1971 - 2010

Le régime pluviométrique rythme l'infiltration des eaux pluviales surtout pendant les mois où le bilan climatique est excédentaire (juin à septembre). Les eaux pluviales s'intègrent dans un double processus de pollution des ouvrages hydrauliques. En effet, elles ruissellent des secteurs de fortes pentes en particulier le flanc des collines et les versants des zones dépressionnaires vers les réceptacles d'eau de surface. La charge polluante de ces eaux à leur descente se renforce le long de son parcours. Il s'en suit une forte concentration de germes dans les vallées. Ces germes s'infiltreront à leur tour vers les nappes de profondeur dégradant ainsi leurs eaux. Ces processus dépendent de la configuration morphostructurale des terrains du secteur d'étude.

#### 5.2.4. Relation occupation des terres et dégradation de la qualité des eaux

L'analyse diachronique des unités paysagiques en 1972 et 2005 dans le secteur d'étude a permis de caractériser l'état de l'occupation des sols (figures 39 et 40).

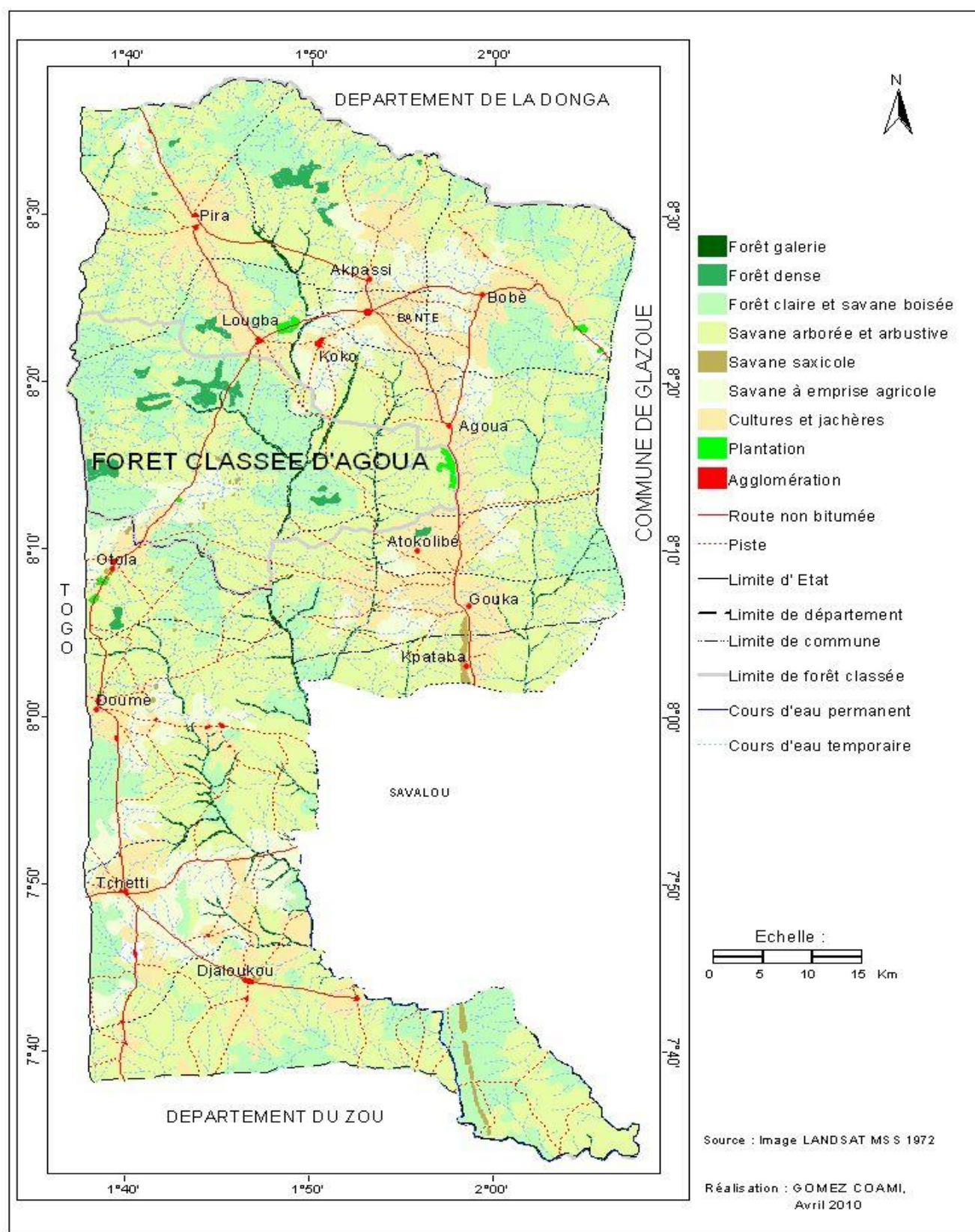
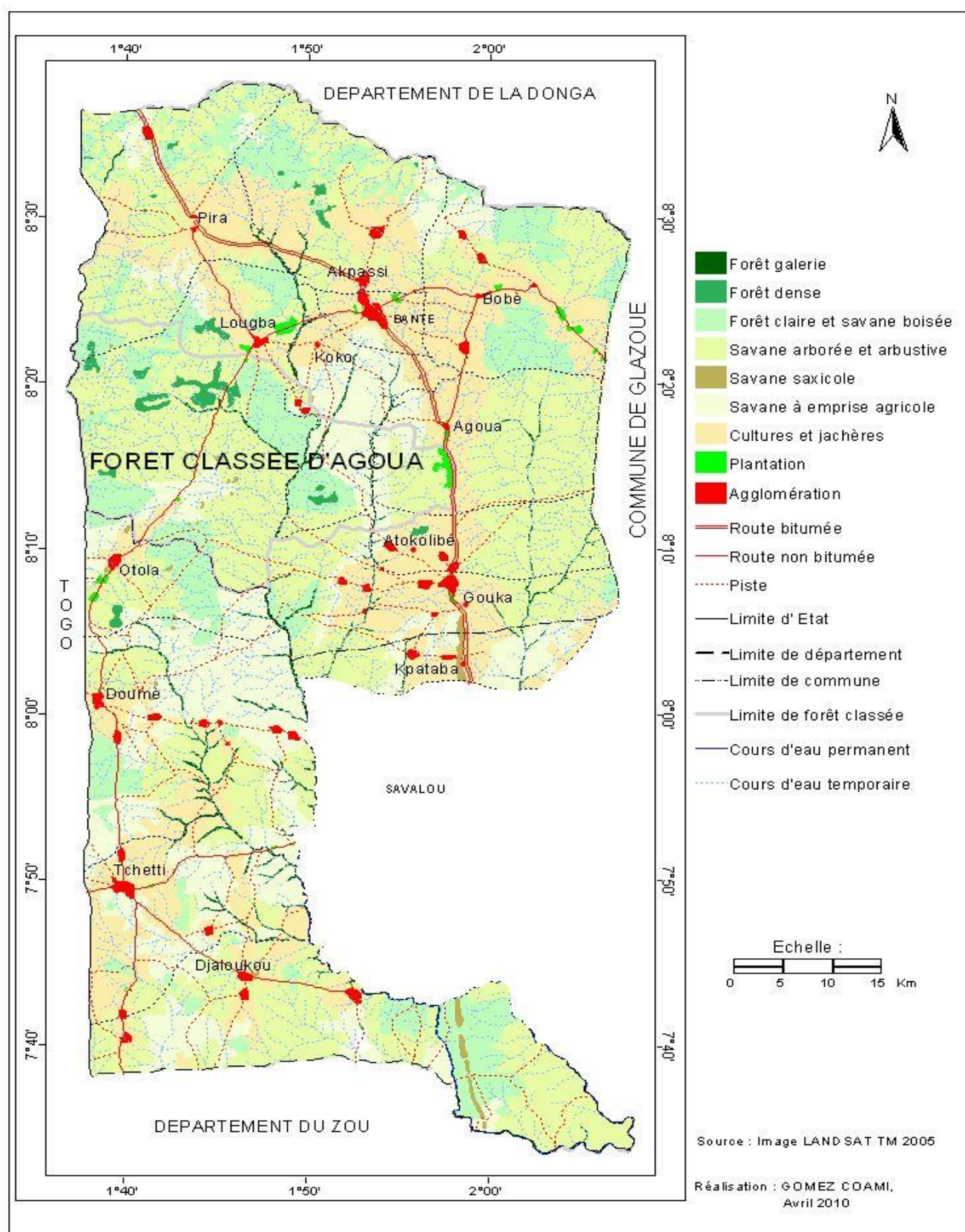


Figure 39 : Carte d'occupation du sol du secteur d'étude en 1972



**Figure 40 : Carte d'occupation du sol du secteur d'étude en 2005**

L'analyse des figures 39 et 40 donne les résultats présentés dans le tableau XVIII.

**Tableau XVIII : Evolution de l'occupation du sol dans le secteur d'étude entre 1972 et 2005**

| Unités paysagiques                | Années          |            |                 |            |
|-----------------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
|                                   | 1972            |            | 2005            |            |
|                                   | Superficie (ha) | %          | Superficie (ha) | %          |
| Forêts galeries                   | 10 420          | 2.40       | 6 272           | 1.45       |
| Forêts denses                     | 3 825           | 0.88       | 2 098           | 0.48       |
| Forêts claires et savanes boisées | 88 438          | 20.40      | 56 410          | 13.01      |
| Savanes arborées et arbustives    | 212 108         | 48.92      | 188 624         | 43.50      |
| Savanes saxicoles                 | 1 665           | 0.39       | 3 348           | 0.63       |
| Savanes à emprise agricole        | 48 957          | 11.29      | 67 523          | 15.57      |
| Mosaïques de cultures et jachères | 64 535          | 14.88      | 113 442         | 23.86      |
| Plantations                       | 1 487           | 0.34       | 2 276           | 0.52       |
| Agglomérations                    | 2 180           | 0.50       | 5 305           | 1.22       |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>433615</b>   | <b>100</b> | <b>433615</b>   | <b>100</b> |

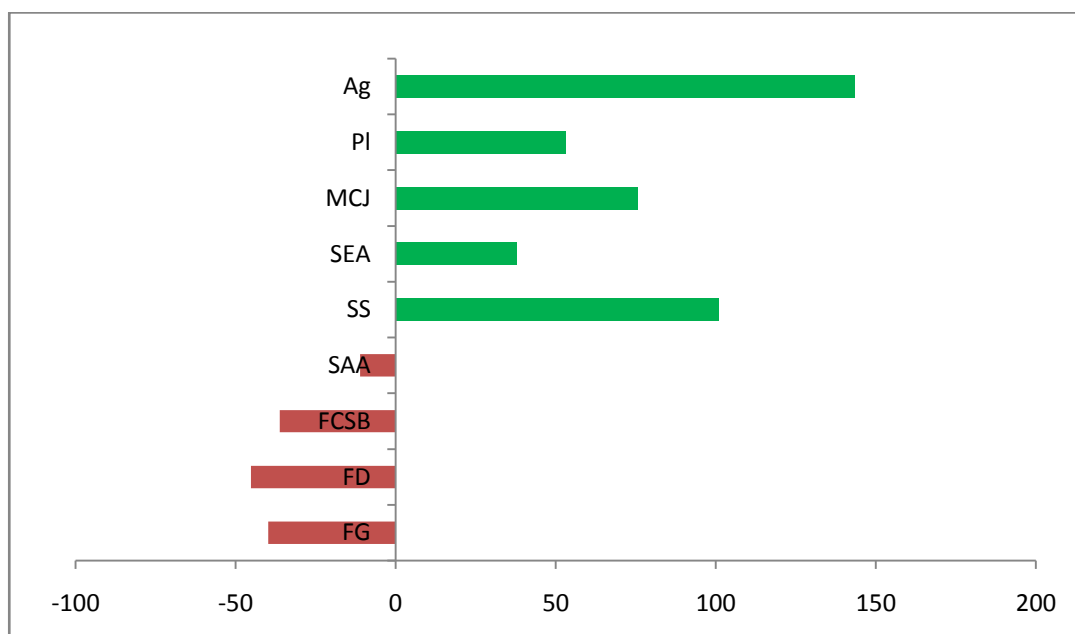
De l'analyse du tableau XVIII, il ressort que la superficie des forêts galeries est passée de 10 420 ha en 1972 à 6 272 en 2005, soit une diminution de 4 148 ha traduisant une régression de cette formation végétale. Quant aux forêts denses, elles sont passées de 3 825 ha en 1972 à 2 098 ha en 2005, soit une diminution de 1 727 ha en 33 ans. La superficie des forêts claires et savanes boisées évaluée à 88 438 ha en 1972 est passée à 56 410 ha en 2005, soit une réduction de 32 028 ha. De même, la savane arborée et arbustive qui couvrait une superficie de 212 108 ha en 1972 est réduite à 188 664 ha en 2005. Au total, les formations "primitives" ont connu des réductions importantes. Il s'agit essentiellement de la réduction des superficies des forêts galeries (-39,80 %), des forêts denses (- 45,15 %), des forêts claires et savanes boisées (- 37,35 %) et de la savane arborée et arbustive (- 11, 05 %).

Par contre, les savanes à emprise agricole sont passées de 48 957 ha en 1972 à 67 523 ha en 2005, soit une progression de 18 566 ha. Les mosaïques de cultures et jachères sont passées de 64 535 ha en 1972 à 113 442 ha en 2005 traduisant ainsi une augmentation de 48 907 ha. La superficie couverte par les plantations, estimée à 1 487 ha en 1972, s'est établie à 2 276 ha en 2005. Pendant cette même période, les aires occupées par les agglomérations ont doublé passant de 2 180 ha en 1972 à 5 305 ha en 2005, soit une croissance de 3 125 ha. Somme toute, les formations "anthropisées" ont dans leur ensemble connu des augmentations considérables en 33 ans. Ces augmentations sont dans l'ordre de 37,92 % pour les savanes à emprise agricole, de 75,78 % pour les mosaïques de cultures et jachères, de 53,05 % pour les plantations et de 143, 35 % des agglomérations.



L'état de l'occupation des sols d'après l'analyse diachronique effectuée sur les années 1972 et 2005 montre une dégradation continue des formations naturelles.

De l'exploitation des données du tableau XVIII, il se dégage une tendance d'évolution de chaque unité paysagique dans le secteur d'étude entre 1972 et 2005 indiquée par la figure 41.



**Figure 41 : Evolution des unités paysagiques de 1972 à 2005 dans le secteur d'étude**

Légende :

|            |                                     |             |                                     |
|------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| <b>Ag</b>  | : Agglomérations                    | <b>SAA</b>  | : Savanes arborées et arbustives    |
| <b>PI</b>  | : Plantations                       | <b>FCSB</b> | : Forêts claires et savanes boisées |
| <b>MCJ</b> | : Mosaïques de cultures et jachères | <b>FD</b>   | : Forêts denses                     |
| <b>SEA</b> | : Savanes à emprise agricole        | <b>FG</b>   | : Forêts galeries                   |
| <b>SS</b>  | : Savanes saxicoles                 |             |                                     |

Il ressort de cette synthèse sur l'occupation du sol et de la figure 41 que de 1972 à 2005, les galeries forestières, les savanes arborées et arbustives ont considérablement diminué en superficie au profit des mosaïques de cultures et jachères, des savanes à emprises agricoles et des agglomérations en constante progression. Cette situation est favorisée par la monétarisation accrue des cultures telles que l'anacardier, le soja, le haricot, l'igname, le maïs et aussi de coton.

En conséquence, des aptitudes d'épuration du sol, de l'air, voire de l'eau par les formations naturelles pourraient être réduites. Au niveau des nouvelles unités paysagiques anthropisées, la litière et le système racinaire qui jouent le rôle de dépollution du sol sont détruits laissant ainsi les matières toxiques (pesticides, engrais utilisés pour les cultures) atteindre facilement,

et parfois en l'état, les nappes d'eau souterraines. En effet, lorsque les plantes sont en période de croissance, elles absorbent le nitrate et le phosphate, mais quand elles meurent, ces matières sont de nouveau libérées dans le sol et finissent souvent dans les eaux de surface (Lenntech, 2009). Toutefois, les polluants présents dans le sol peuvent pénétrer dans les eaux de surface lors des fortes pluies ou en s'infiltrant dans le sol pour rejoindre les eaux souterraines.

En somme, les déchets solides et liquides et les matières fécales entretiennent certainement l'altération de la qualité des ressources en eau de consommation dans le secteur d'étude. Dans ces conditions la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation n'aurait-elle pas des effets sur la santé des populations dans le secteur d'étude ?

### **5.3- SYNTHÈSE ET CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE**

L'étude révèle sur le plan chimique que les eaux du milieu Itcha-Ifè sont fortement minéralisées et, cette forte minéralisation est liée au contexte géologique formé de roches cristallines. L'hydrolyse des minéraux se fait de manière lente et la plupart des ouvrages implantés en zone de socle fracturé sont sous l'effet permanent de transfert de polluants vers la nappe par l'infiltration des eaux pluviales. Les polluants sont issus de la dissolution des minéraux de roches basiques (basaltes, gabbros) altérées et très répandues dans le secteur d'étude. L'influence des actions anthropiques liées à l'usage d'intrants agricoles, d'insalubrité, dans cette minéralisation est la présence en teneurs élevées d'ions  $\text{NO}_3^-$  dans les eaux analysées.

L'analyse bactériologique des mêmes échantillons d'eau montre une forte pollution par les germes banals, les coliformes totaux et les germes pathogènes tels que les *Escherichia coli*, les *Salmonella* et *Shigella*, les staphylocoques, les streptocoques fécaux et les *Clostridium*. Les marigots enregistrent les plus fortes concentrations de ces micro-organismes polluants. Quant aux puits, ils sont plus pollués du point de vue bactériologique que les forages. L'exposition est donc le principal déterminant de la qualité des eaux.

Plusieurs facteurs expliquent la variation de la charge physico-chimique, bactérienne polluante dans les eaux de puits, de forage et de marigot. Il s'agit entre autres des

changements de l'état de l'environnement d'une saison à une autre, la profondeur des ouvrages hydrauliques, les modes d'assainissement dans les concessions.

Si les facteurs chimiques et bactériologiques mis en évidence sont des éléments d'appréciation de la potabilité de l'eau de consommation ; pour les usagers du milieu rural c'est plutôt l'aspect physique qui est le plus déterminant. L'enquête auprès de ces populations a révélé que la présence des débris et la couleur est un signe d'altération de la qualité de l'eau. Par contre, le goût, la saveur et l'odeur constituent pour peu les éléments sur lesquels la qualité de l'eau de consommation est reconnue sans risque pour la santé.

## **TROISIEME PARTIE**

### **EFFETS SOCIO-SANITAIRES DES EAUX CONSOMMEES EN MILIEU ITCHA-IFE ET MESURES PROPOSEES**



## **CHAPITRE VI :**

### **RISQUES ET EFFETS SANITAIRES LIES A LA CONSOMMATION DES EAUX EN MILIEU ITCHA-IFE**

La combinaison des résultats des analyses physico-chimique et bactériologique font apparaître dans les eaux de consommation des taux de certains ions et germes au-dessus des normes admises pour une eau saine. Ces dépassements de normes dans une eau est une source potentielle de nombreuses maladies.

#### **6.1- RAPPELS DES EFFETS DE CERTAINS GERMES ET IONS AU-DELA DES NORMES RECOMMANDEES DANS LES EAUX DE CONSOMMATION**

Les spécialistes de santé publique ont prouvé que ce ne sont pas tous les germes et ions en excès dans une eau qui sont nuisibles à la santé humaine. Les éléments les plus dangereux sont les germes pathogènes et les ions tels que les nitrates, les nitrites et le fluor. Ce sont ces paramètres qui feront l'objet de présentation.

##### **6.1.1. Risques liés aux germes pathogènes**

Les germes mis en évidence dans les eaux de consommation sont les *Escherichia coli*, les *Salmonella* et *Shigella*, les Streptocoques fécaux, les Staphylocoques et les *Clostridium*. Ces germes sont plus rencontrés dans les puits et les marigots, plus exposés à la pollution.

##### **6.1.1.1. Escherichia coli**

*L'Escherichia coli (E. coli)* est une espèce bactérienne appartenant au groupe des coliformes totaux. Cette bactérie se retrouve dans les matières fécales des animaux à sang chaud. A la différence des coliformes totaux, cette espèce n'est pas présente de manière naturelle dans l'environnement et ne colonise pas le biofilm des réseaux de distribution (CEAEQ, 2006). Il est à cet effet un indicateur spécifique d'une contamination fécale et sa présence dans l'eau indique la présence possible de micro-organismes pathogènes entériques.

Certaines souches de *E. coli*, comme les souches entérohémorragiques (ECEH), peuvent être à l'origine de toxi-infections alimentaires (TIA) graves. Les ECEH fabriquent des toxines,

connues sous le nom de verotoxines ou de toxines de type *Shiga* en raison de leur ressemblance avec les toxines élaborées par *Shigella dysenteriae*. Ils se multiplient dans une fourchette de température de 7°C à 50°C, la température optimale étant de 37°C. Or, la température des eaux de consommation en milieu Itcha-Ifè varie entre 27,9 et 32,2° C ; ce qui montre que le secteur d'étude est favorable à la multiplication et à la prolifération des *E. coli*. Ces germes se rencontrent dans les eaux surtout de puits et de marigots utilisées par les populations pour la consommation domestique.

Le pouvoir pathogène des *E. coli* entéropathogènes (EPEC) est surtout important chez les nouveau-nés et les jeunes enfants (selles liquides contenant du mucus, fièvre et déshydratation). Leur pathogénie est liée au fait que les bactéries s'enchâssent et détruisent les cellules en brosse de la muqueuse intestinale. Quant aux *Escherichia coli* invasifs (EIEC), leur pouvoir pathogène est similaire à celui des *Shigella*.

Les symptômes des maladies provoquées par les ECEH sont notamment des crampes abdominales et des diarrhées susceptibles d'évoluer vers des diarrhées sanglantes (colite hémorragique). La fièvre et les vomissements peuvent également s'observer. La période d'incubation est de 3 à 8 jours, avec une médiane de 3 à 4 jours. Dans la plupart des cas, la guérison s'obtient dans les 10 jours, mais chez un petit nombre de patients (en particulier le jeune enfant et la personne âgée), l'infection peut conduire à une affection mortelle comme le syndrome hémolytique-urémique. Celui-ci est caractérisé par une défaillance rénale aiguë, une anémie hémolytique et une thrombopénie. On estime que l'infection à ECEH peut évoluer en syndrome hémolytique-urémique chez 10 % des patients atteints, avec un taux de létalité de 3 à 5 %. Globalement, le syndrome hémolytique-urémique est la cause la plus fréquente d'insuffisance rénale aiguë du jeune enfant. Il peut être à l'origine de complications neurologiques (telles que convulsions, accidents cérébrovasculaires et coma) dans 25 % des cas de syndrome hémolytique-urémique, et de séquelles rénales chroniques, bénignes en général, chez 50 % des survivants.

La gravité des affections liées à ce germe est plus inquiétante étant donné qu'il est présent dans les eaux de forage d'Adjantè à Bantè, une source considérée pour fournir de l'eau potable à la population.

#### 6.1.1.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C (INSPQ, 2002). Ils sont constitués par des bactéries aérobies et anaérobies facultatives, à Gram négatif, à sporulées, en forme de bâtonnet et produisant des colonies bleues en moins de 24 heures à 44,5 °C sur un milieu de type m-Fc contenant du lactose. En raison de leur capacité de croître à la température élevée de 44,5 °C et non seulement à 35 °C comme les coliformes totaux, les coliformes fécaux sont de plus en plus souvent désignés par l'appellation « coliformes thermotolérants » dans la littérature scientifique (CEAEQ, 2005).

L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces du genre *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Elmund et al., 1999; Santé Canada, 1991; Edberg et al., 2000). La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés (Barthe et al., 1998; Edberg et al., 2000). Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale. Ils peuvent provenir d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire (Barthe et al., 1998; OMS, 2000). C'est pourquoi, il est plus approprié d'utiliser le terme générique « coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux » (OMS, 1994b; Robertson, 1995).

L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales (CEAEQ, 2000).

Par ailleurs, puisque les coliformes fécaux ne prolifèrent habituellement pas dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de détecter une contamination fécale découlant par exemple d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations (AWWA, 1990). Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leur sont préférables pour cette fonction (Robertson, 1995).

La présence de coliformes fécaux peut être une indication de la présence de micro-organismes entéropathogènes (Zmirou et *al.*, 1987), comme les salmonelles (Santé Canada, 1991) et le virus de Norwalk (Craun, 1986 ; Fattal et *al.*, 1983; Goodman et *al.*, 1982).

La défécation dans la nature, les infrastructures inadéquates d'assainissement (douche, latrines) sont dans le secteur d'étude les sources de la présence des coliformes dans les eaux consommées par les populations. L'état de l'environnement autour de la plupart des points d'approvisionnement en eau de consommation en milieu Itcha-Ifè (photo 23) donne l'indice de facteurs de prolifération des germes pathogènes.



**Photo 23 : Colonisation des alentours de points d'eau par les mauvaises herbes et autres déchets à Bantè Ilètou (a) et à Tchetti Konayé (b)**

*Cliché : Gomez, avril et octobre 2007*

La photo 23a illustre l'état de quelques points d'eau à Bantè et à Tchetti. A Bantè (photo 23a), s'observe un puits traditionnel foré dans un bas-fond, réceptacle des eaux souillées. L'orifice du puits est couvert par les déchets de bois en pleine décomposition. Aux alentours immédiats du puits se trouvent de hautes herbes qui sous l'effet du vent déversent des fleurs, feuillent, graines dans les eaux. A Tchetti (photo 23b), se trouve sur la rive d'un ruisseau un jeune homme en train de faire la lessive. Sur le lit du ruisseau, trois petits enfants munis de bassines et de bidons s'approvisionnent en cette eau pour l'utilisation domestique. Ces eaux de la lessive, sales et contenant la mousse, sont déversées soit directement dans le lit du ruisseau ou à ses abords. Au niveau de ce ruisseau, s'observent également (photo 23b) ces enfants directement les pieds dans l'eau. Ces eaux servent de boisson pour une grande partie de la population et peuvent faire encourir des risques de maladies.

Les comportements peu hygiéniques observés (lessives aux abords des points d'eau, puits à ciel ouvert, mauvais entretien des alentours, puisettes et cordes non entretenues) ne mettent pas les sources à l'abri de la pollution hydrofécale. De plus, il a été découvert, très proches des points d'eau, des fèces humaines et animales.

Selon Akon (1988), l'absence d'hygiène fécale entraîne la pollution des sols par de nombreuses larves infectantes. La consommation d'aliments souillées et d'eau polluées (manque d'hygiène alimentaire) sont des conditions qui favorisent le développement des larves et entraînent des infestations répétées.

#### **6.1.1.3. Salmonella et Shigella**

Les *Salmonella* et les *Shigella* sont des germes pathogènes invasifs. Les salmonelles sont des bactéries entériques en forme de bâtonnets, anaérobies facultatives, à Gram négatif, mobiles pour la plupart avec des flagelles péritriches, de  $0,7-1,5 \times 2,0-2,5 \mu\text{m}$ , qui produisent du sulfure d'hydrogène. La nomenclature des salmonelles est particulièrement complexe. La notion d'espèce est peu employée pour le genre *Salmonella* et on se réfère plutôt au stéréotype. Ce genre contient plus de 2000 stéréotypes différents (CEAEQ, 2007).

Le genre *Salmonella* contient plusieurs stéréotypes pathogènes pour l'humain et les animaux. Les animaux domestiques et sauvages sont des réservoirs des salmonelles. Les humains également agissent comme réservoir lorsqu'ils sont en convalescence ou lorsqu'ils sont victimes d'une infection asymptomatique. Des porteurs chroniques se trouvent parmi les oiseaux et les animaux, mais rarement parmi les humains. La présence de ces germes dans les eaux consommées dans le secteur se confirme par les fèces de cabris, de volailles, de moutons et autres animaux domestiques aux abords des points d'eau. Ces matières sont entraînées dans l'eau par les objets de puisage, par le ruissellement, par la percolation ou par le vent.

La transmission des infections à salmonelles se fait principalement par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. Plusieurs stéréotypes de *Salmonella* sont largement distribués dans la nature et associés aux matières fécales des animaux. La consommation de viande et de poulet contaminés constitue la principale source d'infection pour l'humain. La dose-infection peut être faible, soit de l'ordre de 15 à 20 cellules.

Les *Shigella* sont des bactéries qui pénètrent dans la muqueuse du côlon et s'y multiplient en entraînant des ulcérations et des symptômes tels que la diarrhée sanglante, la glaireuse, riche en leucocytes, avec des douleurs abdominales et des coliques, le ténesme, la fièvre. Le seul hôte connu est l'homme. Il n'y a pas de portage, le prélèvement sera un prélèvement de selles fraîchement émises de préférence, car ce germe est fragile.

La forte colonie de *Salmonella* et de *Shigella* dans les eaux de surface du secteur d'étude constitue un danger pour les populations.

#### **6.1.1.4. Staphylocoques**

Les staphylocoques sont très présents dans notre environnement. En dehors de l'eau, ils peuvent se retrouver dans l'air, sur le sol, dans les aliments, sur les animaux et sur les meubles. Les risques de pollution des eaux par ce germe sont multiples. L'espèce qui affecte l'homme est le *Staphylococcus aureus*. Ils se rencontrent fréquemment dans les fosses nasales ou les oreilles, à la surface de la peau notamment des mains, dans les plis ou les zones humides (aisselles, périnée, organes génitaux externes).

Les symptômes d'une contamination par le *Staphylococcus aureus* débutent entre 1 à 6 heures après le repas par des nausées, vomissements et une diarrhée (El-Hamzaoui-Amara et *al.*, 2000). Les populations qui consomment les eaux de puits et de marigots et celle du forage de Loughba-Kotakpa seront exposées aux risques des maladies qui dérivent du contact avec les staphylocoques.

#### **6.1.1.5. Streptocoques fécaux**

La classification générale des streptocoques fécaux a été modifiée dans les années 80 par la création d'un nouveau genre, *Enterococcus* (INSPQ, 2002). Dans ce contexte, plusieurs espèces appartenant antérieurement au genre *Streptococcus* ont été transférées vers le genre *Enterococcus*. Ce dernier correspond aux streptocoques du groupe sérologique D de la classification de Lancefield.

Le genre *Enterococcus* comprend une vingtaine d'espèces qui se retrouvent dans différents habitats et chez différents hôtes. On les retrouve souvent dans le tractus gastro-intestinal des

humains et de plusieurs animaux; *Enterococcus faecalis* et *E. faecium* sont les deux espèces le plus souvent identifiées chez l'humain (Clausen et al., 1977; Gleeson et Gray, 1997). Elles sont présentes dans les intestins d'environ 75 % des humains (Olivieri, 1982), à des concentrations variant de 10<sup>5</sup> à 10<sup>8</sup> bactéries/g (Edberg et al., 2000; Gleeson et Gray, 1997; Hancock et Gilmore, 2000).

Les streptocoques du groupe D, susceptibles de contaminer les eaux d'approvisionnement, sont plutôt typiques des déjections animales, comme *Streptococcus bovis*, *S. equinus*, *S. gallolyticus* et *S. alactolyticus* (Bitton, 1999; Clausen et al., 1977; Farrow et al., 1984). Ces espèces colonisent le bétail, les chevaux et la volaille bien qu'elles peuvent parfois être présentes chez l'humain, en particulier *S. bovis* (Devriese et al. 1998; Ruoff et al., 1989) et elles n'ont pas été transférées dans le genre *Enterococcus*.

La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs (Clausen et al. 1977; Edberg et al., 1997; OMS, 2000), notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants (Haslay et Leclerc, 1993a). Ainsi sont-ils des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (OMS, 2000). De plus, leur grande résistance à la dessiccation fait des entérocoques des indicateurs pour le contrôle lors des réparations du réseau de distribution nécessitant un assèchement (WHO, 1993).

Par ailleurs, puisqu'il n'y a généralement pas de croissance des entérocoques dans un réseau de distribution, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente (Clausen et al., 1977). Dans ce contexte, il a été récemment reconnu le rôle des entérocoques à titre d'indicateur de contamination fécale dans les aquifères (nappes d'eau souterraine) (OMS, 2000). Comparativement aux coliformes (incluant *Escherichia coli*), ils sont plus résistants à des conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau (Gleeson et Gray, 1997); de telles conditions sont typiques des eaux souterraines où la température est généralement plus froide et qui sont pauvres en éléments nutritifs.

Bien que les entérocoques fassent partie de la flore normale de l'intestin humain, certaines espèces sont impliquées dans diverses infections nosocomiales où le genre *Enterococcus* est reconnu comme la troisième plus importante cause de ce type d'infection (Facklam et al., 1999; Hancock et Gilmore, 2000).

Ces germes pathogènes sont présents dans les eaux de puits de Bantè Ilètou et de Bobè Djabalo et absents dans les eaux de forages. En outre, les *streptocoques fécaux* sont très fortement représentés (innombrables) dans les eaux de surface (marigots) servant de sources d'approvisionnement en eau à Atokolibé Attèron et à Tchetti Konayé surtout en saison sèche. Ce qui témoigne des risques sanitaires liés à la consommation de ces eaux par les populations du secteur d'étude.

#### **6.1.1.6. Clostridium**

Le *Clostridium difficile* est reconnu comme l'agent responsable des colites pseudo-membraneuses induites par les antibiotiques. Ces *Entérocolites* sont caractérisées par une diarrhée mucosanglante et la formation in situ de pseudo-membranes. Le *Clostridium difficile* est un membre de la flore normale de l'enfant et plus rarement de l'adulte. Sa prolifération précède la maladie, et correspond à une sélection par les antibiotiques (principalement Clindamycine, Lincomycine, Céphalosporine). La toxinogénèse des souches peut être recherchée, de même que la toxine dans les selles. Les populations exposées à ces menaces sont celles de Bantè, de Tchetti et d'Atokolibé.

En somme, la pléthore de ces micro-organismes chez l'être humain est susceptible d'entraîner plusieurs pathologies fatales. Les infections telles que le choléra, la typhoïde, la dysenterie bacillaire, les salmonelloses, les diarrhées ont pour vecteur principal de transmission l'eau de consommation. Toutefois, les autres causes de ces maladies ne sont pas à négliger, ni ignorer pour la prise en charge de ces affections.

### **6.1.2. Risques sanitaires liés à la teneur des substances physico-chimiques**

Les paramètres physico-chimiques à hauts risques pour la santé des populations sont les nitrates et les fluorures. Les eaux destinées à la consommation humaine doivent respecter des valeurs limites pour être qualifiées de potables et sans danger.

#### **6.1.2.1. Nitrates**

Selon l'OMS, la norme maximale à partir de laquelle la dose du nitrate dans l'eau de consommation nuit à la santé humaine est de 50 mg/l (WHO, 2008). La plupart des eaux



consommées dans le secteur d'étude ont des concentrations de nitrates supérieures à celle admise (CMA) surtout en saison sèche entraînant ainsi la toxicité des eaux.

Les nitrates sont des métabolites humains physiologiques qui proviennent pour l'essentiel de la dégradation du monoxyde d'azote ou oxyde nitrique (NO) synthétisé par les cellules endothéliales à partir de la L-arginine sous l'action de la NO-synthétase (Testud, 2002). La toxicité est corrélée à la mortalité par cancer gastrique avec l'ingestion quotidienne de nitrates. Ainsi, les nitrates peuvent engendrer, au-delà d'un certain seuil de concentration, chez les enfants et surtout les nourrissons très sensibles à une absorption trop importante, un empoisonnement du sang appelé maladie bleue ou encore méthémoglobinémie. Les nitrates, sous l'action des bactéries (Hirondel, 1993) présentent dans le corps humain, se transforment en nitrites ( $\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2$ ). Ceux-ci oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus fixer l'oxygène ; ce qui perturbe la respiration cellulaire. Même à faible concentration, ils peuvent également engendrer à long terme des cancers chez les adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérigènes (Goudot et al, 2003 ; OMS, 1998). Le cas du cancer de l'estomac est le plus évoqué.

Les enfants absorbant de grandes quantités de nitrates sont non seulement exposés au risque de formation de nitrosamines (carcinogènes), mais aussi de méthémoglobinémie (cyanose). La première étape de l'affection est la transformation du nitrate en nitrite par suite d'une faible teneur en acide chlorhydrique dans le suc gastrique. Ensuite, le nitrite migre dans le circuit sanguin, où il oxyde l'hémoglobine en méthémoglobine, ceci ayant pour effet de freiner le transport de l'oxygène. La présence dans le sang de 60 à 80 % de méthémoglobine entraîne la mort par étouffement interne. Les symptômes sont similaires à ceux d'une intoxication au monoxyde de carbone (BMZ, 1995).

La norme de 50 mg/l est justifiée compte tenu des risques sanitaires suivants (risques dus non pas aux nitrates eux-mêmes mais aux composés chimiques résultant de la dégradation de ces nitrates dans l'organisme) :

- la « méthémoglobinémie » (ou cyanose) du nourrisson : les nitrites provenant de la dégradation des nitrates dans l'organisme peuvent transformer l'hémoglobine en méthémoglobine diminuant ainsi les capacités d'oxygénation des tissus. Ce phénomène touche plus particulièrement les nourrissons de moins de six mois dont la

faible acidité de l'estomac permet la prolifération des bactéries aptes à faire cette conversion des nitrates en nitrites (et a fortiori les femmes enceintes pour les fœtus) ;

- à plus long terme, il est suspecté que les nitrates peuvent, dans une certaine mesure, participer à la formation de « nitrosamines » supposées cancérigènes.

En 1962, les experts de l'OMS ont fixé une dose journalière admissible (DJA) pour l'homme de 3,65 mg de nitrates par kilo de poids corporel, soit pour un homme de 70 kg, 250 mg/jour de nitrates. Sachant que la quantité moyenne journalière de nitrates ingérés dans une alimentation de type occidental est de l'ordre de 175 mg, il "reste"  $250 - 175 = 75$  mg pour les nitrates en provenance de l'eau de boisson. L'eau de boisson est ainsi le troisième vecteur de nitrates, du fait de leur diffusion dans les nappes phréatiques à partir des engrais et fertilisants épandus sur les terres agricoles (Testud, 2002). Les légumes en représentent la source principale suivis de la charcuterie, des poissons et des fromages.

Dans son édition de 1986 des « Directives de qualité pour l'eau de boisson », l'OMS avertissait déjà qu'il faut tenir compte d'un fait très important, à savoir que les nitrates sont facilement transformés en nitrites par réduction bactérienne. La formation des nitrites est importante pour deux raisons. La première est qu'ils peuvent oxyder l'hémoglobine en méthémoglobine, pigment inapte au transport de l'oxygène. La seconde est que, dans certaines conditions, ils peuvent réagir dans l'organisme avec des amines et des amides secondaires et tertiaires, d'origines diverses, habituellement alimentaires, pour former des nitrosamines dont certaines sont considérées comme cancérigènes».

De ce point de vue, pour ces matières, la tendance obtenue mérite une attention particulière surtout que le fondement de leur présence dans les eaux s'explique par la pollution biologique et humaine.

A l'instar des nitrates et des nitrites, le dépassement du seuil requis du fluor dans l'eau de consommation dégrade sa qualité et entraîne des problèmes de santé aux consommateurs.

#### **6.1.2.2. Fluor**

Le fluor est un métalloïde de la famille des halogènes. Il est le plus électronégatif de cette famille, ce qui lui confère une réactivité chimique telle qu'on ne le rencontre jamais à l'état libre dans

la nature mais sous la forme d'ions fluorures (<http://www.biovert.com/journal/articles/fluor.html>, consulté le 02 juillet 2009). Les ions fluorures ont une forte affinité avec les tissus calcifiés, en particulier les dents et les tissus osseux.

Dans la nature, ils sont présents dans de nombreuses roches telles que fluorine, cryolite, fluoroapatite, micas, topaze, tourmaline et sont retrouvés par conséquent dans l'eau de boisson à des concentrations variables suivant les roches traversées dans le secteur d'étude.

Chez l'homme, les fluorures sont absorbés essentiellement lors de l'ingestion d'aliments et de boissons. L'absorption s'effectue par simple diffusion au niveau de l'estomac et de l'intestin grêle. Une faible partie déjà absorbée retourne partiellement à la cavité buccale par le biais de l'excrétion salivaire des glandes principales et annexes (OMS, 1994c). La plaque dentaire fonctionne ici comme un réservoir qui se charge en fluorures provenant de l'eau de boisson, des aliments et des différentes thérapeutiques fluorées. Ainsi, pour une eau fluorée passant de 1 à 2 mg/l de fluor, la concentration en fluorures augmente de 20.2 à 111µg/g de plaque humide chez des enfants âgés de 12 à 13 ans (Ginglinger, 1996).

En terme de distribution, 99 % des fluorures absorbés sont fixés par les tissus calcifiés que sont les os et les dents. Ceci est la conséquence de leur forte réactivité avec l'apatite (phosphate de calcium complexe) qui est le composant minéral des os et des dents. Ainsi, 50 % de la quantité absorbée chaque jour par un adulte jeune ou d'âge moyen se fixent en 24 heures aux tissus calcifiés. Chez les très jeunes individus, cette rétention est encore plus importante (OMS, 1994c).

En général, les fluorures jouent un rôle essentiel dans la prévention des caries dentaires. Les effets topiques sont de trois types :

- un effet bactéricide sur les germes de la plaque dentaire ;
- une diminution de la solubilité de l'émail en milieu acide ;
- une reminéralisation des lésions carieuses initiales de l'émail.

Mais, des teneurs supérieures à la CMA (1,5 mg/L) font courir le risque accru de fluorose dentaire, selon les directives de l'OMS. Ce risque, bien que n'étant pas encore réel dans les localités où les échantillons d'eau ont été analysés dans les communes de Bantè et de Savalou,

ne doit pas être ignoré. L'eau de puits de Pira Kpara avec une concentration de 0,92 mm/L est à la limite qui pourrait induire la fluorose et devra être suivie.

Il se distingue dix stades de fluorose dentaire, de très léger (à peine visible) à très sévère. A ce dernier stade, des trous apparaissent sur la surface des dents qui finissent par s'effriter. La fluorose dentaire peut être suivie d'une fluorose osseuse ou et d'une fluorose létale ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Fluorose\\_dentaire](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fluorose_dentaire), consulté le 14 juillet 2009).

Le nitrate / nitrite et les fluorures sont les paramètres ayant plus d'effets sur la santé des populations. Quant aux autres paramètres, leurs effets en termes de risques sanitaires ne sont pas tellement mises en évidence. Toutefois, des problèmes sanitaires relatifs au goût sont signalés pour les chlorures, l'ammonium, le fer, le manganèse, le sodium.

## **6.2- EFFETS SANITAIRES DES EAUX CONSOMMEES**

L'examen des résultats des analyses physico-chimique et bactériologique obtenus à travers cette étude ont montré que les eaux de consommation en milieu Itcha-Ifè sont pour la plupart non potables et pourraient induire des maladies hydriques. Pour évaluer la proportion des affections liées à l'eau dans le secteur d'étude, deux sources ont été utilisées à savoir : les données épidémiologiques des formations sanitaires et celles issues des enquêtes de terrain.

### **6.2.1. Maladies les plus fréquemment notifiées en consultation dans la zone sanitaire englobant le secteur d'étude**

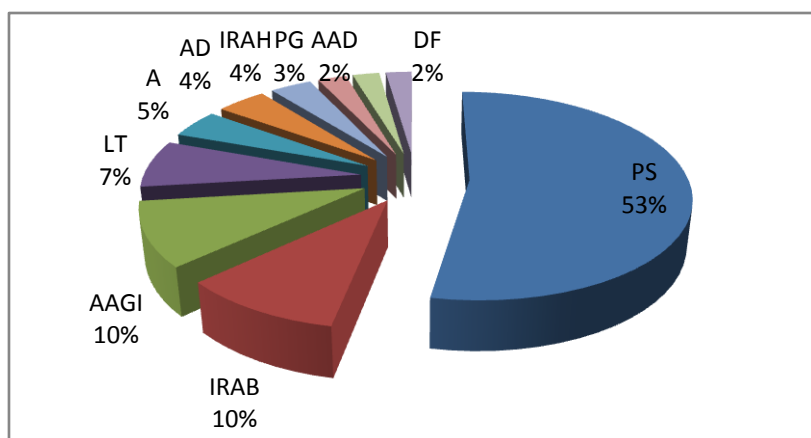
Les statistiques sanitaires officielles au Bénin ne sont désagrégées qu'à deux (2) niveaux : le niveau départemental et le niveau des zones sanitaires. Le milieu Itcha-Ifè fait partie de la Zone Sanitaire (ZS) appelée Savalou-Bantè avec en son sein vingt cinq aires sanitaires. Ce sont ces dernières qui alimentent la base de données de la Zone Sanitaire. Le secteur d'étude abrite à lui seul les trois cinquièmes (3/5) d'aires sanitaires de la ZS. Celles-ci ont servi de référence pour l'analyse des maladies hydriques dans le secteur d'étude. Cette analyse a été toutefois affinée par les données directement obtenues dans quelques postes de santé.

Les données de santé (cas en consultation) de la Zone Sanitaire de ressort du secteur présentent des maladies liées à la consommation des eaux comme la diarrhée fébrile, la dysenterie bacillaire ou diarrhée sanguinolente et d'autres affections gastro-intestinales. L'analyse de la variation des cas d'affections à l'échelle annuelle, sur une série de cinq (05)

ans (2002-2006), a permis d'apprécier la contribution des eaux de consommation sur le profil épidémiologique.

D'après les données épidémiologiques, les dix principales maladies enregistrées dans la Zone Sanitaire se présentent comme l'indiquent les figures 42 à 46.

La figure 42 illustre les différentes proportions occupées par les dix principaux motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2002.



**Figure 42 : Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2002**

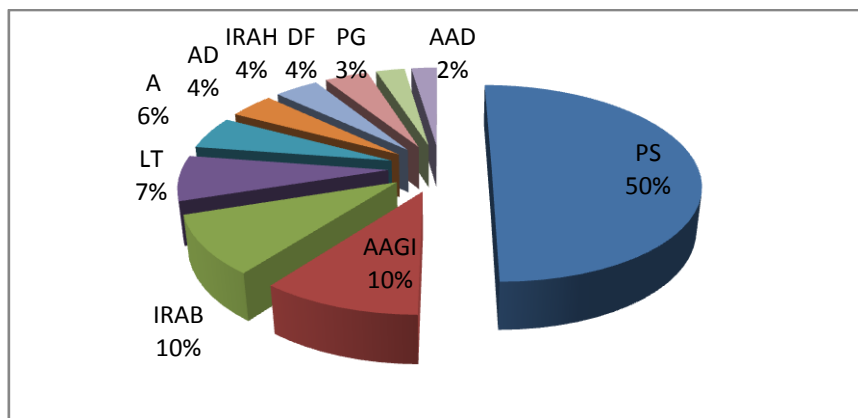
Source : Ministère de la Santé, 2003

#### Légende :

|             |                                         |             |                                      |
|-------------|-----------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| <b>PS</b>   | : Paludisme Simple                      | <b>IRAH</b> | : Infection Respiratoire Aigue Haute |
| <b>IRAB</b> | : Infection Respiratoire Aigue Basse    | <b>AAD</b>  | : Autres Affections Dermatologiques  |
| <b>AAGI</b> | : Autres Affections Gastro-Intestinales | <b>DF</b>   | : Diarrhée Fébrile                   |
| <b>LT</b>   | : Lésions traumatiques                  | <b>A</b>    | : Anémie                             |
| <b>PG</b>   | : Paludisme Grave                       | <b>AD</b>   | : Autres Diarrhées                   |

Les dix principaux motifs de consultation dans la Zone Sanitaire représentent 81,25 % des affections totales en 2002. Les affections directement liées au péril hydrique (diarrhée fébrile, autres diarrhées et autres affections gastro-intestinales) représentent 16 % du total soit 7 960 cas enregistrés correspondant à 4,26 % de la population totale du secteur d'étude affectée au cours de l'année.

En 2003, la situation est décrite comme le montre la figure 43.



**Figure 43 : Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2003**

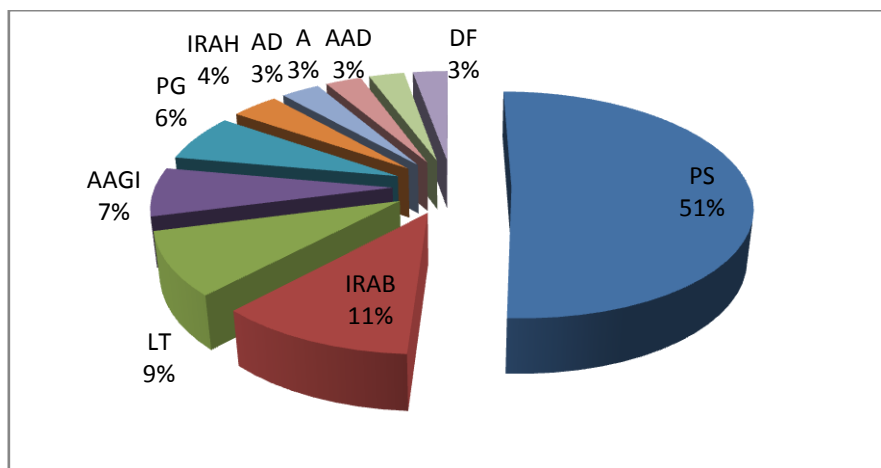
Source : Ministère de la Santé, 2004

**Légende :**

|             |                                         |             |                                      |
|-------------|-----------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| <b>PS</b>   | : Paludisme Simple                      | <b>IRAH</b> | : Infection Respiratoire Aigue Haute |
| <b>IRAB</b> | : Infection Respiratoire Aigue Basse    | <b>AAD</b>  | : Autres Affections Dermatologiques  |
| <b>AAGI</b> | : Autres Affections Gastro-Intestinales | <b>DF</b>   | : Diarrhée Fébrile                   |
| <b>LT</b>   | : Lésions traumatiques                  | <b>A</b>    | : Anémie                             |
| <b>PG</b>   | : Paludisme Grave                       | <b>AD</b>   | : Autres Diarrhées                   |

La proportion en 2003 des cas de malades consultés du fait des causes d'origine hydrique s'est établie à 18 % par rapport au total des dix principales maladies.

La situation en 2004 se présente de la façon suivante (figure 44) :



**Figure 44 : Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2004**

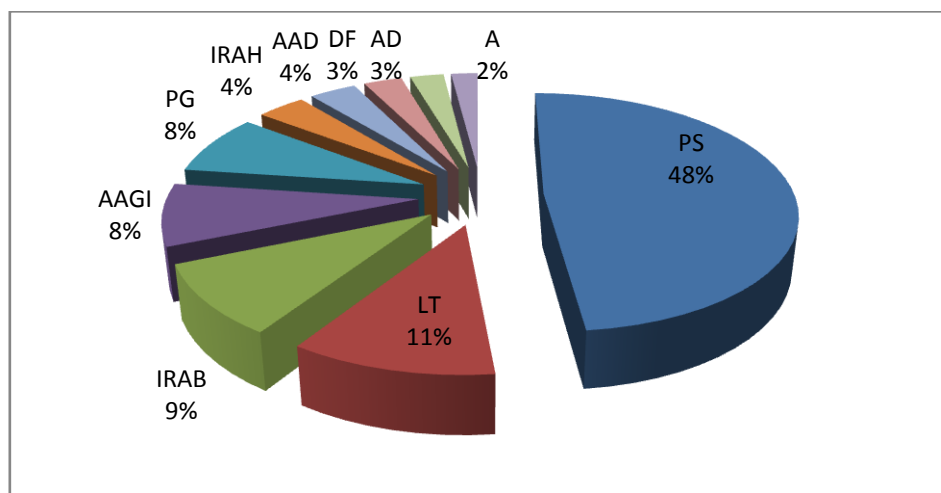
Source : Ministère de la Santé, 2005

**Légende :**

|             |                                         |             |                                      |
|-------------|-----------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| <b>PS</b>   | : Paludisme Simple                      | <b>IRAH</b> | : Infection Respiratoire Aigue Haute |
| <b>IRAB</b> | : Infection Respiratoire Aigue Basse    | <b>AAD</b>  | : Autres Affections Dermatologiques  |
| <b>AAGI</b> | : Autres Affections Gastro-Intestinales | <b>DF</b>   | : Diarrhée Fébrile                   |
| <b>LT</b>   | : Lésions traumatiques                  | <b>A</b>    | : Anémie                             |
| <b>PG</b>   | : Paludisme Grave                       | <b>AD</b>   | : Autres Diarrhées                   |

Il découle de la figure 44 que les affections directement liées à l'eau font 13 % de l'ensemble que constituent les principales maladies.

Pour l'année 2005, les dix principales affections font 76,29 % du total des cas enregistrés. Elles sont réparties comme l'indique la figure 45.



**Figure 45 : Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2005**

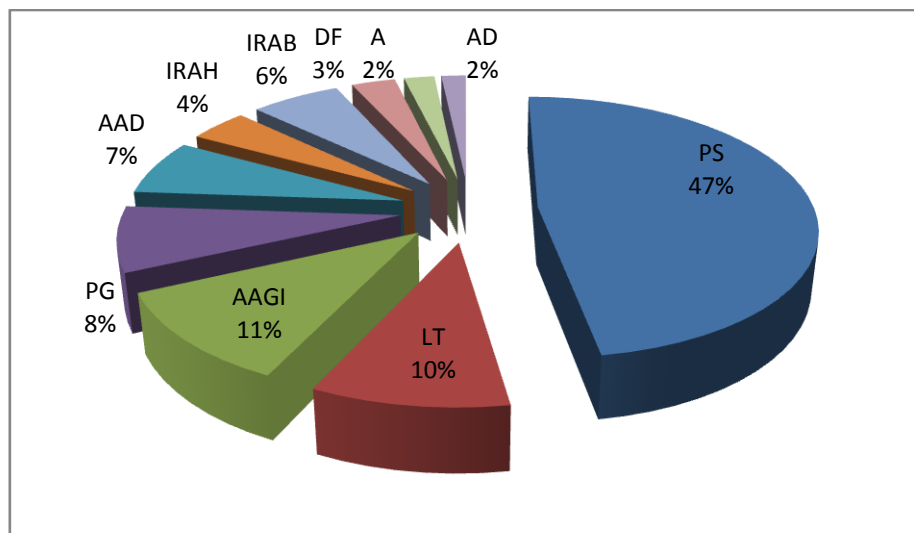
Source : Ministère de la Santé, 2006

#### Légende :

|             |                                         |             |                                      |
|-------------|-----------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| <b>PS</b>   | : Paludisme Simple                      | <b>IRAH</b> | : Infection Respiratoire Aigue Haute |
| <b>IRAB</b> | : Infection Respiratoire Aigue Basse    | <b>AAD</b>  | : Autres Affections Dermatologiques  |
| <b>AAGI</b> | : Autres Affections Gastro-Intestinales | <b>DF</b>   | : Diarrhée Fébrile                   |
| <b>LT</b>   | : Lésions traumatiques                  | <b>A</b>    | : Anémie                             |
| <b>PG</b>   | : Paludisme Grave                       | <b>AD</b>   | : Autres Diarrhées                   |

Il y ressort de la figure 45 que les affections dues à l'eau font 14 % du cumul des dix affections. Elles occupent donc une place importante parmi les maladies qui nuisent à la bonne santé des habitants du secteur d'étude.

En 2006, ces dix motifs de consultation occupent un pourcentage de 96 % par rapport à l'ensemble des malades consultés (2006). Les maladies directement liées à l'eau forment 16 % de l'ensemble des dix épidémies principales, soit plus de 15 % du total des affections enregistrées. La tendance en 2006 confirme la persistance de ces maladies (figure 46).



**Figure 46 : Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2006**

Source : Ministère de la Santé, 2007

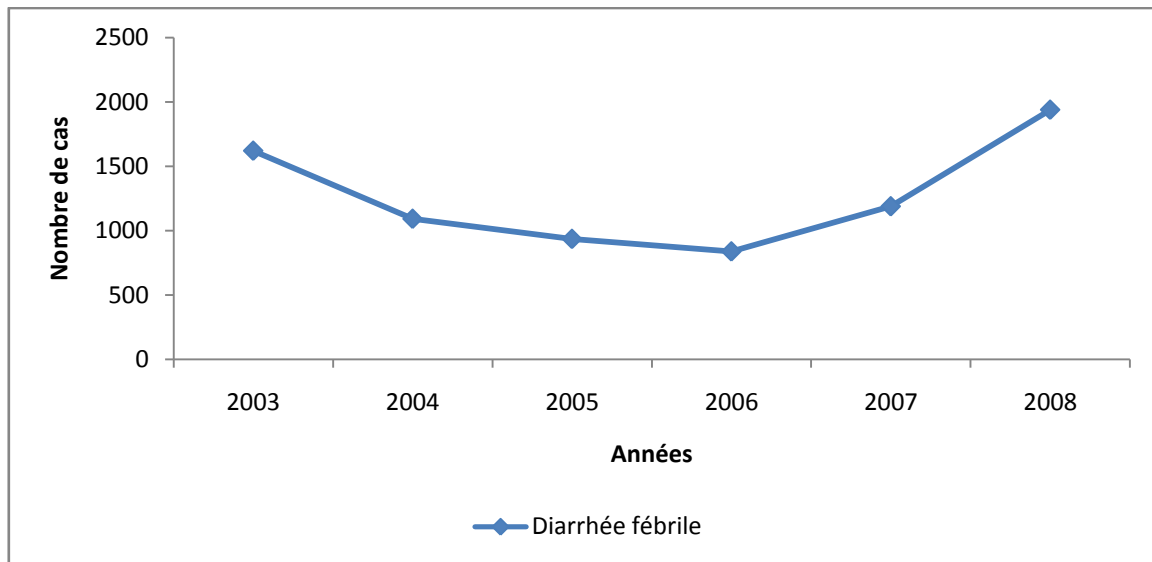
**Légende :**

|             |                                         |             |                                      |
|-------------|-----------------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| <b>PS</b>   | : Paludisme Simple                      | <b>IRAH</b> | : Infection Respiratoire Aigue Haute |
| <b>IRAB</b> | : Infection Respiratoire Aigue Basse    | <b>AAD</b>  | : Autres Affections Dermatologiques  |
| <b>AAGI</b> | : Autres Affections Gastro-Intestinales | <b>DF</b>   | : Diarrhée Fébrile                   |
| <b>LT</b>   | : Lésions traumatiques                  | <b>A</b>    | : Anémie                             |
| <b>PG</b>   | : Paludisme Grave                       | <b>AD</b>   | : Autres Diarrhées                   |

De façon générale, ces figures permettent de dégager que les maladies véhiculées par la consommation de l'eau tournent autour de 15 % du total enregistré dans le secteur chaque année, à l'exception de celles non classées parmi les dix (10) premières affections. De plus, leur taux se situe dans une tendance sans cesse à la hausse sur la période d'étude. Ce taux très significatif montre que les maladies liées à l'eau constituent un problème de santé publique pour le secteur d'étude et devront être prise en charge. Cette tendance laisse penser que les contaminants (biologiques, chimiques, physiques) associés à l'insalubrité et au manque d'hygiène constituent des facteurs déterminant dans le développement des pathologies en milieu Itcha-Ifè.

Afin de bien appréhender la situation de ces maladies, les statistiques extraites de la base des données sanitaires du Ministère de la Santé ont permis de disposer les informations sur chaque type d'affection sur une échelle de temps. Les figures 47 à 50 montrent l'évolution interannuelle du nombre de malades par affection en milieu Itcha-Ifè.



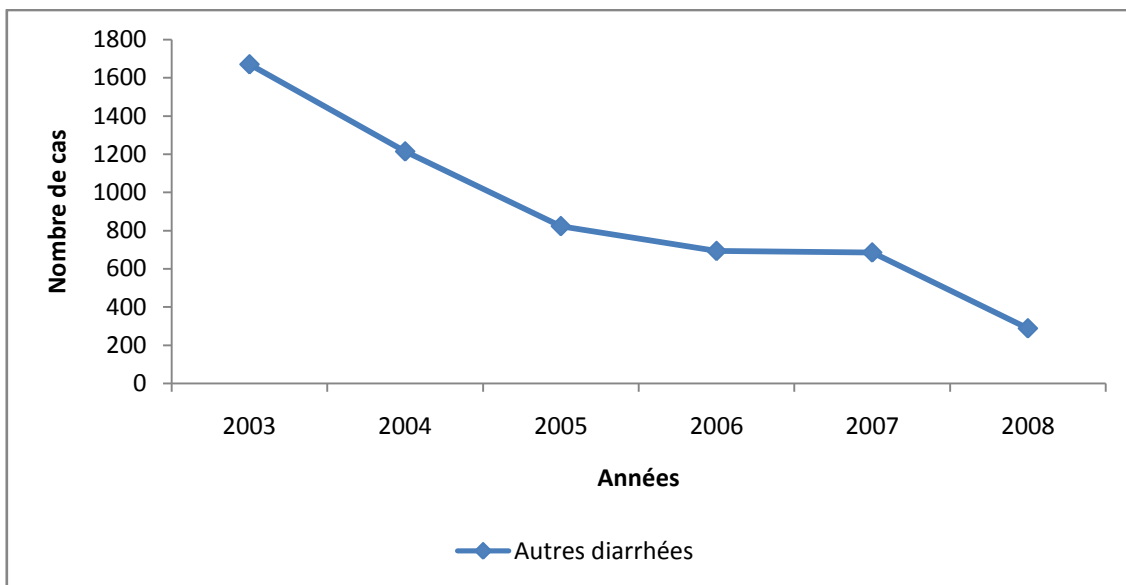


**Figure 47 : Evolution interannuelle du nombre de cas de malades atteints de diarrhée fébrile**

Source : Ministère de la Santé, 2009

L'analyse de la figure 47 montre une forte prévalence de la diarrhée fébrile en 2003 avec le nombre de cas de malades estimé à 1620. De 2003 à 2006, l'évolution interannuelle des affections diarrhéiques fébriles présente une tendance à la baisse pour atteindre, en 2006, la valeur la plus faible (839 cas) de la période de référence. Cette maladie a connu une reprise à la hausse à partir de cette année pour enregistrer plus de 1000 cas de malades supplémentaires en 2008. La tendance à la reprise pourrait être expliquée beaucoup plus par l'enregistrement des différents types de diarrhées lors des inventaires épidémiologiques au niveau des centres de santé. En observant le tracé de la diarrhée fébrile et celle des autres diarrhées (figure 48), il se dégage que pendant que le nombre de cas de maladies de la diarrhée fébrile augmente, les autres diarrhées diminuent.

Dans le cas des autres diarrhées (figure 48), le nombre de malades a connu une variation de 288 à 1670 avec une moyenne de 896 personnes atteintes. L'analyse de la figure 48 montre que l'année 2003 a enregistré le plus grand nombre de cas de personnes infectées par les autres diarrhées, soit 1 670 cas. Depuis cette année, la variation dans le temps des autres diarrhées présente une tendance à la baisse. Le plus faible nombre de cas (288) est obtenu en 2008. Ainsi, observe-t-on une diminution en moyenne de 246 malades d'année en année dans le secteur d'étude. Cette tendance peut être, comme précédemment, justifiée par l'enrôlement de ces maladies dans les centres de santé.

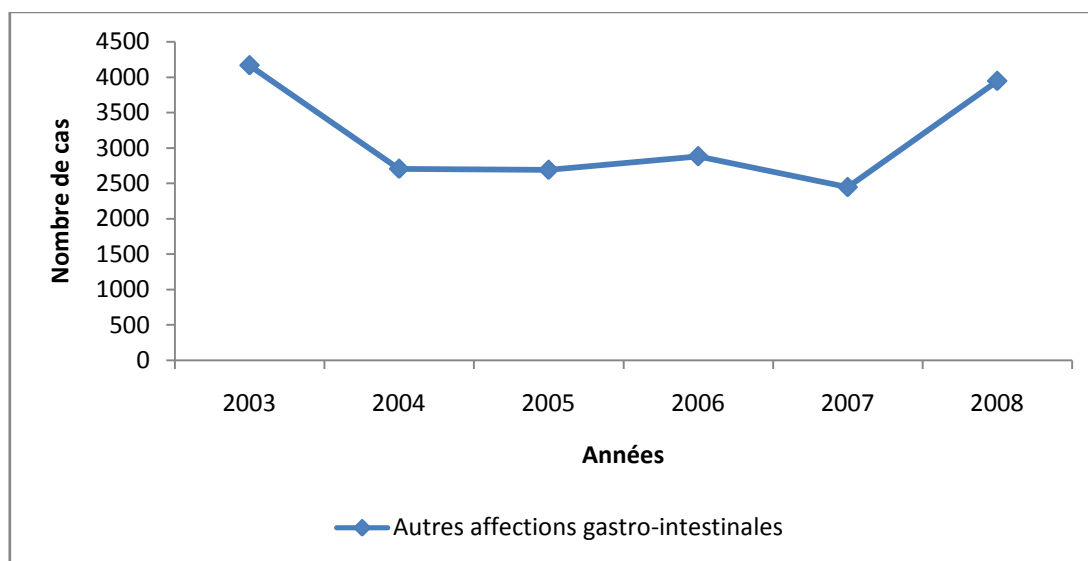


**Figure 48 : Evolution interannuelle du nombre de cas de maladies atteintes des autres diarrhées**

Source : Ministère de la Santé, 2009

Dans les fiches de relevés épidémiologiques les formes de diarrhées sont de plus en plus regroupées au seul vocable "diarrhée" à l'exception de certaines aires sanitaires qui essayent de les distinguer.

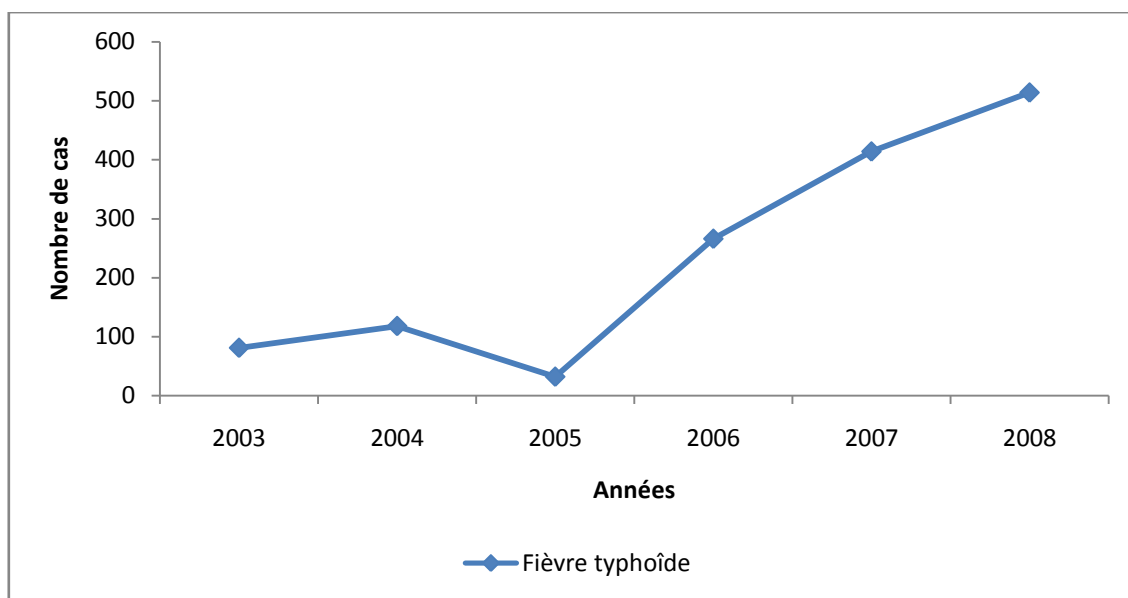
La figure 49 relative aux autres affections gastro-intestinales indiquent également une tendance à la baisse du nombre de malades enregistrés de 2003 à 2007 avant une hausse pour atteindre 3 944 malades en 2008.



**Figure 49 : Evolution interannuelle du nombre de cas de maladies atteintes d'autres affections gastro-intestinales**

Source : Ministère de la Santé, 2009

En ce qui concerne la fièvre typhoïde, sa prévalence augmente d'année en année comme l'illustre aussi la figure 50. A cet effet, la variation interannuelle est de 32 à 514 nombres de malades ; soit une moyenne de 235 personnes atteintes chaque année sur la période 2003-2008.



**Figure 50 : Evolution interannuelle du nombre de cas de malades atteints de la fièvre typhoïde**

Source : Ministère de la Santé, 2009

L'analyse de la figure 50 montre une tendance relativement à la hausse marquée par une augmentation de 94 malades de fièvre typhoïde par an dans le secteur d'étude. La déclaration des agents des centres de santé du secteur d'étude interrogés ont permis de donner une explication à cette tendance haussière. En effet, le mal a commencé par prendre de l'importance à partir de 2002. Au début, par l'ignorance de son effet fatal, la plupart des malades ne sont pas envoyés aux soins cliniques. Ils s'adressaient aux guérisseurs traditionnels qui attribuent la maladie à l'envoûtement. C'est surtout, à partir de 2003, qu'une campagne de sensibilisation menée conjointement par les agents de santé et les collectivités locales a permis de mieux faire connaître la maladie aux populations. A la suite de nombreuses pertes humaines, les populations ont commencé par orienter les cas suspects vers les formations sanitaires.

En synthèse, les tendances que présentent les différentes affections directement liées à la qualité de l'eau de consommation, surtout à partir de 2005 à l'exception des autres diarrhées, deviennent inquiétantes. La fièvre typhoïde semble être une maladie émergente, de plus en

plus contractée et entretenue par les populations. Les maladies diarrhéiques enregistrent aussi depuis 2006, une tendance à la hausse des nombres de cas de malades. Ces maladies sont révélatrices du péril hydrique en milieu Itcha-Ifè.

### **6.2.2. Pathologies liées à l'eau de consommation dans le secteur d'étude**

Une étude de ce genre pour être opérationnelle et profitée aux populations doit focaliser l'attention sur les réalités spécifiques au milieu. Cela amène à une analyse qui tient compte des données qui concernent strictement le secteur d'étude. Ainsi, dans la limite du possible, les données de six (6) aires sanitaires ont été compilées sur une période de trois (3) ans (2007 à 2009), les séries des années antérieures n'étant pas retrouvées au complet. Les aires sanitaires ont été choisies en tenant compte du critère géographique. Elles comportent, d'une part, cinq (5) formations sanitaires, Pira, Kpataba, Agoua, Tchetti et Ottola dépendant des Centres de Santé Communaux, dont les prestations sont limitées aux consultations et aux soins primaires ; d'autre part, le centre de santé de Bantè, de référence, qualifié pour des diagnostics plus approfondis (service de consultation, laboratoire d'analyse biomédicale).

Le récapitulatif des relevés épidémiologiques mensuels des centres de santé de Pira, Kpataba, Agoua, Tchetti et Ottola est illustré par les tableaux XIX, XX, XXI, XXII et XXIII. Les résultats qu'ils reflètent sont indicatifs et doivent être pris avec circonspection. Pour cause, ils ne constituent pas des données apurées et validées. Egalement le système d'enregistrement paraît un peu aléatoire et la classification des maladies varient d'un centre sanitaire à l'autre. Il a été constaté dans certains centres que toutes les maladies infectieuses intestinales sont regroupées soit dans la colonne de diarrhée fébrile, soit dans celle des autres diarrhées, soit dans celle des autres affections gastro-intestinales. On constate que certaines maladies n'ont pas été du tout renseignées alors qu'elles sévissent dans le secteur d'étude. Pour cette raison, l'analyse de l'évolution des maladies liées à l'eau est faite sur la base des trois (3) affections cumulées pour minimiser un temps soit peu les biais.

Les trois principales maladies enregistrées au poste de santé de Pira se présentent comme suit (tableau XIX) :

**Tableau XIX : Principales affections d'origine hydrique à Pira (2007 – 2009)**

| Affections                            | Années     |            |            |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
|                                       | 2007       | 2008       | 2009       |
| Diarrhées fébriles                    | 101        | 140        | 115        |
| Autres diarrhées                      | 74         | 73         | 22         |
| Autres affections gastro-intestinales | 97         | 131        | 209        |
| <b>TOTAL</b>                          | <b>272</b> | <b>344</b> | <b>346</b> |

Source : Zone Sanitaire Savalou-Bantè, 2010

Le tableau XIX montre une augmentation des affections d'origine hydrique d'année en année. Elles sont passées de 272 cas en 2007 à 344 cas en 2008, puis à 346 en 2009. En 2007, les diarrhées fébriles ont constitué environ les trois cinquièmes (3/5) des maladies infectieuses enregistrées dans l'aire sanitaire. Par contre en 2009, les affections gastro-intestinales ont dominé.

Le tableau XX suivant illustre la situation des maladies liées à l'eau enregistrées dans le centre de santé de l'arrondissement de Tchetti.

**Tableau XX : Principales affections d'origine hydrique à Tchetti (2007 – 2009)**

| Affections                            | Années     |            |            |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
|                                       | 2007       | 2008       | 2009       |
| Diarrhées fébriles                    | 136        | 130        | 367        |
| Autres diarrhées                      | 51         | 63         | 140        |
| Autres affections gastro-intestinales | 333        | 399        | 352        |
| <b>TOTAL</b>                          | <b>520</b> | <b>592</b> | <b>859</b> |

Source : Zone Sanitaire Savalou-Bantè, 2010

Dans cette aire sanitaire qui rassemble Tchetti et Léma, les maladies liées à l'eau sont passées de 520 cas en 2007 à 592 en 2008. En 2009, elles ont connu une forte augmentation pour atteindre 859 cas. Cette augmentation est évidente dans la mesure où cette année, les populations ont plus recours aux eaux de puits, de mares et de marigots des suites de pannes successives et prolongées de la mini-adduction d'eau qui ravitaille les populations, a expliqué le responsable du centre de santé de Tchetti. Lors des différents passages dans cette localité, cette source d'eau à laquelle la population fait plus allégeance n'a pas été fonctionnelle.

Le tableau XXI révèle les principales maladies dues à l'eau des suites des consultations au poste de santé de l'Etat à Kpataba.

**Tableau XXI : Principales affections d'origine hydrique à Kpataba (2007 – 2009)**

| Affections                            | Années     |            |            |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
|                                       | 2007       | 2008       | 2009       |
| Diarrhées fébriles                    | 85         | 108        | 27         |
| Autres diarrhées                      | 41         | 50         | 3          |
| Autres affections gastro-intestinales | 391        | 428        | 408        |
| <b>TOTAL</b>                          | <b>517</b> | <b>586</b> | <b>438</b> |

Source : Zone Sanitaire Savalou-Bantè, 2010

A Kpataba, les affections gastro-intestinales occupent la première place suivies des diarrhées fébriles. L'année 2009 a enregistré moins de malades du fait de la consommation de l'eau moins polluée comparativement aux années antérieures (517 cas en 2007, 586 en 2008 et 438 en 2009).

En dehors de ces trois centres sanitaires dont la particularité est l'importance de leur population et les localités qui les abritent disposant de mini-adductions d'eau potable, la situation sanitaire dans deux (2) autres centres sanitaires ayant des caractéristiques identiques a été présentée (localités ne disposant pas de mini-adduction d'eau et moins peuplées). Les tableaux XXII et XXIII illustrent les principales maladies d'origine hydrique à Ottola et à Agoua.

**Tableau XXII : Principales affections d'origine hydrique à Ottola (2007 – 2009)**

| Affections                            | Années     |            |            |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
|                                       | 2007       | 2008       | 2009       |
| Diarrhées fébriles                    | 88         | 117        | 233        |
| Autres diarrhées                      | 79         | 100        | 230        |
| Autres affections gastro-intestinales | 78         | 48         | 149        |
| <b>TOTAL</b>                          | <b>245</b> | <b>265</b> | <b>612</b> |

Source : Zone Sanitaire Savalou-Bantè, 2010

**Tableau XXIII : Principales affections d'origine hydrique à Agoua (2007 – 2009)**

| Affections                            | Années     |            |            |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|
|                                       | 2007       | 2008       | 2009       |
| Diarrhées fébriles                    | -          | 8          | -          |
| Autres diarrhées                      | 43         | 21         | 1          |
| Autres affections gastro-intestinales | 182        | 267        | 345        |
| <b>TOTAL</b>                          | <b>225</b> | <b>296</b> | <b>346</b> |

Source : Zone Sanitaire Savalou-Bantè, 2010

Il ressort du tableau XXII que les maladies infectieuses intestinales sont en évolution croissante au fil des années dans la localité. Entre 2008 et 2009, ces infections sont passées du simple à plus du double. Cette allure est inquiétante si elle se maintient les années à venir.

Pour le cas d'Agoua, le relevé des maladies infectieuses intestinales met en filigrane les difficultés d'enregistrement et de catégorisation des infections évoquées plus haut. Au cours des années 2007 et 2009, pratiquement toutes les maladies ont été imputées aux groupes des affections gastro-intestinales. L'analyse du tableau XXIII montre tout de même que le nombre de cas de maladies liées à l'eau dans leur ensemble augmente chaque année. Ces cas de maladies sont de 225 en 2007, 296 en 2008 et 346 en 2009.

En résumé, l'exploitation des relevés épidémiologiques des aires sanitaires de Pira, de Kpataba, d'Agoua, de Tchetti et d'Ottola ont permis de dégager la présence des maladies liées à l'eau comme les diarrhées fébriles, les autres diarrhées et les autres affections gastro-intestinales qui augmentent d'année en année. Mais il faut faire remarquer que la détection de ces maladies n'est pas assise sur une analyse de laboratoire. Il s'agit donc d'une présomption de maladie sur la base des plaintes lors des consultations. C'est pourquoi, en dehors de ces cinq (5) centres sanitaires secondaires, limités dans les diagnostics par l'absence des analyses microbiologiques, les données du centre de référence incorporé dans le secteur d'étude qui est le Centre de Santé Communal de Bantè ont été examinées (tableau XXIV). En principe, ce centre accueille également tous les cas en référé provenant de Pira, Agoua, Gouka, Koko et Lougba et des agglomérations avoisinantes. Les données issues du centre est donc un indicateur pour connaître les maladies spécifiquement liées à l'eau dans le secteur à l'aide des analyses cliniques de laboratoire.

**Tableau XXIV : Principales affections d'origine hydrique à Bantè (2008 – 2009)**

| Affections                      | Années     |            |
|---------------------------------|------------|------------|
|                                 | 2008       | 2009       |
| Diarrhée d'origine présumée     |            |            |
| Infectieuse                     | 305        | 338        |
| Fièvre typhoïde ou paratyphoïde | 158        | 163        |
| Amibiase                        | 65         | 8          |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>528</b> | <b>489</b> |

Source : Zone Sanitaire Savalou-Bantè, 2010

La présentation des relevés épidémiologiques mensuels se fait suivant une typologie différente des autres centres. Dans ce registre, les maladies infectieuses intestinales sont plus détaillées. Elles concernent le choléra, la fièvre typhoïde ou paratyphoïde, le shigellose, l'amibiase et la diarrhée. Au nombre de ces maladies, la diarrhée, la fièvre typhoïde ou paratyphoïde et l'amibiase sont les plus courantes.

Il ressort de tous ces exemples que le nombre de cas de maladies hydriques augmente au fil des années avec une allure significative dans la plupart des cas. Mais, la question est de savoir pourquoi les maladies infectieuses recensées dans le secteur d'étude ont plus une connotation d'origine hydrique ?

Pour répondre à cette question, il a été tenté une esquisse d'explication à partir de la population desservie par un centre de santé, le taux de desserte en eau de cette même population et le nombre de malades dont la cause est attribuée à l'eau au sein de cette population. L'exemple s'est appuyé sur les localités de Pira, Ottola, Agoua et Kpataba. La localité de Tchetti a été exclue à dessein à cause de la situation irrégulière sus-évoquée. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau XXV sur la base de l'année de référence 2009.

**Tableau XXV : Comparaison entre la population, le taux de desserte en eau potable et les maladies infectieuses**

| Aire sanitaire | Population estimée* | Taux de desserte en eau* | Maladies liées à l'eau | M/P x 100 |
|----------------|---------------------|--------------------------|------------------------|-----------|
| Ottola         | 7 385               | 23,1 %                   | 612                    | 8,3 %     |
| Kpataba        | 11 801              | 27,5 %                   | 438                    | 3,7 %     |
| Agoua          | 8 807               | 34,5 %                   | 346                    | 3,9 %     |
| Pira           | 17 369              | 45,4 %                   | 346                    | 2,0 %     |

M : Maladies liées à l'eau ; P : Population

\*Source : DGEau, 2010



De l'examen du tableau XXV suivant la variable des taux de desserte en eau potable (colonne 3) et la variable maladies par habitant (colonne 5), on peut déduire que les localités ayant les taux de desserte les plus élevés ont les taux de maladies par habitant les plus faibles. Cela laisse présager de l'existence d'une corrélation négative entre les taux de desserte en eau et les maladies liées à l'eau dans le secteur d'étude. Autrement dit, plus on augmente le taux de desserte en eau potable, moins les maladies relatives à l'eau polluées vont affecter les populations. Mais, cette augmentation n'induit pas un changement de comportement de consommation de l'eau potable si les politiques mises en œuvre n'en assurent pas une disponibilité continue. La situation de Tchetti est évocatrice où les pannes récurrentes contraignent les populations aux sources d'eaux non potables.

En dehors du contexte qui a prévalu en 2009 à Tchetti, on constate qu'il existerait une corrélation entre le taux de desserte en eau potable et le poids des maladies relatives à l'eau dans le secteur d'étude. Ce qui amène à conclure que la prévalence de ces affections dues à l'eau en milieu Itcha-Ifè est associée à la qualité de l'eau de consommation. Nonobstant cette considération, les populations attribuent l'avènement des affections à d'autres causes.

### **6.2.3. Perceptions populaires de la santé humaine**

Les opinions recueillies auprès des populations partent de la connaissance qu'elles ont des maladies qui sévissent dans leur milieu à l'identification de leurs causes.

#### **6.2.3.1. Principales maladies d'après les populations**

L'enquête auprès des ménages a permis de se rendre compte de la situation des plaintes par affection. Les réponses à la question fermée sur les maladies les plus fréquentes dans les localités vont spontanément vers le paludisme, la fièvre typhoïde, le choléra, les diarrhées, les maux de ventre, les parasitoses intestinales, les maux de têtes et la bilharziose (tableau XXVI).

Tout comme dans les statistiques officielles, le paludisme est la première affection reconnue par les personnes enquêtées avec 29,03 %. Suivent les maux de ventre (20,12 %), les diarrhées (18,43 %), les parasitoses intestinales (12,44 %), la fièvre typhoïde (7,53 %), le choléra (4,76 %), les maux de tête (4,61 %) et la bilharziose (3,07 %).

**Tableau XXVI : Principales maladies selon les populations**

| Affections               | Effectif   | Pourcentage   |
|--------------------------|------------|---------------|
| Paludisme                | 189        | 29,03         |
| Diarrhées                | 120        | 18,44         |
| Cholera                  | 31         | 4,76          |
| Fièvre typhoïde          | 49         | 7,53          |
| Maux de ventre           | 131        | 20,12         |
| Parasitoses intestinales | 81         | 12,44         |
| Maux de tête             | 30         | 4,61          |
| Bilharziose              | 20         | 3,07          |
| <b>TOTAL</b>             | <b>651</b> | <b>100,00</b> |

Source : Résultats enquêtes de terrain, 2008

Paradoxalement, lorsqu'on demande de citer les maladies, on constate que les populations se limitent souvent à celles sus-mentionnées. Cela pourrait traduire leur fréquence dans le secteur d'étude. Au total, en dehors du paludisme, des maux de tête et la bilharziose, toutes les autres affections indiquées sont de la famille des maladies relatives à la consommation de l'eau polluée.

Bien que certaines déclarations se rapprochent de la tendance relevée dans les centres de santé, certaines sont subjectives et traduisent l'état affectif et psychologique des personnes rencontrées. En effet, pendant la période de travail, aucun malade de choléra, de bilharziose n'a été rencontré alors que ces infections sont citées par les personnes interrogées. Comme il a été fait remarquer au cours des recherches antérieures dans le secteur d'étude (Gomez, 2004), les maladies qui ont sévi dans le temps et qui ont fait de nombreuses pertes en vies humaines laissent des souvenirs amers gravés dans la mémoire des parents victimes. C'est particulièrement le cas du choléra.

Dans l'ensemble, pour les cas cités, il se révèle que les maladies les mieux connues par les populations sont celles liées à l'eau, au manque d'hygiène et d'assainissement. La maîtrise de ces maladies est hypothéquée lorsque les causes qui leur sont attribuées sont diversement appréciées.

#### **6.2.3.2. Causes des maladies selon les populations**

Les causes des maladies énumérées sont parfois objectives et subjectives. Le tableau XXVII présente les différentes causes auxquelles les affections courantes en milieu Itcha-Ifè sont associées.

**Tableau XXVII : Causes des maladies dans le secteur d'étude selon les populations**

| Causes                     | Effectif   | Pourcentage   |
|----------------------------|------------|---------------|
| Manque d'hygiène           | 146        | 22,4          |
| Envoutement et sorcellerie | 112        | 17,2          |
| Moustiques                 | 107        | 16,5          |
| Insalubrité                | 76         | 11,6          |
| Microbe                    | 74         | 11,4          |
| Alimentation               | 73         | 11,2          |
| Eau sale                   | 51         | 7,9           |
| Efforts physiques          | 12         | 1,8           |
| <b>TOTAL</b>               | <b>651</b> | <b>100,00</b> |

Source : Résultats enquêtes de terrain, 2008

Suivant les déclarations des personnes interrogées, le manque d'hygiène (22,4 %), l'envoûtement et la sorcellerie (17,2 %), les moustiques (16,5 %), l'insalubrité (11,6 %), les microbes (11,4 %), l'alimentation (11,2 %), l'eau sale (7,9 %), les efforts physiques (1,8 %) constituent les causes auxquelles sont attribuées les affections en milieu Itcha-Ifè.

Le paludisme et les maux de tête ont été rapportés aux moustiques, aux efforts physiques et à l'exposition au soleil comme facteurs prédisposant. La diarrhée, la bilharziose, le choléra, les parasitoses intestinales sont attribuées aux microbes, à l'insalubrité, au manque d'hygiène, à l'eau sale, à la qualité de l'alimentation. Plus que les autres maux, la fièvre typhoïde quant à elle, a longtemps été attribuée à l'envoûtement et à la sorcellerie avant d'être démystifiée.

L'apparition de la fièvre typhoïde, une maladie mal connue jusqu'alors, a été un sujet de controverse qui a ébranlé toute la communauté entre 1997 et 2002. Ce mal qui est survenu brutalement et qui a frappé successivement plusieurs âmes serait dû à un gris-gris de protection des femmes contre l'adultère par les ressortissants du milieu d'étude revenus du Nigeria. Il a été qualifié de "piège" ou de "mine", traduit du nom traditionnel "djougba", c'est-à-dire un piège qui ne rate pas sa cible. Paradoxalement, en ce moment, le manque ou la rupture de réactif dans les services de santé a laissé persister cette conception, au point où l'administration locale de la commune de Bantè a dû inviter tous les chefs traditionnels et féticheurs de sa circonscription à conjurer les esprits maléfiques à l'origine de cette maladie.

Au total, les couches les plus atteintes par ces affections, selon les personnes interrogées, sont les enfants (41 %), les femmes (23 %) et les personnes âgées (19 %) et hommes (17 %) (Résultats de l'enquête de terrain, 2008). La saison pluvieuse est évoquée comme une saison plus propice à la contraction de ces maladies.

De façon générale, la cause principale des affections citées en milieu Itcha-Ifè résiderait dans le péril environnemental. Leur ampleur telle qu'exprimée aura des effets sur le niveau de vie des personnes qui en sont victimes et sur les rapports socio-communautaires.

### **6.3- IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES DE LA QUALITE DES EAUX CONSOMMEES**

Des incidences socio-économiques ont été signalées par les personnes interrogées comme des contraintes imposées aux malades pendant la période d'incubation. Celles-ci sont relatives à la perte des ressources financières et aux impacts sociaux dus aux maladies relatives à l'eau.

#### **6.3.1. Pertes de revenus relatives aux maladies liées à l'eau**

L'activité dominante dans le secteur d'étude est l'agriculture. Cette activité exige une disponibilité permanente sur plusieurs mois de l'année. Parfois, selon les témoignages des personnes interrogées, il arrive que plusieurs membres de la famille tombent malades dans la même période ou consécutivement. Dans ces cas de figure, les travaux champêtres sont abandonnés. Autrefois, par le jeu de la solidarité, les familles voisines s'organisaient pour l'entretien du champ du malade. Cette entraide a disparu dans le temps laissant place à l'individualisme avec la pression de l'économie du marché. Lorsque les situations de maladies où le patient est alité coïncident avec les périodes d'activités de pointe (période de labour, de semis, de sarclage), ce dernier y ressort cette année avec la pénurie de vivres et de devises. Les plantations (d'anacardes notamment) du malade ne sont plus en sécurité et celles-ci subissent l'effet fâcheux des gens malintentionnés qui brûlent la végétation soit à la recherche du gibier ou de pare-feu de leurs domaines. Or, les plantations d'anacarde se placent aujourd'hui comme la première source de revenu des agriculteurs du secteur d'étude ; c'est pourquoi elles sont d'ailleurs qualifiées localement de '*fonds de retraite*' (Gomez, 1995). Une plantation brûlée, met au minimum trois (03) années pour régénérer. Durant ces années, les paysans dans le cas vivent difficilement, et comme l'ont-ils déclaré, la priorité de la famille est orientée à la survie (nourriture) car ils n'arrivent plus à payer la scolarité des enfants, moins les frais de santé de la famille en cas d'autres maladies.

#### **6.3.2. Dépenses occasionnées pour la guérison des maladies liées à l'eau**

Les maladies liées à l'eau à l'instar des autres de sources différentes occasionnent des dépenses énormes pour les malades et leurs parents. Quand bien même tous les malades ne se

rendent pas aux centres de santé, ces derniers ont recours à des soins qui exigent le déboursement de fonds. Il s'agit, entre autres, des achats de médicaments pour l'automédication, le recours aux guérisseurs traditionnels ou aux cérémonies cultuelles pour conjurer l'esprit malfaiteur à la base du malheur lorsque celui-ci est attribué à la sorcellerie ou à l'envoutement.

L'enquête auprès des ménages, sur la base de la spécification de quelques maladies (paludisme, diarrhées, choléra, fièvre typhoïde, maux de ventre, parasitoses intestinales) liées à l'eau, ont permis d'estimer le montant consacré pour la guérison. Ces estimations sont indiquées par le tableau XXVIII. Elles n'intègrent pas la valeur monétaire du temps perdu par le patient et les gardes-malades, les repas, les déplacements et autres dépenses, de même les évacuations sur l'Hôpital de Zone à Savalou ou au Centre Hospitalier Départemental (CHD) à Abomey.

**Tableau XXVIII : Dépenses affectées aux soins des maladies liées à l'eau dans le secteur d'étude**

| Tranche de dépenses<br>(en FCFA) | Effectifs<br>(populations) | Centre<br>d'intervalle | Centre<br>d'intervalle<br>pondéré | Moyenne*          |
|----------------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Moins de 5 000                   | 72                         | 2 500                  | 180 000                           |                   |
| [5 000 - 10 000[                 | 191                        | 7 500                  | 1 432 500                         |                   |
| [10 000 - 15 000[                | 114                        | 12 500                 | 1 425 000                         |                   |
| [15 000 - 20 000[                | 80                         | 17 500                 | 1 400 000                         |                   |
| [20 000 - 25 000[                | 96                         | 22 500                 | 2 160 000                         |                   |
| [25 000 - 30 000[                | 39                         | 27 500                 | 1 072 500                         |                   |
| [30 000 - 35 000[                | 16                         | 32 500                 | 520 000                           |                   |
| [35 000 - 40 000[                | 11                         | 37 500                 | 412 500                           |                   |
| [40 000 - 45 000[                | 13                         | 42 500                 | 552 500                           |                   |
| [45 000 - 50 000[                | 5                          | 47 500                 | 237 500                           |                   |
| [50 000 - 55 000[                | 8                          | 52 500                 | 420 000                           |                   |
| [55 000 - 60 000[                | 3                          | 57 500                 | 172 500                           |                   |
| 60 000 et plus                   | 3                          | 65 000                 | 195 000                           |                   |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>651</b>                 |                        | <b>10 180 000</b>                 | <b>15 637,48*</b> |

Source : Résultats enquêtes de terrain, 2008

La limite de la borne supérieure est de 70 000

\* : La moyenne calculée est une moyenne pondérée des effectifs de classes

L'analyse du tableau XXVIII montre qu'en moyenne, les populations du secteur d'étude allouent un montant de 15 637,48 francs CFA de leurs revenus aux dépenses de soins pour le traitement d'un cas de maladie liée à l'eau. Il convient de souligner que le mode de l'échantillonnage se situe entre 5 000 et 10 000 francs CFA. Ceci traduit que le plus grand

nombre des individus (191) dépense en moyenne 7 500 francs CFA pour un type de traitement.

Les personnes interrogées ont évoqué des difficultés de mobilisation de ce montant. Pour couvrir cette dépense, les parents du malade contractent des prêts auprès des usuriers, commerçants du secteur d'étude avec un taux de remboursement de 100 %. Ce cas de figure amène à réévaluer le montant des traitements au double et parfois plus si l'acquittement n'intervient pas dans l'intervalle d'une année. En dehors des contraintes financières pour assurer le traitement des maladies relatives à l'eau, il subsiste également des impacts sociaux qui fragilisent cette communauté.

### **6.3.3. Impacts sociaux dus aux maladies liées à l'eau**

La personne qui tombe fréquemment malade, au-delà des dépenses qu'elle fait subir à ses proches constitue une charge qui finit par les dépasser. Lorsque la fréquence de contraction de la maladie se rapproche, ceux qui assistent le malade finissent par se lasser et abandonnent par intermittence ce dernier pour vaquer à leurs occupations. Cela se solde souvent par des rancunes et des conflits internes latents qui persistent pendant longtemps mettant en cause la cohésion familiale.

Les maladies créent également des problèmes de discorde entre les personnes âgées et les jeunes. Les personnes âgées, en l'occurrence les vieilles femmes, sont des couches auxquelles il est attribué (à tort ou à raison) l'origine des maladies qui peut être l'envoûtement ou la sorcellerie. Le mal qui survient est toujours rattaché à une dispute antérieure ou à une jalousie de l'un contre l'autre. Dans le secteur d'étude, les causes des maladies susmentionnées servent de tremplin pour ceux qui conjurent les mauvais esprits sur leurs prochains. Cela montre jusqu'à quel niveau le simple fait de tomber malade dans les milieux encore à emprise traditionnelle pourrait faire dégénérer les relations sociales. Toutefois, contrairement à d'autres milieux, il n'a encore été enregistré des cas de meurtres en relation aux soupçons, mais, des litiges de ce genre sont perpétuellement pendants devant la cour des chefs traditionnels.

La revue des impacts socio-économiques liés à la consommation des eaux dans le secteur d'étude révèle d'importants problèmes qui influencent le bien-être des populations.

Cependant, les populations s'accrochent toujours aux diverses sources d'eau, ce qui amène à s'interroger sur les fondements qui justifient la préférence à ces sources.

#### **6.3.4. Fondements sociologiques et socio-économiques de la consommation des eaux**

Le recensement effectué permet de distinguer au moins quatre types de points d'eau dans chaque localité. Il s'agit des forages et des puits qui existent presque partout, des marigots, des eaux de pluie, des adductions et mini-adductions d'eau dans les grands centres. L'étude a également montré que les sources sont concurremment utilisées pour les besoins de consommation. Ce constat amène à s'interroger sur les raisons fondamentales qui sous-tendent le choix des points d'eau exposés à la pollution. Il en résulte deux principales causes indexées : les causes sociologiques et culturelles et les causes socio-économiques.

##### **6.3.4.1. Causes sociologiques et culturelles**

Des réponses variées ont été données à la question relative aux raisons qui poussent à l'usage des sources d'eau considérées comme non potables. Pour 12,9 % des enquêtés, le raisonnement est fondé sur un fait habituel. Ils estiment qu'ils sont venus au monde voir ces points d'eau par lesquels ils ont été élevés sans avoir enregistré de malaise majeur dans leur vie.

#### **Encadré 2 : Quelques réactions des personnes enquêtées au sujet des raisons de la consommation des eaux de sources variées**

*Les déclarations suivantes ont été enregistrées lors de l'enquête dans la plupart des localités :*

- *"l'affluence fréquemment enregistrée aux points d'eau (forages) et les pannes fréquentes nous ont conduit à opter à la source hydrique qui est permanente (puits ou marigots) ou plus proche de nos maisons, (selon certains) ;*
- *"l'eau des adductions (particulièrement là où elles existent) est dure, elle n'étanche pas la soif et de surcroît ne mousse pas ;*
- *"nous avons été informés que l'eau des puits et des marigots sont malsaines sans pouvoir nous donner la preuve. C'est juste pour nous amener à acheter l'eau des forages" pour lesquels nous ne disposons pas toujours les moyens.*

Selon 20 % des personnes interrogées, la proximité de ces sources d'eau de leur domicile et leur gratuité offrent un accès plus facile. Aussi, faudrait-il relayer que le nombre très limité des forages dans les localités en est une justification. Ce qui fait que les querelles sont souvent courantes autour des forages, amenant certaines femmes à se fier aux puits et aux marigots. Enfin, la saison est aussi déterminante dans le choix des sources d'eau car quoiqu'on dise la clarté et la propreté à l'œil nu de l'eau de pluie lui accorde une importance capitale dans le registre des eaux préférées.

Toutes ces raisons expliquent la réticence de certaines personnes à abandonner leur habitude de consommation. Mais, ces investigations ont montré tout de même que les raisons sociologiques ne sont pas les seules à fonder le choix des sources d'eau de consommation. Les considérations socio-économiques priment sur les autres arguments (67,1 % des déclarations).

#### **6.3.4.2. Causes socio-économiques**

La plupart des ménages consultés (88 %) sont favorables à l'adoption des sources d'eau potable pour leur alimentation. Mais, la question du pouvoir d'achat des ménages et la non accessibilité permanente aux points d'eau potable expliquent le comportement aujourd'hui remarqué sur le terrain. Plusieurs ménages ont manifestement déclaré être non hostiles à l'utilisation exclusive des eaux de pompe ou de forage là où elles existent. La question fondamentale évoquée est la capacité à accéder régulièrement aux sources d'eau payante. Ainsi, 67,1 % des populations interrogées ont affirmé que c'est par manque d'argent qu'elles ne s'approvisionnent pas aux sources telles que les forages, et les adductions d'eau de la SONEB ou des mini-adductions d'eau. Celles-ci sont taxées plus chères avec des montants compris entre 15 et 25 francs CFA pour les pompes à motricité humaine et les mini-adductions d'eau, 40 et 50 francs CFA pour le réseau de la SONEB, la bassine de 30 litres.

D'après les enquêtes de terrain, la dépense journalière en eau, selon la taille des ménages, varie entre 50 francs et 500 francs. Pour les populations, rares sont les ménages qui pourraient consacrer ce montant uniquement pour l'eau au détriment des autres besoins alimentaires. En effet, la dépense moyenne journalière pour l'eau, calculée sur la base des résultats de l'enquête, est de 150 francs par ménage induisant une estimation annuelle de 54 750 francs, soit 50,04 % du seuil de pauvreté en milieu rural. Or les dépenses de l'eau dans



le secteur d'étude sont dévolues aux femmes des ménages qui exercent rarement des activités génératrices de revenus. Cette dépense affecte ainsi uniquement le revenu annuel des femmes dans le foyer. L'analyse faite des seuils de pauvreté dans le secteur d'étude fait dégager que le manque de moyens serait l'un des principaux déterminants de l'abandon des sources d'eau potables au profit des autres sources plus souillées. Lorsqu'elle est incapable d'acheter, la femme se résigne à la source non payante.

Cette analyse amène à déduire qu'il existe donc une corrélation entre le niveau de vie monétaire et l'accès à l'eau potable (INSAE, 2009a) dans le secteur d'étude. D'ailleurs, cette conclusion est bien partagée par Smets (2004) pour qui la couverture du coût de production de l'eau la rend inabordable pour la partie de la population la plus démunie. Il est donc admissible que l'inaccessibilité financière de l'eau courante aux catégories les plus démunies est l'une des raisons qui éloignent les populations de l'eau potable (Sodjo, 1997).

L'orientation vers des points d'eau insalubres est donc parfois une obligation, la population n'ayant plus d'autres choix. En somme, il importe pour réduire la pauvreté dans les pays en développement d'assurer l'accès à l'eau potable et aux services d'assainissement (ONU, 2005), du moins pour les populations les moins nanties auxquelles l'on peut classer celles du milieu Itcha-Ifè.

En résumé, la biologie des germes pathogènes et des ions font observer de grands risques pour les organismes humains. L'eau reste une source potentielle de contamination et les infections qui en découlent sont multiples et multiformes entraînant des complications graves. La manifestation de la plupart des germes pathogènes se traduit par des diarrhées, des maladies gastro-intestinales, la fièvre typhoïde. Ces maladies connaissent une éclosion chaque année justifiant la persistance de l'attachement des populations aux eaux polluées.

Les patients payent une lourde tribu (financière et sociale) en cas de maladies dont l'eau est le facteur. En dépit des persistances des traditions et des habitudes vis-à-vis de l'eau, l'enquête a prouvé que ce sont beaucoup plus les conditions socio-économiques qui amènent les populations à consommer les eaux non potables. Tenant compte des différentes variables qui compromettent la qualité des eaux consommées et la santé des populations, des mesures adéquates sont proposées pour réduire les risques de maladies dans le secteur d'étude.

## CHAPITRE VII :

### STRATEGIES D'AMELIORATION DE LA QUALITE DES EAUX DE CONSOMMATION ET DE LA LUTTE CONTRE LES MALADIES LIEES A L'EAU

Le chapitre VII présente les mesures dont l'application débouchera à mettre les sources d'eau à l'abri des menaces de pollution, d'une part, d'améliorer la qualité des eaux de consommation et de réduire la vulnérabilité des populations aux pathologies hydriques, d'autre part. Ces mesures exploitent les stratégies endogènes mises en œuvre par les populations et leurs limites pour formuler de nouvelles propositions adaptées au secteur d'étude.

#### 7.1- METHODES ENDOGENES D'AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'EAU ET LEURS LIMITES

Traditionnellement, les populations du secteur d'étude ont leur façon de rendre l'eau apte à être consommée. Les techniques de traitement des eaux de boisson par les populations sont la décantation, la filtration, la désinfection par le pétrole, l'hypochlorite (eau de Javel) et le chauffage. Le tableau XXIX présente les différents modes de traitement de l'eau dans le secteur d'étude.

**Tableau XXIX : Modes de traitement des eaux destinées à la consommation**

| Modes de traitement de l'eau      | Effectifs  | Proportion (%) |
|-----------------------------------|------------|----------------|
| Décantation simple                | 308        | 47,3           |
| Décantation par l'ajout de l'alun | 181        | 27,8           |
| Filtration                        | 66         | 10,1           |
| Ebullition                        | 40         | 6,2            |
| Ajout du pétrole                  | 35         | 5,4            |
| Ajout d'eau de Javel              | 21         | 3,2            |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>651</b> | <b>100</b>     |

Source : Résultats enquête de terrain, 2007

L'analyse du tableau XXIX montre que la décantation (simple ou avec l'alun) est plus répandue dans le secteur d'étude. Plus de 77 % des personnes interrogées s'adonnent à cette technique. Les autres modes de traitement de l'eau sont très peu pratiqués.

Les conditions d'utilisation de chaque mode de traitement de l'eau pour la rendre acceptable à la consommation dans les foyers ont été également abordées.

### **7.1.1. Pratique de décantation et de filtrage de l'eau**

Dans le secteur d'étude la pratique pour rendre l'eau propre par la décantation ou la filtration est la plus fréquente. L'eau soumise à la décantation ou à la filtration est celle qui la plupart des temps est turbide ou qui contient des débris. Il s'agit des eaux issues des puits et des marigots. Rendre l'eau propre est synonyme tout simplement de la débarrasser de tous matériaux visibles à l'œil nu ou de laisser asseoir les particules de roche qui lui donnent la couleur blanchâtre. Il s'agit de rendre l'eau claire.

La technique de la décantation consiste à faire reposer l'eau dans les bassines ou les seaux pendant un long temps après le puisage. Les matières en suspension se déposent au fond du récipient. L'eau claire superficielle est ensuite séparée du dépôt et convient à être consommée par les populations. Le plus souvent, l'utilisation de l'alun est jugée plus rapide et plus efficace.

Quant à la filtration, elle est pratiquée à l'aide d'un tissu, de couleur blanche, taillé à la mesure de l'orifice de la jarre ou de l'instrument de conservation de l'eau. L'eau directement puisée est versée sur le linge qui sert de tamis. Certaines de ces toiles observées sur le terrain présentent un aspect sale. Utilisées dans cet état, elles peuvent constituer des facteurs d'accentuation de la pollution microbiologique. Cette technique a le mérite de séparer de l'eau, les éléments visibles à l'œil nu, mais elle ne garantit pas la potabilité entière de l'eau puisque les germes microscopiques ne pourront pas être retenus. C'est ce qui certainement expliquerait l'utilisation d'autres produits désinfectants.

### **7.1.2. Désinfection avec le pétrole**

Les recherches sur le terrain ont permis de se rendre compte que le pétrole est employé dans le souci de la purification de l'eau. Il est utilisé dans des conditions particulières. Lorsqu'il y a apparition de larves dans l'eau, ce produit est ajouté pour leur destruction. Aussi, quand une eau stockée dans une jarre ne sera pas consommée dans les deux jours qui suivent, l'aspersion par le pétrole tue et arrête le développement des larves. Les populations ont témoigné qu'il

s'agit d'une méthode très efficace. Toutefois, elles ont précisé que l'eau traitée avec du pétrole ne doit pas être prise avant quarante huit (48) heures aux risques d'avoir la ''diarrhée'' (purge).

### **7.1.3. Utilisation des produits chimiques**

Deux produits chimiques sont utilisés pour désinfecter l'eau par les populations. Ce sont l'hypochlorite et le permanganate de potassium. Le premier est employé pour les eaux à des fins de boisson et le second pour l'eau de douche des personnes souffrant d'un eczéma.

#### **7.1.3.1. Hypochlorite de sodium**

La désinfection de l'eau par l'hypochlorite de sodium (eau de javel) intervient surtout à la période de grande pluie ou à la survenance des épidémies du choléra ou de la fièvre typhoïde. Le procédé est vulgarisé par les services de l'hygiène ou de l'hydraulique pour les eaux de puits modernes. Mais, l'usage s'est étendu aux eaux des puits traditionnels à la source et celles des puits traditionnels et des marigots déjà puisées et destinées à être utilisées.

Selon les responsables en charge de la promotion de l'hygiène et des agents des services de fourniture d'eau potable interrogés, le traitement direct des puits ne donne pas de bons résultats à cause de la difficulté d'apprécier le volume d'eau en raison des variations du niveau de l'eau, d'une part, et le risque permanent de pollution exogène (eaux d'écoulement des pluies, infiltration des latrines, transport de poussière par le vent), d'autre part. Aussi, la non maîtrise du dosage du réactif ne garantit-il pas l'efficacité du traitement.

#### **7.1.3.2. Permanganate de potassium**

Le permanganate de potassium est utilisé pour désinfecter les aliments et l'eau de douche. Il est prescrit par les infirmiers en cas d'infections cutanées surtout pour les enfants. Mais, il est pris à dessein pour désinfecter les eaux de puits traditionnels déjà recueillies dans des bassines. Deux problèmes se posent par rapport à cet acte. D'abord, le dosage (nombre de comprimés par volume d'eau) n'est pas toujours respecté. Pour preuve, les personnes interrogées ont donné des réponses différenciées par rapport au nombre de comprimés utiles pour un sceau d'une contenance de vingt litres d'eau. La seconde inquiétude est celle de la

qualité du produit utilisé. En effet, la majorité des personnes se le procurent dans des étalages en état de non conditionnement. Ceci pose le problème de son efficacité ou la possibilité de créer d'autres problèmes de santé.

Ces différentes méthodes adoptées par les populations pour rendre potable leur eau de consommation est la preuve de leur prise de conscience de la détérioration de sa qualité. La plupart de ces méthodes ont leur efficacité à améliorer la qualité de l'eau. Mais, elle ne permet pas de détruire les germes pathogènes que l'eau comporte ni de réguler la concentration des ions excédentaires dans les normes requises. Ces mesures endogènes ont donc des limites qu'il faudrait combler par des mesures préventives et curatives qui peuvent contribuer à améliorer la qualité des eaux de consommation et les conditions sanitaires dans le secteur d'étude. Les approches envisagées passent par la préservation des ressources en eau et des méthodes adaptées aux moyens des populations pour assurer leur efficacité et leur durabilité.

## **7.2- MESURES D'AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'EAU ET DE REDUCTION DES MALADIES**

Les risques les plus sérieux à la santé humaine liés à l'eau proviennent des organismes microscopiques comme les bactéries pathogènes, les protozoaires et les virus trouvés dans l'eau dans le milieu d'étude. Les substances chimiques identifiées sont pour la plupart à la limite des niveaux recommandés. Dans ce cas, il convient de mettre l'accent sur la gestion de la salubrité de l'eau, son traitement et l'accompagnement nécessaire des consommateurs. Tout cela doit se passer par la connaissance des textes en vigueur régissant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin.

### **7.2.1. Vulgarisation des textes réglementaires fixant les normes de qualité de l'eau potable**

Il existe au Bénin une réglementation qui régit les normes de l'eau potable et de la protection des ressources en eau. Il s'agit du décret n°2001-094 du 20 février 2001 fixant es normes de qualité de l'eau en République du Bénin. Mais aucune des administrations locales visitées lors de cette étude n'a connaissance de ce texte ni de son contenu. La conséquence est l'occupation des bafonds parfois avec la complicité des autorités locales (le cas de *koyawo* à Bantè). Bon nombre de lieux hydromorphes, à proximité des agglomérations, qui abritent les puits dont les eaux sont couramment utilisées pour la consommation humaine sont des

réceptacles de rejets domestiques. De plus, certains ouvrages hydrauliques ne sont pas construits suivants les normes requises.

Face à ces constats, il importe que les collectivités locales s'approprient ce décret et vulgarisent par des moyens adaptés les dispositions essentielles notamment celles relatives aux normes des puits et prises d'eau. Ces dispositions sont stipulées dans le décret n°2001-094 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin par les articles 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 et 33 dont les teneurs méritent d'être exposées. Ces différents articles disposent :

**Article 25 :** L'eau est partie du patrimoine national. Sa protection est d'intérêt général.

**Article 26 :** Toute source d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, qu'elle soit de surface ou souterraine, est protégée de l'activité humaine.

**Article 27 :** La protection des eaux destinées à la consommation humaine, qu'elles proviennent des nappes souterraines, cours d'eau et plan d'eau, est assurée au moyen de périmètre de protection défini en fonction de la capacité d'auto-épuration des sols et de la marge de temps nécessaire à l'intervention en cas de pollution accidentelle.

**Article 28 :** Les différents périmètres de protection sont définis pour les nappes d'eaux souterraines, cours et étendues d'eau conformément aux dispositions des articles 29 à 33 du présent décret.

**Article 29 :** Le périmètre de protection immédiat des eaux souterraines dénommé Zone I vise à garantir la sécurité des installations contre toutes formes de détérioration et à empêcher des déversements ou des infiltrations de substances polluantes à l'intérieur ou à proximité du point d'eau.

Le rayon de cette zone dépend des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe. Celui-ci est compris entre 10 et 50 mètres. Selon la nature des roches, la seule activité autorisée dans cette zone est celle liée à l'exploitation du captage.

**Article 30 :** Le périmètre de protection rapproché des eaux souterraines dénommé zone II protège le point d'eau contre la migration souterraine de substances polluantes. Il est

déterminé en fonction des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère et de la vitesse de transfert entre le point d'émission d'une pollution éventuelle et le point de prélèvement.

Le rayon de la zone II est fonction de la capacité d'épuration de la couverture. Il est compris entre 300 et 400 mètres.

Dans la zone II, ne sont tolérées que des activités agricoles non utilisatrices de synthèse. Il y est interdit toutes les activités polluantes.

**Article 31 :** Le périmètre de protection éloigné des eaux souterraines dénommé Zone III constitue une séance complémentaire pour renforcer la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses dans la zone d'alimentation du captage. Ce périmètre est subdivisé en deux sous-zones :

- la zone III A d'un rayon d'environ 2 km ;
- la zone III B d'un rayon de l'ordre de 4 à 5 km.

Toutes les activités susceptibles de porter atteinte de manière directe ou indirecte à la qualité de l'eau sont interdites dans ce périmètre.

**Article 32 :** Le périmètre de protection immédiat des eaux de surface zone I a pour fonction d'empêcher toute intervention humaine étrangère, à l'exploitation et de permettre de mener des actions efficaces en cas de pollution accidentelle.

Son rayon est fixé à 100 m par rapport au lit majeur.

**Article 33 :** Le périmètre de protection rapproché des eaux de surface dénommé zone II dépend du site et de la nature de l'utilisation ou du terrain avoisinant. Ce périmètre englobe les alentours de la retenue et des affluents.

Le rayon de cette zone est de l'ordre de 1 km pour la retenue et de 250 m pour le lit majeur des affluents.

En somme, le respect et l'application de ces normes permettront de minimiser la contamination des ressources en eau de consommation humaine par les actions anthropiques. Cependant, en dehors de ces précautions, toutes les sources d'eau doivent bénéficier d'une attention soutenue.

### **7.2.2. Gestion de la salubrité de l'eau**

Les actions en faveur de la protection des sources de consommation contre la pollution doivent être primordiallement orientées vers les mesures préventives. Pour ce faire, il faudra envisager les moyens les plus efficaces pour garantir la salubrité de l'approvisionnement en eau de consommation afin de prévenir l'apparition des risques de contamination par les eaux polluées. Les mesures de protection à prendre en compte relèvent de la disposition des points d'eau par rapport aux différentes sources de pollution et des pratiques en matière d'assainissement des eaux usées. A cet effet, il existe plusieurs sources d'eau dans le secteur et les mesures à préconiser doivent correspondre à chaque type de point d'eau. Cela appelle alors la recherche de solutions d'atténuation des risques de contamination qui dégradent la qualité des eaux.

L'observation directe sur le terrain révèle un problème d'insalubrité marquée par l'envahissement des points d'eau par les herbes, la présence des fèces humaines et animales non loin des points d'eau, les ordures à proximité et le mélange de la boue aux déchets de tout genre encerclant les points d'eau. A cela s'ajoutent les branchages d'arbres, des sachets plastiques, des bouts de tissus et de cordes, les boîtes vides de conserves et autres objets qui rendent malpropres les eaux de marigots et de puits.

Il serait donc conseillé de prendre conscience des conséquences qu'engendreront tous les problèmes énumérés pour mettre les sources d'eau à l'abri de la pollution. Ce faisant, les populations veilleront à débarrasser les herbes et à nettoyer les déchets qui côtoient les puits, les marigots et les forages. Elles doivent s'efforcer de curer, dans la mesure du possible, l'intérieur des puits et marigots, les débarrasser des objets jonchant les eaux.

Au niveau des puits de toutes catégories, il est souhaitable :

- de construire des margelles solides et de réfectionner celles qui sont défailantes (dont l'assise est détruite par l'érosion) et les munir de couvercles afin d'éviter le déversement d'eau d'écoulement ou de détritrus et d'objets transportés par le vent dans le puits ;
- curer avant la saison de pluie et chaque année les différents puits, par exemple, au mois de mars ou d'avril où ils contiennent moins d'eau ;



- veiller à la propreté des cordes qui servent de puisage ;
- prévoir pour les nouvelles constructions de puits un revêtement et une margelle solides avec une extension à la base pour éviter la pénétration des polluants en raison d'un défaut de construction ou d'une détérioration.

Pour ce qui est des forages, il est conseillé de réhabiliter les dalles extérieures là où elles sont défailantes pour éviter les infiltrations d'eau. Aussi, faudrait-il prévoir des bouchons pour fermer l'orifice des tuyaux de la bouche d'eau après le puisage pour éviter que les mouches viennent y poser les déchets surtout les matières fécales.

En plus des propositions ci-dessus formulées, des mesures ci-après s'avèrent nécessaires pour les marigots, les puits et les forages. Il s'agit de :

- tenir les sources et les puits à au moins 15 mètres des sources potentielles de pollution que sont les latrines ou autres lieux de défécation sauvage, les dépôts d'ordures, les puisards ;
- protéger les ouvrages hydrauliques contre les eaux de ruissellement ;
- empêcher les animaux d'accéder aux points d'eau ;
- respecter la superficie de sécurité autour des points d'eau.

Il serait souhaitable que l'espace bordant les points d'eau soit aménagé de manière à protéger l'eau, en constituant un front contre les polluants. Les bandes enherbées pourraient être installées autour des points d'eau. Elles permettront de lutter contre l'érosion et la recharge de la nappe phréatique, de réduire la pollution de l'eau en limitant des apports de matières organiques, de pesticides ou d'engrais dans les eaux. Cette technique permet la protection et la dénaturation des cours d'eau et d'autres sources. En plus, la création d'un espace vert, à la suite de cette bande, constitué d'arbres utiles (fruitier et médicinal) pourrait être envisagée.

Pour ce qui est des eaux pluviales, il est proposé un système de récupération dans des citernes ou des jarres bien entretenues. Ces citernes et jarres doivent être bien construites pour ne pas laisser l'intrusion des eaux de ruissèlement et d'infiltration. Ces réservoirs doivent être régulièrement lavés particulièrement avant l'apparition des premières pluies. Dans cet ordre d'idées, les eaux des premières pluies ne devront pas être recueillies, car, elles serviront au nettoyage des tôles et gouttières.

Au-delà de toutes les mesures préconisées, l'Etat et les collectivités doivent opter pour l'alimentation en eau des populations à partir des sources profondes.

En somme, toutes ces mesures ne suffisent pas pour le maintien des sources d'eau à l'abri de toutes les pollutions d'où des actions concrètes sont nécessaires pour sécuriser la potabilité permanente de l'eau et préserver les populations des maladies provoquées par le défaut d'assainissement.

### **7.2.3. Amélioration des systèmes d'assainissement et protection des sources d'approvisionnement en eau**

L'amélioration des techniques d'assainissement vise l'amélioration de la santé environnementale et, par conséquent, la réduction de la contamination des eaux consommées par les populations Itcha-Ifè.

Cette mesure concerne la salubrité du milieu environnant et autour des points d'eau exploités à des fins d'usage domestique. Ainsi, faudrait-il assurer la mise en place de dispositifs adéquats de gestion des déchets solides, des eaux usées et des excréta.

#### **7.2.3.1. Gestion des ordures ménagères**

La gestion des ordures ménagères ne constitue pas encore une préoccupation majeure ni pour les populations ni pour les autorités locales ou administratives. Les initiatives en cours dans le secteur d'étude proviennent des autorités locales traditionnelles. Elles sont parties de la ville de Bantè où le Roi de cette localité a regroupé, en 2002, les femmes autour d'une association dénommée '*Imon-tété*' signifiant 'salubrité'. Ce groupement très engagé a été actif dans le nettoyage des lieux sales (places publiques et couvents). La dynamique de cohésion et l'ambiance de solidarité qui règnent entre les membres de ce groupe a suscité l'envie de presque tous les autres villages à telle enseigne qu'aujourd'hui tous disposent de groupements '*Imon-tété*'. Cette expérience mérite d'être renforcée par l'implication des hommes et des collectivités locales (pour un appui matériel) aux travaux d'assainissement des localités. Sa durabilité dépend de la recherche de mécanismes permettant aux femmes engagées dans ce travail de pouvoir tirer des répercussions économiques. De ce point de vue, à la longue, ces groupements pourraient être accompagnés et structurés de manière à ce que les populations

bénéficiaires de leurs services puissent les rétribuer par une participation financière symbolique en compensation des services offerts.

En outre, pour limiter la prolifération des décharges sauvages dans les agglomérations, de façon générale, il importe de disposer des structures en charge de collecte des ordures ménagères ne serait-ce d'abord dans les agglomérations importantes comme Bantè, Akpassi, Pira, Lougba, Koko, Agoua, Gouka, Atokolibé, Tchetti, Léma, Doumè, Ottola et Kpataba où les populations dépassent pour la plupart deux mille habitants et où les problèmes d'ordures sont déjà perceptibles. De ce fait ces contrées doivent, avec l'appui des autorités communales, avoir des décharges (dépotoirs intermédiaire et final) pour accueillir les ordures loin des habitations. Pour que ce projet soit soutenable, deux agglomérations plus proches peuvent mutualiser leurs efforts pour prendre en charge le coût de matériels de transport et créer un dépotoir symétrique commun afin de pouvoir supporter les charges y afférentes. La décharge finale commune à deux agglomérations sera disposée de manière à leur être symétrique.

La combinaison proposée basée sur le principe de proximité est : Bantè- Akpassi (déjà une conurbation) ; Lougba-Koko (distant de 4 km) ; Gouka- Atokolibé (conurbation) ; et Tchetti-Léma. Enfin à la longue, un projet de traitement des ordures et de compostage surviendrait pour rentabiliser le ramassage et la collecte des ordures à des fins d'usage pour fumer les jardins de légumes et pour amender les champs. Cette activité pourrait constituer une filière économique pour les personnes qui y sont engagées.

Ces initiatives locales seront renforcées par les services des collectivités locales. Dans cet accompagnement, les communes concernées mettront en place au sein de leur administration un service pour s'occuper du volet hygiène et assainissement avec un personnel bien formé. Cette structure travaillera en étroite collaboration avec les ONG intervenant dans le secteur. Les communes aideront les acteurs de la promotion locale d'entretien de la propreté dans leur circonscription administrative à travers des équipements et autres motivations.

Cette mesure permettra d'assurer la salubrité du cadre de vie et de limiter le transfert de polluants dérivés de la décomposition des déchets solides et liquides vers la nappe phréatique captée par les puits ou par les forages.

### 7.2.3.2. Gestion des eaux usées

Les eaux usées qui constituent un danger pour la pollution des eaux de consommation sont celles issues des douches. Elles sont un important gîte de larves de moustiques en toutes saisons. Dans le secteur d'étude, très peu de maisons disposent de puits perdus pour contenir les eaux venant des douches. Lorsqu'ils existent, il s'agit d'un trou creusé non aménagé et qui se solde à une pâte de boue de couleur verdâtre. Dans bien des cas, l'eau des puisards mouillent les sols jusqu'aux murs construits en banco et provoque leur chute. En période de pluie, ces eaux sont entraînées par le ruissèlement dans les sources d'eau dont la défaillance a été notée plus haut. Pour pallier aux risques de prolifération de microbes, de larves et de contamination des eaux, il est suggéré de sensibiliser les populations à construire des douches munies de puits perdus capables de faire infiltrer l'eau collectée.

Le Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût (CREPA) vulgarise depuis plus d'une décennie un modèle de lavoir-puisard composé d'un lavoir et d'un puisard reliés par un conduit. Le puisard est constitué d'une fosse circulaire de 1 m et d'une profondeur de 2 à 3 m selon le nombre d'usagers. La fosse reçoit les eaux usées et permet leur infiltration dans le sol. Elle est selon la nature du terrain, remplie de moellons latéritiques ou non. Les moellons retiennent les matières grasses, empêchent l'éboulement de la fosse et facilite l'infiltration de l'eau. Deux dalles semi-circulaires de diamètre 1,30 m couvrent la fosse. Ces dalles reposent sur un mur en maçonnerie de parpaings rembourrés de mortier et crépis sur la face intérieure, construite tout autour de la fosse. Les deux dalles semi-circulaires sont en béton armé dosé à  $350 \text{ kg/m}^3$  soit 50 kg de ciment pour 120 litres de gravier et 60 litres de sable. Le ferrailage des dalles est effectué avec des fers tor de 8 (CREPA, 2009).

Le lavoir est un léger décapage de 10 m sur une surface de 2,3 m x 2,3 m. Il est constitué d'un muret carré de 2 m de côté ; ce muret est une couche de maçonnerie en parpaings de 15 rembourrés au mortier de ciment. Il est construit sur un béton de propreté de 5 cm. Il est crépi sur les deux faces avec du mortier de ciment dosé à  $250 \text{ kg/m}^3$  (soit 50 kg de ciment pour 200 litres de sable). Un dallage lissé à la barbotine de 5 cm d'épaisseur est exécuté à l'intérieur du muret. Le dallage lissé à la barbotine de 5 cm d'épaisseur est exécuté à l'intérieur du muret. Le dallage est incliné vers une sortie où débouche le tuyau d'évacuation.

Le tuyau d'évacuation de diamètre 60 cm relie le lavoird au puisard. Il conduit les eaux usées vers le puisard dans lequel il pénètre de 30 cm, évitant l'écoulement des eaux le long de la fosse.

Le coût d'un ouvrage du genre était évalué à 33 500 F CFA en 2000. Aujourd'hui avec le renchérissement des matériaux de construction, en particulier le ciment qui a pratiquement doublé de prix passant de 2 500 (en 2000) à 4 100 F CFA (en 2010) au prix officiel et en vente à plus de 5000 F CFA dans le secteur d'étude, un lavoird-puisard de ce modèle coûterait environ le double. Ce prix serait insupportable par les populations moins nanties. A ce propos, l'idéal serait de vulgariser les ouvrages à coût réduit en tenant compte des conditions de vie des populations.

Faisant référence au Projet Composante Sanitaire mis en œuvre à Savalou et à Bantè par la coopération allemande en partenariat avec l'ex-Société Béninoise d'Electricité et d'Eau (SBEE) entre 1993 et 2001 sur la promotion d'hygiène et d'assainissement, le modèle de puits perdus vulgarisés peut être copté. En effet, il s'agit d'un puits perdus dont la dépense totale engagée pour sa réalisation est équivalente au prix de deux (02) paquets de ciment (actuellement environ 10 000 FCFA dans le secteur d'étude) et une main d'œuvre dont la valeur ne dépasse pas trois mille (3 000) francs. L'ouvrage est fait d'un trou d'environ un mètre de profondeur et de circonférence. Le ciment sert à faire un revêtement des cinquante premiers centimètres à partir du haut. Par la suite, les matières localement disponibles dans le secteur d'étude sont utilisées pour sa confection. Ce sont le charbon, les gravions et les moellons. Au fond du trou, il est disposé une couche de gravions de plus petite taille aux plus gros (moellons) suivie d'une couche de charbon jusqu'à la limite supérieure du trou. Ce dispositif permet de faire infiltrer facilement l'eau collectée et a pour caractéristique principale de ne pas donner des odeurs nauséabondes grâce au rôle d'épuration joué par la présence du charbon.

#### **7.2.3.3. Gestion des fèces : promotion de la construction des latrines**

Au nombre des stratégies de gestion des risques hydro-fécaux, figurent l'installation des latrines publiques et la construction de latrines individuelles respectueuses de la santé environnementale. Ceci évitera la défécation dans la nature et aux abords des points d'eau.

Selon les prescriptions de l'OMS, l'installation des latrines doit respecter les normes d'hygiène suivantes :

- le fond de la latrine à 1,5 m au moins au dessus de la nappe phréatique ;
- la distance de 6 m entre les habitations et les cabinets à fosses ; et
- la distance de 15 m entre les sources d'eau et les latrines.

Ces normes doivent être complétées par des précautions adéquates notamment la prise en compte de la topographie, c'est-à-dire la disposition des latrines en bas de pentes par rapport aux points d'eau (en haut des versants).

D'après les observations effectuées sur le terrain, ces mesures ne sont pas respectées par les populations. Les latrines, en grande majorité traditionnelle, sont construites pour être utilisées pendant une période très longue. Suivant cet idéal, le souci est d'aller aussi loin en profondeur (8 m, 10 m et plus). Certaines personnes ont dit avoir capté la nappe d'eau souterraine avant de s'arrêter et d'autres ont dû transformer l'excavation à but de latrines en puits pour l'eau de consommation. De plus graves, ce sont les espaces avoisinant les points d'eau qui servent de lieux de défécation. Pour remédier à cette situation, il est indispensable d'amener les populations à travers la sensibilisation à épouser le bien-fondé de la construction des latrines dans le respect des règles d'hygiène.

Les latrines de type ECOSAN sont vulgarisées par les services en charge de l'assainissement et surtout par le CREPA au Bénin. Ces latrines sont des fosses étanches d'aisance, semi-enterrées ou surélevées avec la particularité de séparer les fèces et les urines. Les matières fécales vont dans les fosses et les urines sont recueillies dans un bidon (Konmy, 2005). La profondeur de la fouille ne dépasse pas 30 cm environ en terrain stable. Les parpaings servent de mur d'élévation et ont pour support le radier ou le béton de propreté. La dalle de couverture de la fosse porte un ou plusieurs trou(s) de défécation et d'aération selon le modèle de latrines. Le tuyau d'aération est un empilement vertical de claustra et surpasse la superstructure de 60 cm. Il est muni d'un grillage anti-mouche. Comme toutes les latrines, cette dalle supporte aussi l'utilisateur. La superstructure est en matériaux définitifs mais peut être aussi en matériaux locaux selon le choix des bénéficiaires ; elle est coiffée de feuilles de tôle ou d'une dalle. Les portes sont en bois ou en tôle. Les bidons de stockage d'urine sont protégés par une petite maçonnerie. Il en existe à double fosse ou à plaque chauffante. La

spécificité au niveau des latrines à double fosse est que les portes de vidange sont latérales alors qu'au niveau des latrines à plaque chauffante les plaques de vidanges situées derrière sont orientées d'un angle de 45 degrés vers le soleil pour augmenter la température et le séchage des fèces dans les fosses (CREPA, 2009).

Cette technologie développée par le CREPA vise la prévention de la pollution de l'environnement et des maladies provoquées par les excréta humains, le traitement des excréta en vue de leur hygiénisation, la transformation et le recyclage des nutriments pour les activités agricoles. Par exemple, l'analyse des substrats utilisés en culture de maraîchage au sud-Bénin, a révélé, entre autres, que l'urine hygiénisée (c'est-à-dire stockée pendant 30 jours), issue des latrines ECOSAN, est riche en azote (4,3 g/l), en potassium (0,83 g/l) et en un pH basique (Kpangon et Biauou, 2008).

Malgré les avantages que revêt ce type de latrines, certaines contraintes sont de nature à limiter son acceptation dans le secteur d'étude. En effet, le système est conçu pour assainir, recycler et valoriser les excréta et l'urine. L'acceptation de la manipulation de ces déchets n'est pas évidente pour d'abord la vidange et l'utilisation des substrats dans les champs. Le cas des latrines DHAB (Direction de Hygiène et de l'Assainissement de Base) dotées des mêmes fonctionnalités construites par le projet CoSa, les ONG et l'Etat ont été très tôt abandonnées après leur remplissage. La deuxième fonction de servir d'intrants pour l'amélioration de la fertilité des sols n'a pas suivi. Qui plus est leurs sites sont restés mal entretenus et dégagent des odeurs nauséabondes. D'un autre côté, à voir la consistance de cette infrastructure, les populations ne seront pas capables de payer le prix de sa construction. C'est d'ailleurs une évidence que sur le territoire et en particulier dans le milieu Itcha-Ifè, les latrines de cette envergure réalisée par les privées sont rares. Pour ce faire, aux fins d'une politique adéquate d'assainissement, il est plus crédible d'innover des modèles de latrines qui, tenant compte du substratum, seront à la portée des populations. Mais en entendant, au regard des modes inadéquats actuels de gestion des excréta qui ont des impacts perceptibles sur la qualité des eaux et la santé des populations, les latrines traditionnelles peuvent être remodelées suivant les normes environnementales prescrites en veillant sur l'écart entre leur profondeur et la nappe phréatique.

#### 7.2.3.4. Valorisation des mesures endogènes de protection des sources d'eau

Certaines valeurs ancestrales ont permis aux aïeux de maintenir les sources d'eau à l'abri de la pollution humaine. Ces valeurs fondées sur les croyances et les interdits sont respectées par l'ensemble de la communauté lorsqu'elles sont connues.

Selon la tradition, chaque point d'eau abrite un 'esprit' appelé 'ejo odo' en langue locale. Et, c'est l'esprit de ce point d'eau symbolisé par une divinité ou un fétiche qui garantit l'existence de la source de façon pérenne. Pour avoir les faveurs de cet esprit aussi longtemps que possible, des restrictions révélées par des oracles (le *Fâ*) s'imposent aux usagers des points d'eau. Par exemple, certains de ceux-ci sont interdits d'exploitation les nuits, car c'est à ce moment de la journée que l'esprit où la divinité qui détient cette ressource s'approvisionne et ne doit donc pas être rivalisé, selon les personnes interrogées. Chaque année, même pour certains puits modernes et forages, les populations organisent des cérémonies pour conjurer les mauvais esprits pouvant faire tarir la source ou y introduire des germes de maladies.

Ces divinités sont considérées comme des dieux vengeurs et punitifs en cas de transgression de leurs interdits (Baglo et Guèdègbé, 2002). C'est pour cette raison que dans la plupart des cas, grâce aux révélations du '*Fâ*', une journée (souvent les vendredis) est consacrée à l'esprit protecteur de la ressource pour qu'il repose dans la quiétude. Selon les investigations, ce temps permet le renouvellement de l'eau et sa limpidité.

Ces esprits pour les marigots résident dans les arbres (photo 24) et l'emprise végétative autour du bois principal est protégée contre toute exploitation.



**Photo 24 : Arbre abritant l'esprit protecteur du marigot Attéron à Atokolibé**

*Cliché : Gomez, avril 2007*



L'arbre, symbole de l'abri de l'esprit qui protège ce marigot est vénéré et est protégé contre les feux de végétation. Il est adoré chaque année pour éviter l'assèchement du marigot. Sa position à côté du marigot a un effet psychologique sur les populations et rappelle les interdits.

Dans le cas où il n'existe pas aux alentours immédiats du point d'eau une espèce végétale qui puisse incarner cet esprit, il est érigé un fétiche dont la stature est celle exigée par celui-ci à travers les oracles. Positionné de façon visible au passage, ces idoles jouent le rôle de garde et quiconque transgresse les interdits est suivi et tombe sur le coup de leur colère. Dans le secteur d'étude certaines maladies comme la varicelle et parfois les diarrhées persistantes sont imputées à la violation de ces interdits.

D'autres mesures de protection des sources d'eau contre la souillure érigées en interdits sont celles non seulement liées à la proscription aux femmes en menstrues de s'approcher des points d'eau à usages domestiques mais aussi à la défense de déféquer et d'uriner dans ou à proximité des points d'eau. La plupart de ces mesures peuvent être valorisées et intégrées dans les modules de sensibilisation sous la forme des expériences réussies.

Toutes les précautions de protection sus-énumérées ne garantissent pas de facto la qualité requise à l'eau de consommation. C'est pour cela qu'il est nécessaire d'envisager un suivi régulier des eaux pour opérer des traitements appropriés.

#### **7.2.4. Suivi de la qualité des eaux de consommation**

Le suivi de la qualité de l'eau de consommation consiste à veiller de façon continue, du point de vue de la santé publique, sur la qualité des eaux consommées par les populations. Ce suivi vise le contrôle régulier de la qualité de l'eau pour vérifier le degré de contamination et administrer des traitements conformes aux standards de l'OMS en la matière. Des campagnes de prélèvement des échantillons d'eau livrée à la consommation doivent être organisées de façon périodique et les eaux contaminées doivent subir des traitements adéquats.

Pour couvrir ce volet, les communes concernées devront installer un service commun dans le cadre des transferts de compétences et de la politique de création des Espaces de Développement Partagés (EDP). Ce concept de l'EDP est présenté dans l'encadré 3.

### **Encadré 3 : Conceptualisation de l'Espace de Développement Partagé (EDP)**

*Les espaces de développement partagé (EDP) sont des regroupements de communes qui tirent leur fondement juridique des textes consacrant la décentralisation. Selon l'article 176 de la loi N°97-029 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes en République du Bénin, "plusieurs communes peuvent décider de s'associer en vue de la réalisation et de la gestion d'équipement et de la création de services d'intérêt et d'utilité intercommunaux. Dans ce cas, une convention détermine les droits et obligations de chacune des parties".*

*Les EDP en l'occurrence les Territoires des Services Collectifs permettront d'assurer la gestion et de promouvoir le développement des services collectifs (Eau, électricité). Les communes mutualisent leurs ressources financières et techniques pour pouvoir supporter les prestations dont une seule commune ne pourra à elle seule faire face.*

Source : Nsia et Okiri, 2009

Par ailleurs, par le biais de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) et la Direction Générale de l'Eau, l'Etat doit opter pour l'alimentation en eau des populations à partir des eaux profondes. Cette mesure vise à limiter la consommation d'eau contaminée surtout au niveau des réservoirs d'eau superficiels (marigots, mare, retenue d'eau) et souterrains (puits). Dans cette optique, afin de permettre à une part importante de la population d'avoir accès à l'eau potable, ces institutions chargées de la distribution de l'eau potable devraient pratiquer un prix supportable par les populations pour l'achat de l'eau et promouvoir le branchement social. En outre, les récipients de transport d'eau, de la source d'approvisionnement en eau potable à la maison, sont à équiper de couvercle et être désinfectés régulièrement.

Ces stratégies ne réussiront que si les populations sont sensibilisées pour un changement de comportement à travers un système d'information sur la santé environnementale et particulièrement humaine.

### **7.2.5. Responsabilisation des populations**

Cette approche participative vise à impliquer les populations dans la gestion de l'environnement, des points d'eau et de leur santé en réduisant les risques de maladies liées à l'eau consommée. Cela nécessite la sensibilisation des populations pour un changement de comportement hygiénique. L'éducation des habitants sur les effets de leurs actions sur les sources d'approvisionnement en eau est une étape à ne pas négliger dans le processus de

modernisation et d'amélioration de l'approvisionnement en eau de qualité (Robidoux et *al.*, 1998). Le diagnostic a montré que l'insuffisance d'équipements de fourniture d'eau potable et de moyens financiers joue un grand rôle dans les habitudes de consommation de l'eau. Toutefois, la mise en place des équipements hydrauliques n'augurera pas le changement d'un comportement. Dans la perspective d'investissement sur l'eau et pour sa pérennité, les bénéficiaires devront être associés à tout le cycle du projet. Déjà, à partir du choix du type d'ouvrage, celles-ci pourraient donner leurs avis en tenant compte des us et coutumes et de leurs avantages comparatifs. De la même façon, l'emplacement du site d'implantation de l'infrastructure doit recevoir l'assentiment des différentes composantes familiales (encadré 4).

**Encadré 4 : Impacts des litiges sur l'exploitation des points d'eau villageois**

*Des conflits internes entre deux groupes influents dans une localité peuvent être des non-dits dans la recherche des causes de la non fréquentation d'une source d'eau publique ou de son utilisation par une partie du village.*

*En effet, des informations recueillies dans quelques localités en milieu Itcha-Ifè, ont prouvé que le simple fait du positionnement d'un forage dans le domaine d'un clan qui discute le trône avec un autre suffit pour empêcher tout un quartier à y accéder ; ce dernier se contente de la source à sa portée. Cette situation de dispute autour des trônes dans le secteur d'étude devient de plus en plus fréquente et fragilise les relations sociales étendant ses tentacules jusqu'aux ressources en eau à priori publiques.*

En phase de réalisation, l'implication doit être renforcée à partir de leur participation exprimée en nature (terrain, matériels locaux, eau) et en main d'œuvre à faire équivaloir à la contre partie pouvant leur compléter la gestion ou la cogestion de l'ouvrage. Responsabiliser les populations suppose qu'à la fin, ces dernières soient propriétaires, bénéficiaires des retombées (usage et bénéfice de la vente de l'eau) et actrices principales de l'entretien, de renouvellement des équipements. Dans cette perspective, la communauté doit être amenée à s'organiser en mettant en place un comité de gestion librement consenti.

L'objectif visé en construisant un point d'eau est celui de son utilisation effective par la population afin d'éviter les maladies dues aux eaux souillées. De ce point de vue, il est déterminant que des actions d'information et de sensibilisation en aval et en amont puissent atteindre les différentes couches de la population. Elles seront axées sur le bien-fondé de l'ouvrage, d'une part, les risques encourus en consommant les eaux des autres sources avec

des démonstrations à l'appui, et les possibilités et avantages que celui-ci offre, d'autre part. Cette activité doit être confiée aux agents socio-communautaires issus de la localité. L'accompagnement de l'administration et des ONG est nécessaire et sera consacré aux conseils et au renforcement de capacités des structures locales mises en place à jouer efficacement leurs rôles.

La condition fondamentale pour participer aux associations des usagers d'eau et pour l'engagement individuel des usagers, est l'avantage qui s'en suit pour eux, comme par exemple sous forme d'augmentation de revenu ou une amélioration de la santé.

### **7.2.6. Amélioration des conditions de vie des populations**

Un des facteurs d'attachement volontariste des populations aux sources d'eau suspectes est le manque de moyens pour acquérir la quantité d'eau potable nécessaire aux différents besoins de consommation. L'achat de l'eau, en milieu rural comme celui-ci, est l'affaire de la femme au foyer. Or celle-ci n'a d'activité que le petit commerce ou les petites exploitations champêtres caractérisées d'aléatoires. Les hommes interrogés au cours de l'enquête ont marqué leur indifférence à contribuer à l'achat de l'eau. Les propos de plusieurs hommes sur le terrain face à cette question sont identiques. En effet, selon eux dans la répartition des rôles dans le ménage, il revient à la femme d'approvisionner le foyer en eau. Mais force est de constater que les responsabilités que se donnent les hommes sont aussi partagées avec les femmes.

Dans ce contexte, pour garantir l'accès à l'eau potable dans le secteur d'étude, deux propositions s'imposent :

- l'Etat doit venir en aide aux populations au titre de la solidarité et prendre en charge une partie du coût de l'eau qui leur est distribuée ;
- faire prendre conscience aux hommes et aux autres membres du ménage pour contribuer aux dépenses consacrées à l'achat de l'eau potable.

Aussi faudrait-il organiser le secteur de l'eau et de la gestion de la salubrité en activités génératrices de revenu capables de pourvoir des moyens substantiels aux populations, en particulier, aux femmes.

### **7.2.7. Amélioration des méthodes endogènes de traitement de l'eau**

Les populations pour améliorer la qualité des eaux combinent les méthodes traditionnelle et moderne. La pratique traditionnelle concerne la protection des eaux à la source et après la collecte de l'eau.

Les interdits et les croyances en rapport à l'eau dans le secteur ont pour vocation de régulariser l'exploitation de l'eau, de préserver sa dégradation mais, ont aussi l'avantage de conserver sa propreté. Le fait d'instaurer, par exemple, une journée dans la semaine ou de refuser l'exploitation de l'eau à partir d'une heure de la journée est un prétexte mythique pour garder l'eau dans son état de propreté. Bon nombre de ces pratiques traditionnelles existent qu'il faut sauvegarder, dynamiser et promouvoir.

Les autres méthodes endogènes qui contribuent au traitement de l'eau que sont la décantation, la filtration doivent être associées pour réduire les risques indexés. La pratique de la décantation a le mérite de séparer les matières en suspension de l'eau, néanmoins l'épuration de cette même eau doit être complétée par le filtrage au moyen d'un linge propre (de préférence de couleur blanche pour bien apprécier sa propreté). Ce filtrage ne retient pas naturellement tous les micro-organismes polluants. Pour ce faire, il est conseillé de bouillir l'eau obtenue ou de la désinfecter avant de la boire. Mais, lorsque l'eau est bouillie, elle perd une part importante de gaz dissous et devient fade, d'où la nécessité de la réaérer pour lui donner un goût agréable (Hédiblé, 2007). Dans tous les cas, il est nécessaire de bien conserver cette eau et de la mettre à l'abri de la contamination par les récipients, bols et jarres sales et par la poussière.

Ces méthodes endogènes peuvent être renforcées par d'autres techniques existant dont les agents d'hygiène en sont les promoteurs. Dans ce cadre, ceux-ci doivent être mis à contribution pour transférer ces connaissances aux populations.

En dépit des mesures prises par les populations pour protéger et améliorer la qualité des eaux de consommation, elles n'échappent pas aux maladies liées à l'eau auxquelles des réponses appropriées sont données.

### 7.2.8. Traitement des maladies liées à l'eau de consommation

Une attention particulière est accordée aux maladies relatives à la consommation des eaux souillées dans le secteur d'étude. Selon les propos recueillis lors de l'enquête, depuis les épidémies de choléra et leurs conséquences fâcheuses, à l'apparition d'une diarrhée quelle qu'elle soit, la personne malade est vite suivie. Il en est de même de la personne menacée d'une fièvre intermittente associée à la fatigue avec des douleurs au bas ventre sur une durée relativement longue, signes similaires à la fièvre typhoïde.

Les modes de traitement des maladies liées à l'eau sont multiples. Ils dépendent de la gravité de la maladie, des moyens financiers, des personnes, de la présence ou non d'un service de santé dans la localité. Le tableau XXX présente les différents modes de traitement des maladies en milieu Itcha-Ifè.

**Tableau XXX : Modes de traitement des maladies liées à l'eau en milieu Itcha-Ifè**

| Modes de traitement des maladies liées à l'eau             | Effectifs  | Proportion (%) |
|------------------------------------------------------------|------------|----------------|
| Centre de santé                                            | 274        | 42,1           |
| Automédication et centre de santé                          | 261        | 40,1           |
| Automédication, centre de santé et guérisseur traditionnel | 52         | 8              |
| Automédication                                             | 33         | 5              |
| Guérisseur traditionnel et centre de santé                 | 16         | 2,4            |
| Guérisseur traditionnel                                    | 15         | 2,3            |
| <b>TOTAL</b>                                               | <b>651</b> | <b>100</b>     |

Source : Résultats enquête de terrain, 2007

Pour se soigner, une partie de la population du secteur d'étude a recours exclusivement à l'automédication (5 %), aux centres de santé (42,1 %), aux guérisseurs traditionnels (2,3 %). Le reste des personnes enquêtées associe l'automédication et les soins dans les centres de santé (40,1 %), les soins par le guérisseur traditionnel et aux centres de santé (2,4 %) ; et le choix peut être l'automédication, les centres de santé ou le guérisseur traditionnel pour certaines personnes.

De l'analyse du tableau rapportée à la déclaration des personnes interrogées, la première réaction contre la contraction des maladies dues à l'eau est de se rapprocher des vendeurs de

médicaments exposés dans les étalages ou de s'en procurer auprès des vendeurs ambulants. L'automédication est donc le premier mode de traitement. Généralement, il s'agit des médicaments de fabrication nigériane qualifiés de frelatés. Le recours à tout autre mode intervient en cas de non satisfaction.

Par contre, les populations des localités où il existe un centre de santé s'y réfèrent plus en cas de maladie. Ce qui amène à déduire que l'automédication et la guérison traditionnelle peuvent être influencées, c'est-à-dire réduites, lorsque les populations auront à leur portée des centres de santé. Aussi, faudrait-il trouver une solution au propos évoqués par rapport à la cherté des produits pharmaceutiques qui constitue un autre problème.

### **7.3- SYNTHÈSE ET CONCLUSION DE LA TROISIÈME PARTIE**

La biologie des germes pathogènes et des ions font observer de grands risques pour les organismes humains. L'eau reste une source potentielle de contamination et les infections qui en découlent sont multiples et multiformes entraînant des complications graves. Les déclarations des enquêtées ont été confirmées par les statistiques de santé officielle. L'analyse de l'état sanitaire des populations du secteur d'étude à travers l'évolution temporelle des nombres de cas de maladies montre une forte prévalence des différentes formes de diarrhée, de la dysenterie bacillaire, des autres affections gastro-intestinales et de la fièvre typhoïde dont l'eau est la principale origine. Ces maladies connaissent une éclosion chaque année justifiant la persistance de l'attachement des populations aux eaux polluées.

Les patients payent une lourde tribu (financière et sociale) en cas de maladies dont l'eau est le facteur. En dépit des persistances des traditions et des habitudes vis-à-vis de l'eau, l'enquête a prouvé que ce sont beaucoup plus les conditions socio-économiques qui amènent les populations à consommer les eaux non potables.

Les populations utilisent des mesures endogènes dans le but de rendre l'eau potable. La plupart des stratégies concourent à la recherche de la pureté de l'eau de consommation et en cas de maladies à la guérison. Mais il ressort que ces mesures ne sont pas toutes efficaces pour garantir la qualité des eaux. Pour ce faire, des propositions sont faites pour soutenir les initiatives locales afin de minimiser les risques de pollution des eaux et de maladies.

## CONCLUSION

La présente recherche est une contribution à une meilleure connaissance de la qualité des eaux de consommation en rapport avec l'état de santé des populations Itcha-Ifè dans le département des Collines au Bénin. L'étude a abouti à l'ébauche des solutions pour le mieux-être des populations à travers la préservation de la qualité de l'eau consommée et leur santé.

La situation de l'approvisionnement en eau potable en milieu Itcha-Ifè est très peu reluisante. Le taux de couverture en eau potable est estimé à 43,05 %, soit plus de quatre (4) points en dessous de la valeur moyenne enregistrée en milieu rural au Bénin, avec une profonde disparité au niveau des différents arrondissements qui forment le secteur d'étude. Les agglomérations (Bantè, Doumè, Pira) de fortes populations sont les moins couvertes. Dans ces conditions, les populations comblent leurs besoins avec les eaux provenant des sources alternatives que sont : les puits (traditionnels et modernes), les marigots, les eaux pluviales. Selon l'enquête auprès des ménages couplée aux observations directes de terrain, les forages, les puits et les marigots constituent les sources privilégiées, permanentes et concurrentes d'approvisionnement en eau de consommation.

Quelques localités sont dotées d'adductions d'eau de la SONEB (Bantè) et de la DGEau (Pira, Koko, Kpataba, Gouka, Tchetti et Doumè). Mais, ces sources sont caractérisées par des pannes récurrentes qui mettent en cause la disponibilité de leur eau à tout moment. Quant aux forages installés par les services de l'hydraulique dans la plupart des agglomérations pour fournir de l'eau potable aux populations, ils n'arrivent plus à couvrir des besoins en eau d'une population sans cesse croissante. L'insuffisance des sources d'eau potable qui entraîne les affluences (les longues files d'attente) et les pertes de temps ajoutées au prix d'achat qui y sont greffés, font que les populations préfèrent les eaux de puits et de marigots qui sont plus accessibles. Ce sont ces différentes catégories de points d'eau les plus exploités qui ont été soumises à des analyses physico-chimiques et microbiologiques pour apprécier leur qualité.

Les mesures in situ des paramètres physiques (température, potentiel hydrogène et conductivité) des échantillons d'eau ont montré que la température des eaux du secteur d'étude en saisons sèche et pluvieuse ont une moyenne au-dessus de la valeur guide. De telles températures créent un milieu favorable au développement des micro-organismes nuisibles à la santé des populations.



Sur le plan chimique, les concentrations des différents paramètres analysés présentent pour la plupart des moyennes en dessous de la valeur guide adoptée par l'OMS. Les moyennes des ions analysés donnent les résultats ci-après (respectivement en saison sèche et en saison pluvieuse) :  $\text{Ca}^{2+}$  (25,75 et 25,89),  $\text{Mg}^{2+}$  (27,16 et 28,11),  $\text{Na}^+$  (22,83 et 28,93),  $\text{K}^+$  (15,61 et 20,12),  $\text{Fe}^{2+/3+}$  (2,3 et 1,16),  $\text{Mn}^{2+/4+}$  (0,22 et 0,12),  $\text{HCO}_3^-$  (192,93 et 195,08),  $\text{F}^-$  (0,33 en saison sèche),  $\text{Cl}^-$  (37,35 et 35,33),  $\text{SO}_4^{2-}$  (16,91 et 14,86),  $\text{NO}_3^-$  (54,40 et 40,92),  $\text{NO}_2^-$  (0,24 et 0,06),  $\text{NH}_4^+$  (0,34 et 0,08) et  $\text{PO}_4^{3-}$  (0,19 et 0,24). Il en résulte que la majorité des ions analysés sont en dessous des concentrations maximales admissibles (CMA) à l'exception du nitrite et du potassium en forte quantité dans les eaux avec un dépassement de la CMA dans les eaux de puits de Pira Kpara, de Tchetti Atiba et de Bobè Djagbalo au cours des deux saisons, du puits de Bantè Gbégamey et du forage de Lougba Kotakpa en saison sèche. Ces derniers contiennent au vu des normes recommandées par l'OMS des éléments impropres à la consommation, donc nuisibles à la santé humaine.

Au point de vue microbiologique, l'analyse des échantillons d'eaux de puits, de forages et de marigots a montré une forte présence de germes banals, de coliformes totaux et de germes pathogènes tels que les *Escherichia coli*, les *Salmonella* et *Shigella*, les staphylocoques, les streptocoques fécaux et les *Clostridium*. Les marigots contiennent les plus fortes concentrations de ces micro-organismes au-delà des valeurs maximales admissibles, viennent ensuite les puits et les forages. De ce point de vue, les eaux du secteur d'étude sont dans leur majorité polluées.

Cette dégradation de la qualité de l'eau est due aux facteurs anthropiques et naturels. L'étude a montré que l'assainissement et l'hygiène constituent un problème de premier ordre. Les abords immédiats des points d'eau sont jonchés de tas d'immondices et de mauvaises herbes. Les fèces humaines et animales sont mal gérées et l'air libre est le lieu de défécation par excellence des populations (48,2 % des ménages ne disposent pas de latrines). A ces facteurs s'ajoutent les eaux vannes et celles de douches non canalisées qui constituent de véritables gîtes larvaires dont le contact avec les sources d'eau est facilité par les eaux de ruissellement. Le vent et l'eau sont de véritables vecteurs de transports des polluants dans les eaux des puits et des marigots. La destruction du couvert végétal a réduit le pouvoir de rétention des polluants par le système racinaire des plantes. Le résultat de l'influence de ces facteurs est parfois visible : eau trouble, présence de brindilles d'arbres et de déchets domestiques dans l'eau, multitude de larves et senteur inhabituelle. Les populations du secteur d'étude semblent

ne pas ignorer l'état d'insalubrité et de pollution des eaux qu'elles consomment, seulement les éléments d'appréciation sont différents.

La pollution des eaux est appréciée par les populations à travers les éléments organoleptiques dont la couleur, l'odeur, la saveur et aussi la charge en débris et en particules de roches qu'elles contiennent. La propreté de l'eau est un concept particulier qui signifie dénuée de toute impureté visuelle ; une eau claire et limpide. Ce critère basé sur l'aspect physique amène les populations à s'adonner à l'eau de toutes les sources à condition qu'elles satisfassent à ces apparences. Cette situation entraîne des maladies avec des répercussions sur le plan socio-économique.

L'étude a montré une forte prévalence des maladies liées à l'eau en milieu Itcha-Ifè. Ces maladies sont les diarrhées (diarrhées fébriles et autres diarrhées), les affections gastro-intestinales, la fièvre typhoïde et parfois des épidémies de choléra. Les statistiques épidémiologiques de la Zone Sanitaire Savalou-Bantè montrent que les maladies relatives à l'eau occupent un pourcentage estimé à 15 % des principales affections. Les maladies regroupées dans ce vocable prises isolément montrent un accroissement considérable d'année en année. Plus spécifiquement, des exemples tirés de cinq (5) aires sanitaires (Pira, Agoua, Kpataba, Tchetti et Ottola) ont montré l'ampleur croissante des affections hydriques à l'échelle des années. Les affections plus fréquentes sont les diarrhées, les fièvres typhoïdes et les amibiases.

L'analyse comparative de trois paramètres que sont la population, le taux de desserte en eau et les maladies liées à l'eau a montré que les localités dont les taux de desserte en eau sont élevés ont enregistré les taux de maladies par habitant les plus faibles. Cette corrélation établie confirme dans une certaine mesure que l'eau est le principal vecteur de transmission de la diarrhée, des gastro-intestinales, de la fièvre typhoïde en milieu Itcha-Ifè.

En définitive, il ressort de cette étude que la plupart des sources d'eau utilisées pour la consommation sont polluées par les micro-organismes pathogènes qui sont à la base de nombreuses maladies hydriques enregistrées avec des conséquences sur le bien-être des populations.

L'impact des maladies liées à l'eau dans le secteur d'étude est aussi bien économique que social. Elle se manifeste d'abord par les dépenses engagées pour les soins, les pertes de ressources dues au nombre de jours sans activité et souvent, et ceci en saison sèche, la destruction des plantations d'anacarde par les feux de végétation. Ensuite, les maladies liées à l'eau, puisqu'elles sont les plus fréquentes, détériorent les relations sociales. Les personnes qui assistent les malades finissent par l'abandonner pour vaquer à leurs occupations, se soldant par des rancunes et des conflits latents. Dans ce même ordre d'idées, l'avènement des maladies hydriques est parfois considéré comme un envoutement ou la force maléfique de la sorcellerie. Ainsi, les personnes les plus âgées sont indexées en être à l'origine, ce qui est à la base des litiges familiaux.

Au regard des effets pervers des maladies hydriques en milieu Itcha-Ifè, les populations du secteur d'étude adoptent plusieurs méthodes endogènes : préventives et curatives. Pour présager rendre l'eau potable, elles traitent l'eau par décantation, par l'ajout d'alun, de pétrole ou de l'eau de javel, par filtration et par ébullition. Ces méthodes ont leur efficacité à rendre l'eau pure et limpide sans toutefois pouvoir anéantir les germes pathogènes contenus dans l'eau ni réguler la concentration des ions excédentaires nocifs à la santé.

Pour éviter que l'eau devienne pour les populations "une crise humanitaire silencieuse qui, chaque jour, entraîne la mort de milliers de personnes" (ONU, 2005), des suggestions ci-après sont faites dans le but d'amoindrir les risques d'infections dues à l'eau. Il s'agit de :

- responsabiliser les collectivités locales sur les services de fourniture de l'eau, d'assainissement et de l'éducation à l'hygiène des populations sous leur tutelle ;
- consacrer une part plus importante de ressources pour la construction d'équipements hydrauliques qui garantissent la fourniture d'eau potable ;
- doter chaque localité de points d'eau potable en respectant la norme d'un point d'eau pour 250 habitants ;
- investir suffisamment sur les ouvrages d'assainissement et donner une plus grande priorité à l'éducation sur l'hygiène ;
- créer des conditions favorables pour l'amélioration du niveau de vie des populations ;
- sensibiliser les hommes pour les amener à participer aux dépenses de l'eau dans des foyers.

Le défi pour doter les populations en eau potable appelle la mobilisation de tous les acteurs à savoir l'Etat, les Collectivités locales, le secteur privé, les citoyens du milieu et des partenaires techniques et financiers.

Les futures recherches pourront embrasser d'autres régions du pays notamment le département des Collines dont certaines données (climatologique, sanitaire) des villes ont été utilisées pour faire des analyses. Cette option permettrait d'apprécier les similarités à l'échelle régionale. Cela reste alors un des défis pour l'avenir.

En outre, convaincu que l'eau prise de la source à la consommation finale pourrait changer de qualité sous l'influence des facteurs naturels (vent, par exemple) et des pratiques humaines, les recherches ultérieures dans ce domaine prendront en compte ces différentes phases pour appréhender la pollution de l'eau en milieu Itcha-Ifè. Aussi, les contributions futures pour l'amélioration des conditions de vie des populations s'axeront-elles sur les études des modes de traitements endogènes des maladies liées à l'eau.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ACCROMBESSI, I. F. (1990) : *Analyse diagnostique de l'assainissement en milieu urbaine (déchet liquide et solide) : Cotonou et Porto-Novo*. SERHAU-SEM, Cotonou, 32 p.
2. ADAMA, H. (2001) : *La gestion des ordures ménagères dans la ville de Garoua au Cameroun*. Mémoire de DEA de Géographie, UAC, Abomey-Calavi, 50 p.
3. ADEKAMBI E. C. et ADAMOU B. Z. (2000) : *Contribution à la gestion des excréta, à l'approvisionnement en eau dans la ville de Cotonou en temps normal et en période d'inondation*. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 76 p.
4. ADEYANDJOU, B. (2002) : *L'aménagement des sites touristiques en pays Tchabè*. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 101 p.
5. ADJAMONSI, P. (1994) : *Qualité de l'eau de puits et problème de santé à Cotonou*. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, Abomey-Calavi, 107 p.
6. ADJANOHOOUN, E. et AKE ASSI, L. (1967) : *Inventaire floristique des forêts claires subsoudanaises et soudanaises*. Ann. Fac. Sc. Abidjan 3, pp 9-13.
7. ADJANOHOOUN, D. (1999) : *Les techniques de gestion des écosystèmes lacustres et péri lacustres: l'exemple des populations de pêcheurs du 'lac' Ahémé au sud-Bénin*. Mémoire de DEA de Géographie, UNB, Abomey-Calavi, 61 p.
8. AFFAGNON, A. (1993) : *Activités humaines et pollution dans le quartier Enagnon, ex-Akpakpa Dodomey de Cotonou : étude socio-environnementale*. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 83 p.
9. AFOUDA, F. (1990) : *L'eau et les cultures dans le Bénin central et septentrional : étude de la variabilité des bilans de l'eau dans les relations avec le milieu rural de savane africaine*. Thèse de doctorat nouveau régime, Paris, Sorbonne, 428 p.
10. AHOUSSINOU, A. S. (2003) : *Pollution fécale de la nappe phréatique et comportement des populations à Cotonou*. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC, 92 p.
11. AISSI, M. J. (1992) : *Impacts des déchets domestiques sur la qualité de la nappe phréatique à Cotonou*. Mémoire de fin de formation DETS, UNB, Abomey-Calavi, 69 p.
12. AKIYO, O. R. (2006) : *Environnement lacustre et santé des populations : cas de l'arrondissement de Sô-AVA dans le département de l'Atlantique*. Mémoire de DEA, UAC, 86 p.
13. AKON, B. M. E. (1988) : *Environnement et parasitoses humaines dans la basse vallée de l'Ouémé*. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, 111 p.
14. AKOUEGNINO, A. (2004) : *Recherches botaniques et écologiques sur les forêts actuelles au Bénin*. Thèse d'Etat es Science, Université de Cocody, Abidjan, 326 p.
15. ALAIN et al, (2006) : *La planète en danger quand l'eau devient une denrée rare*. Atlas du monde diplomatique, Paris.
16. ALASSANE, A. (2000) : *Contribution à l'étude hydrochimique de l'aquifère du plateau de Sakété dans le bassin sédimentaire côtier du Bénin*. Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 85 P + annexes.

17. ALLAGBE, H. (2006) : *Impacts des inondations sur la santé des populations dans l'arrondissement de Godomey (Commune d'Abomey-Calavi)*. Mémoire de DEA de géographie , UAC, Abomey-Calavi, 81 p.
18. AMEGEE, K. F. P. (1992) : *Analyse du secteur eau et assainissement au Bénin*. Ministère de la Santé, Cotonou, 93 p.
19. ANATO, L. (1983) : *Approvisionnement en eau potable et assainissement de base dans la commune urbaine de Comè en République du Bénin*. Mémoire de maîtrise en santé publique, IRSP, Ouidah, 84p.
20. ARCHIBALD, F. (2000): *The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems – a cause for concern?* Water Quality Research Journal of Canada, 35(1): 1-22.
21. ASAED – Dakar (1981) : *L'eau c'est la vie : provenance de l'eau, protection de l'eau, association d'éducation pour le développement (ASAED)*. Dakar, 24 p.
22. ASSANI, K. A. (1995) : *Qualité et mode de gestion de l'eau de boisson dans la sous-préfecture de Grand-Popo*. Mémoire de maîtrise en santé publique, IRSP, Ouidah, 129 p.
23. ATEKOU, R. (1987) : *Approvisionnement en eau potable de la population du district rural de Savalou en RPB*. Mémoire de maîtrise de santé publique, Centre Régional de Développement Sanitaire, Ouidah, 112 p.
24. AUBREVILLE, A. (1937) : *Les forêts du Dahomey et du Togo*. Bul. Com. Etu. His. Et scientif. Afrique Occidentale Française, Paris, pp 24-58.
25. AUJOLAT L. P. (1963) : *Santé et développement en Afrique*. Ed. A. Colin, Paris, 285 p.
26. AWWA (1990): *Water quality and treatment*. 4th edition, United States of America, 1194 p.
27. AZONHE, T. H. S. N. (2009): *Analyse des déterminants environnementaux du paludisme et des maladies diarrhéiques chez les populations du secteur agricole dans la dépression des Tchi au sud du Bénin*. Thèse de doctorat unique. UAC, Abomey-Calavi, 235 p.
28. BAGLO, M. et GUEDEGBE, O. B. (2002) : *Faisabilité de la création des réserves biologiques dans les zones humides du sud-Bénin*. Rapport principal PAZH, Cotonou, 63 p.
29. BARRELL, R. A. E., HUNTER, P. R. and NICHOLS, G. (2000): *Microbiological standards for water and their relationship to health risk*. Communicable Disease and Public Health, 3: 8-13. (Erratum volume 3, p. 221).
30. BARTHE, C., PERRON, J. et PERRON, J. M. R. (1998) : *Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable*. Document de travail (version préliminaire), Ministère de l'Environnement du Québec, 155 p. + annexes.
31. BILLOTHEQUE POUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE (1989) : *Dictionnaire médical pour les régions tropicales*. Centre pour la Promotion de la Santé, Congo, 871 p.
32. BITTON, G. (1999): *Wastewater Microbiology*. John Wiley & Sons, 578 p.
33. BMZ (1995) : *Documentation pour l'étude et l'évaluation des effets environnementaux*. Volume III : catalogue des normes antipollution, Eschborn ; <http://www2.gtz.de/uvp/publika/French/begin3.htm#Contents> (consulté le 20 juillet 2008).

34. BOKO, M. (1987) : *Etude sur la variabilité pluviométrique au Bénin*. In. Climat et Climatologie. Volume d'Hommage offert au Professeur Pierre PAGNEY, Centre de Recherches de Climatologie, URA 909 du CNRS, Dijon, pp. 41-50.
35. BOKO, M. (1988) : *Climats et communautés rurales du Bénin. Rythmes climatiques et rythmes de développement*. Thèse d'Etat es-lettres, Dijon, 608 p.
36. BOKO, M. (1992) : *Saisons et types de temps au Bénin, analyse objective et perceptions populaires*. *L'espace Géographique*, n°4, pp. 321-337.
37. BOKO, M. (2001) : *Les changements climatiques et le développement économique, social et environnemental du Bénin : planification et développement des zones côtières*. Contrat de consultation, MEHU, 29 p. + annexes.
38. BOKO, M., SINSIN, A. B., HOUSSOU, S. C., HOUNDENOU, C., OGOUWALE, E., VISSIN, W. E., TOTIN, V.S.H. et YABI, I. (2007) : *Analyse des contraintes climatiques au développement de l'agroforesterie à base de l'anacardier dans le centre du Bénin*. Rapport de recherche, Conseil Scientifique, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, 72 p.
39. BOSSOU, D. B. (2002) : *Analyse et esquisse cartographique de la contamination bactériologique de la nappe phréatique alimentant les puits traditionnels de la ville de Cotonou et sa banlieue*. Mémoire de DESS en management environnemental et qualité des eaux, UAC, 82 p.
40. BOUKARI, M. (1982) : *Contribution à l'étude hydrogéologique des régions de socle de l'Afrique intertropicale : Hydrologie de la région de Dassa-Zoumé (Bénin)*. Thèse de spécialité, Université de Dakar, 131 p + annexes.
41. BOUKARI, M. (2007) : *Hydrologie de la République du Bénin (Afrique de l'Ouest)*. In *Africa Geoscience Review*, Vol. 14 (3), pp. 303-328.
42. BOUGUERRA, M. L. (2003) : *Les batailles de l'eau pour un bien être de l'humanité*. Paris, Editions de l'Atelier, Editions Charles Léopold Mayer, p.27.
43. BOVI, A. M. (1988) : *Approvisionnement et consommation des ménages en eau potable dans les quartiers périphériques de la ville de Cotonou : Cas du quartier de Ahogbohoulé*. Mémoire de planification régionale et aménagement du territoire. Ouagadougou, 146 p.
44. BRENNER, K. P., RANKIN, C. C. and SIVAGANESAN, M. (1996): *Interlaboratory Evaluation of MI Agar and the U.S. Environmental Protection Agency-Approved Membrane Filter Method for the Recovery of Total Coliforms and Escherichia coli from Drinking Water*. *Journal of Microbiological Methods*, 1996, 27: 111-119.
45. BRICHA, S., OUNINE, K., OULKHEIR, S., EL HALOUI, N. et ATTARASSI, B. (2007) : *Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc)*. *Afrique SCIENCE* 03(3) ISSN 1813
46. BRODHAG, C. (2005) : *L'Evaluation des Ecosystèmes du Millénaire*. Note de lecture du rapport des Nations Unies, 9 p.
47. CAIRNCROSS, S. et al. (2003): *La santé l'environnement et le fardeau des maladies*. DFID, 59 p.

48. CASSELS, A., JANOVOSKY, K. (1996) : *Renforcer la gestion des systèmes de santé dans les districts et les provinces*. Paris, 87 p.
49. CABELLI, D. E. (1997): *“The reactions of  $HO_2/O_2^-$  radicals in aqueous solution” in peroxy radicals*. Alfassi, Z., ed. John Wiley and Co., New-York, pp. 407-307.
50. CEAEQ (2000) : *Recherche et dénombrement des entérocoques: méthode par filtration sur membrane*. Centre d’expertise en analyse environnementale du Québec, Gouvernement du Québec, 27 p.
51. CEAEQ (2005) : *Recherche et dénombrement des coliformes totaux : méthode par filtration sur membrane*. MA. 700 – Col 1.0, Rév. 2, Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs du Québec, 20 p.
52. CEAEQ (2006) : *Recherche et dénombrement simultanés des coliformes totaux et d’Escherichia coli dans l’eau potable avec le milieu de culture MI : méthode par filtration sur membrane*, MA. 700 – Ecctmi. 1.0, Rév.1, Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs du Québec, 24 p.
53. CEAEQ (2007) : *Recherche des salmonelles : méthode présence/absence*, MA. 700 – Sal-PA 1.0, Rév. 1, Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs, 25 p.
54. CEFIGRE (1984) : *Synthèse des connaissances sur l’hydrogéologie du socle cristallin et cristallophyllien, et du sédimentaire ancien de l’Afrique de l’Ouest*. Rapport Ministère des Relations Extérieures. Valbonne, 121 p.
55. CEFIGRE ET LABORATOIRE DE GEOLOGIE DYNAMIQUE ET APPLIQUEE (AVIGNON) (1992) : *L’hydrologie de l’Afrique de l’Ouest – Synthèses des connaissances socle cristallin et cristallophyllien, et sédimentaire ancien*. Collection Maîtrise de l’eau ; Ministère des Relations Extérieures, Coopération et Développement 2<sup>ième</sup> édition, 174 p.
56. CHABI, A. H. (1999) : *Problématique de la pauvreté en milieu semi-urbain : cas de la ville de Savè*. Mémoire de maîtrise de sociologie, UNB, Abomey-Calavi, 105 p.
57. CHARLEY, F. et al. (1985) : *Expérimentation de solution en vue d’améliorer la qualité de l’eau à domicile en milieu rural*. Eau et santé Abidjan, INSP, SNES, pp 85-88.
58. CHARRIÈRE, G., MOSSEL, D. A. A., BEAUDEAU, P. and LECLERC, H., (1994): *Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of Enterobacteriaceae and of a selection of Enterococcus spp. for the official monitoring of drinking water supplies*. Journal of Applied Bacteriology, 76: 336-344
59. CLAUSEN, E. M., GREEN, B. L. and LITSKY, W. (1977): *Fecal streptococci: indicators of pollution*. Dans: Hoadley, AW et BJ Dutka, édit., *Bacterial Indicators/Health hazards associated with water*. American Society for Testing and Materials, ASTM STP 635, pp.: 247-264.
60. CLESCERI L., GREENBERG A. E. AND EATON A. D., ED. (1998): *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association et Water Environment Federation, 20e édition, pagination multiple.



61. CODJIA, P. R. (2000) : *La prolifération des déchets plastiques à Cotonou : effet sur la santé et sur le développement durable*. Mémoire de DEA de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 54 p.
62. COLLECTIF (1984) : *Synthèse des connaissances sur l'hydrologie du socle cristallin et cristallophyllien et du sédimentaire ancien de l'Afrique de l'Ouest*. C.E.F.I.G.R.E Sophia Antipolis, France, 1<sup>ère</sup> édition, 121 p.
63. COMITE DIRECTEUR INTER INSTITUTION DE COOPERATION POUR LA DECENNIE. (1990) : *Impact de la DIEPA de l'eau potable et de l'assainissement sur les maladies diarrhéiques*. Genève, 17 p.
64. COMLANVI, F. M. (1994) : *Amélioration de la qualité des eaux de puits dans la ville de Cotonou : Cas de quelques quartiers*. Mémoire de fin de formation DIT, CUP, 78 p.
65. CRAUN, G. F. (1986): *Statistics of waterborne outbreaks in the U.S. (1920-1980)*. In Craun, GF, édit., *Waterborne diseases in the United States*, CRC Press, p. 73-160.
66. CREPA (2009) : *Manuel EcoSan*. Cotonou, 24 p.
67. CSPEF (2008) : *Rapport d'avancement 2007 de la Stratégie de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté (SCR 2007-2009)*. Cotonou, 119 p.
68. CSPEF (2009) : *Rapport d'avancement 2008 de la Stratégie de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté*. Cotonou, 107 p.
69. DANIDA (2002) : *Rapport technique - Suivi de la qualité de l'eau (composante « Appui à la gestion des ressources en eau en République du Bénin »)*. Cotonou, 10 p.
70. DEVRIESE et al. (1998): *Differentiation between Streptococcus gallolyticus strains of human clinical and veterinary origins and Streptococcus bovis from the intestinal tracts of ruminants*. Journal of Clinical Microbiology, 38: 3520-3523.
71. DHONNEUR, G. (1974) : *Nouvelle approche des réalités météorologiques de l'Afrique occidentale et centrale*. Publications de l'ASECNA, Dakar, 385 p et 472 p
72. DJAFAROU, A. (2004) : *La contribution à l'évaluation des risques liés aux usages domestiques de l'eau dans la commune de Kandi*. Mémoire de DESS, IMSP, Cotonou, 69 p.
73. DUBUS, J. (1998): *L'action entreprise depuis les années 80 dans le secteur de l'eau et de l'assainissement au Bénin*. Evaluation et perspectives, UNICEF, Cotonou, 37 p.
74. ECKNER, K. F. (1998): *Comparison of membrane filtration and multiple-tube fermentation by the Colilert and Enterolert methods for detection of waterborne coliform bacteria, Escherichia coli, and enterococci used in drinking and water quality monitoring in southern Sweden*. Applied and Environmental Microbiology, 64 : 3079-3083.
75. EDBERG, S. C., RICE, E. W., KARLIN, R. J., ALLEN, M. J., (2000): *Escherichia coli : the best biological drinking water indicator for public health protection*. Journal of Applied Microbiology, 88: 106S-116S.

76. EDBERG, S. C., LECLERC, H. and ROBERTSON, J. (1997): *Natural protection of spring and well drinking water against surface microbial contamination. The indicators and monitoring parameters for parasites*. Critical Reviews in Microbiology, 23: 179-206.
77. EDMOND, M. B., OBER J. F., WEINBAUM, D. L., PFALLER, M. A., HWANG, T., SANFORD, M. D. and WENZEL, R. P. (1995): *Vancomycin-resistant Enterococcus faecium bacteremia: risk factors for infection*. Clinical Infectious Diseases, 20: 1126-1133.
78. EDORH, A. P., GNANDI, K., ELEGBEDE MANOU, B., ENONHEDO, S. F. et BOKO, M. (2007) : *Qualité de l'eau des nappes et son impact sur la santé des populations à Kérou. Climat et développement*, 4 : 27-37.
79. EFE, S. I., OGBAN, F. E., HORSFALL, M. J., AKPORHONOR, E. E. (2005) : *Seasonal Variations of Physico-chemical Characteristics in Water Resources Quality in Western Niger Delta Region, Nigeria*. J. Appl. Sci. Environ. Mgt., 9(1) : 191-195.
80. ELEGBE, A. (1975) : *Aménagement et urbanisation des petites villes du centre Dahomey : cas de Savè*. Doctorat de 3<sup>è</sup> cycle, Toulouse, 158 p.
81. ELEGBEDE, M. B. (2007) : *Pollution de l'eau des puits et de la nappe phréatique par les pratiques humaines et son impact sur la santé des populations dans la commune de Kérou, premier producteur de coton dans le département de l'Atacora/Donga*. Mémoire de DEA de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 111 p.
82. EL ASSLOUJ, J., KHOLTEI, S., EL AMRANI, N. ET HILALI, A. (2007) : *Analyse de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la communauté des Mzamza, au voisinage des eaux usées*. Afrique SCIENCE 03(3) ISSN 1813-548X, pp 391-404.
83. EL-HAMZAOUI-AMARA, S., CHANI, M., DIKOUMBA, A., AZOUADELLY, E., MBOUMBA, I. C., HAZOUME, N., MOUSSOUNDA, J., BAAJ, A. J., NEJMI, S. (2000) : *Analyses bactériologiques des selles*. Biologie Infectiologie, - TOME VI (2) pp 21-33.
84. ELMUND, G., KALLEN, M. J., RICE, E. W. (1999): *Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency*. Water Environ. Res., 71: 332-339.
85. EMPEREUR, B. P. et al. (1992) : *Application d'un nouveau matériel de transport et de stockage pour l'amélioration de la qualité de l'eau de boisson en milieu rural africain*. Bulletin de la société et de la pathologie exotique, Abidjan, pp 390-394.
86. ESCOURROU, G. (1981) : *Climat et environnement*. Masson, Collection Géographie, Paris, 182 p.
87. ESCOURROU, G. (1976) : *L'environnement*. Collection Q.S.J., N° 1450, 3<sup>ème</sup> édition mise à jour, Paris, 127 p.
88. ETIENNE, J. (2009) : *Eau et assainissement : croyances, modes et modèles*. In Magazine du Programme des Nations Unies, vol. 16, n°3, l'Environnement, 10 p.
89. FACKLAM, R. R., SAHM, D. F. et TEIXEIRA, L. M. (1999): *Manual of clinical microbiology*. American Society for Microbiology, 297-305. Enterococcus, In Murray, PR, EJ Baron, MA Pfaller, FC Tenover and RH Tenover, eds. (1999)

90. FALL, C. (2007) : *Etude de la qualité de l'eau de robinet et celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal*. Mémoire de maîtrise de géographie, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 60 p.
91. FAO (2001) : *Approche participative, communication et gestion des ressources forestières en Afrique subsaharienne*. Rome, pp 7-11.
92. FARROW, J. A. E. et al. (1984): *Taxonomic studies of S. bovis and S. equinus: description of S. alactolyticus sp. no. and S. saccharolyticus sp. nov.* Systematic and Applied Microbiology, 5: 467-482.
93. FATTAL, B., VASL, R. J., KATZENELSON, E., SHUVAL, H. I. (1983): *Survival of bacterial indicators organisms and enteric viruses in the Mediterranean coastal waters off Tel-Aviv*. Water Research, 17: 397-402.
94. FERNANDEZ, I. (1997) : *Participation communautaire à la gestion des ordures ménagères dans la ville de Cotonou*. Mémoire de maîtrise IRSP, Cotonou, 52 p.
95. FONTAINE, B. (1981) : *Pluviométrie soudano-sahélienne et dynamique atmosphérique sur l'Afrique occidentale et l'Atlantique nord. Essai sur la variabilité physionomique et génétique d'une zone limite*. Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Université de Bourgogne, Dijon, 166 p.
96. FONTAINE, B. (1985) : *La variabilité des précipitations en domaine sahélien et ses connexions avec la circulation atmosphérique africaine atlantique*. Cahier de Centre de Recherche de Climatologie. N°11, URA 909 CNRS. Université de Bourgogne, Dijon, pp 85-91.
97. FONTAINE, B. (1990) : *Etude comparées de la mousson indienne et ouest africaine. Caractéristiques, variabilité et téléconnexion*. Thèse d'Etat de l'Université de Bourgogne, volumes 1 et 2, Dijon, 511 p.
98. GANDAHO, P. S. (1994) : *Problème de pollution de la nappe phréatique de Cotonou : Etude comparative et perspectives d'aménagement*. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, Abomey-Calavi, 84 p.
99. GALAL-GORCHEV H. (1992) : *Evaluation des risques liés aux substances chimiques dans l'eau de boisson : Elaboration des valeurs guides*. Santé Publique, pp 80-83.
100. GBATCHO, A. M., (1992) : *Contribution à l'étude des rythmes pluviométriques et hydrologiques du bassin de l'Ouémé au pont de Savè*. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, Abomey-Calavi, 68 p.
101. GBEDO, V. (2002) : *Etude des pratiques endogènes de valorisation des déchets solides ménagers de Cotonou : approche pour une gestion durable des déchets solides ménagers*. Mémoire de DEA de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 122 pages.
102. GELDREICH, E. D., NASH, H. D., REASONER, D. K., and TAYLOR, R. H. (1972): *The necessity of controlling bacterial populations in potable waters: community water supply*. Journal of American Water Works Association, September: 596-602.
103. GERSON, F. et MOIGNE, G. (1994) : *Une gestion équilibrée des ressources en eau. Finance et développement*, Gène, 27 p.

104. GINGLINGER, B. (1996) : *Le point sur le fluor en France en 1996*. Thèse Chir. Dent., Strasbourg, p 39.
105. GLEESON, C. and GRAY, N. (1997): *The coliform index and waterborne disease*. E & FN Spoon, 194 p.
106. GOMEZ, C. A. (1995) : *Pression rurale sur la forêt classée d'Agoua*. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, Abomey-Calavi, 100 p.
107. GOMEZ, C. A. (2004) : *La problématique de l'assainissement et de la santé dans les villes moyennes du Bénin : cas de Bantè*. Mémoire de DEA de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 57 p.
108. GOMEZ, C. A., TOTIN, V. S. H. et N'BESSA, B. (2008) : *Qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage en saison sèche dans les communes de Bantè et de Savalou. Climat et développement*. (5) pp 32-42.
109. GOODMAN, R. A., GREENBERG, H. B., MCKINLEY, T. E., SMITH, J. D. (1982): *Norwalk gastroenteritis associated with a water system in a rural Georgia community*. *Archives of Environmental Health*, 37: 358-360.
110. GOUBERT, J-P. et CHOTARD, M. (2002) : *L'eau puissance civilisatrice*. C.I., Eau, 59 p.
111. GOUDOT, S. et al. (2003): *Les nitrates et pollution*. Disponible sur : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrate> (consulté le 18 février 2010).
112. GOUVERNEMENT DU QUEBEC (2001) : *Règlement sur la qualité de l'eau potable*. [http ://www.menv.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/index.htm] (consulté 12 août 2007).
113. GRIFFIOEN, J. and APPELO, C. A. J. (1993a): *Adsorption of calcium and its complexes by two sediments in calcium-hydrogen-chlorine-carbon dioxide systems*. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57, 716-722.
114. GRIFFIOEN, J. and APPELO, C. A. J. (1993b): *Nature and extent of carbonate precipitation during aquifer thermal energy storage*. *Applied Geochem.* 8, 161.
115. GRILLOT, C. J. (1992) : *Régime des eaux souterraines en milieu cristallin altéré : un exemple en zone intertropicale humide d'altitude (Madagascar)*. In *Hydrogeological Sciences – Journal des Sciences Hydrogéologiques*, 37, 2, 4/1992, pp 105-115.
116. GROUPE DE LA BANQUE MONDIALE (2008) : *Eau et pauvreté : quel est le lien*, 09 octobre 2008. <http://youthink.worldbank.org/fr/issues/environment/water/> (consulté le 04 décembre 2009).
117. GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU (2002) : *Entérocoques et streptocoques fécaux*. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec, 5 p.
118. GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU (2003) : *Coliformes fécaux*. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.
119. GTZ (1996) : *Assainissement des quartiers urbains*. Eschborn, 18 pages.

120. GUENDEHOU, F. J. C. (2002) : *La gestion des excréta en milieux marécageux : cas de la ville de Cotonou : Conséquences sur la santé publique et perspectives*. Mémoire de maîtrise de Géographie, UNB, Abomey-Calavi, 77 p.
121. GUERRE, A. et ARANYOSSY, J. F. (1990) : *Synthèse des ressources en eau du Mali. Résultats et interprétation des analyses isotopiques*. II. : Les aquifères fracturés. Rapport du Projet Régional Africain RAF/8/012. 49 p.
122. GUERREE, H., GOMELLA, C. (1982) : *Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales*. Tome1, La collection Paris Eyrolles, 2<sup>ième</sup> édition mise à jour, 250 p.
123. GUIRAUD, R. (1988) : *L'hydrologie de l'Afrique*. Journal of African Earth Sciences 7, pp 519-543.
124. HACHETTE (2001) : *Dictionnaire Hachette Encyclopédique*. 75905 Paris Cedex 15, 2066 p.
125. HANCOCK, L. E. and GILMORE, M. S., (2000): *Pathogenicity of enterococci*. In: Fischetti, VA, RP Novick, JJ Ferretti, DA Portnoy et JI Rood, édit., Gram positive pathogens. American Society for Microbiology, pp.:251-258.
126. HARLEMANN, P., MEYER, F. et FRANÇAIS, T. (1992) : *Les sous produits de la désinfection des eaux potables*. Santé publique, Paris, pp84-90.
127. HASLAY, C. et LECLERC, H. (1993a) : *Microbiologie des eaux, Technique et Documentation*. Lavoisier. Paris, 512 p.
128. HASLAY, C. et LECLERC, H. (1993b) : *Microbiologie des eaux d'alimentation*. Lavoisier Tec & Doc, Paris, 495 p.
129. HAUPT, F. et al. (1996) : *Gestion des déchets industriels et dangereux dans les zones urbaines en Afrique de l'Ouest*. Programme d'alimentation en Eau et Assainissement, UNICEF, 108 p.
130. HEDIBLE, C. S. (2000) : *La femme et l'assainissement dans le Bénin méridional : étude comparée des pratiques de l'hygiène de l'environnement en milieu rural (trois villages de la Circonscription Urbaine d'Abomey) et en milieu urbain (Cotonou)*. Mémoire de DEA de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 59 p.
131. HEDIBLE, C. S. et BOKO, M. (2006) : *Qualité de sept (07) points d'eau de consommation dans la région côtière du Bénin (Afrique de l'Ouest)*. Climat et développement. (1) : 46-64.
132. HEDIBLE, C. S. (2007) : *Perceptions et stratégies d'adaptation des communautés rurales du département de l'Atlantique face à la dégradation de la qualité de l'eau de consommation*. Thèse de Doctorat Unique de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 215 p.
133. HIRONDEL, J. (1993) : *Les méthémoglobulinémies du nourrisson*. Données nouvelles. Cahier de Nutrition et de Diététique, 28, 341-9.
134. HOUNDENOU, C. (1992) : *Variabilité pluviométrique et conséquences socio-écologiques dans les plateaux du Bas-Bénin (Afrique de l'Ouest)*. Mémoire de DEA, Université de Bourgogne, Dijon, 90 p.

135. HOUNDENOU, C. (1999) : Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide, diagnostic et modélisation : L'exemple du Bénin. Thèse de Doctorat Unique. Université de Bourgogne. Dijon, 341 p.
136. HOUNDI, S. et TOGONOU, Z. C. (1992) : *Les eaux souterraines : pollution des puits artisanaux et modernes : cas du cordon littoral de l'Est du chenai de Cotonou*. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, 78 p. + Annexes.
138. HOUSSOU, L. (1999) : *Gestion du péril fécal en milieu urbain : Cas de la Commune de Sègbéya à Cotonou, situation actuelle, problème et perspectives*. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, 47 p. + annexes.
139. HOUINATO, M. R. B. (2001): *Phytologie, écologie, production et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts Kouffè*. Thèse de doctorat, Université de Bruxelles, 219 p + annexe.
140. HOUNSLOW, W. A. (1995) : *Water quality data. Analysis and Interpretation*. Lewis Publishers, New York, United States, 397 p.
141. HOUSSOU, C. S. et VISSIN, E. W. (2005) : *Type de temps et pathologie dans la circonscription urbaine de Kandi (Bénin, Afrique de l'Ouest)*. Colloque AIC, Gène, 9p.
142. HOUSSOU, C. S., VISSIN, E. W. et PERARD, J. (2006) : *Variabilité climatique et pathologie dans le département du mono (Bénin, Afrique de l'Ouest)*. Colloque AIC, Epernay, 8p.
143. HULSE, J. H. (2008) : *Développement durable : un avenir incertain. Avons-nous oublié les leçons du passé ?* Ed. PUL, Québec, 393 p.
144. IBRAHIMA, F. (1997) : *Participation communautaire à la gestion des ordures ménagères dans la ville de Cotonou*. Mémoire de maîtrise de santé publique, IRSP, Cotonou, 53 p.
145. ID/PRAC [INITIATIVE DEVELOPPEMENT/PROGRAMME RURAL D'APPUI AUX COMMUNES] (2006) : *Plan de Développement Communal (PDC) : Commune de Bantè*, Bantè, 108 p.
146. IDRISOU, A. Y. et SOMA, S. C. (2001) : *Contraintes d'approvisionnement en eau potable des populations en zone de socle du Bénin*. Maîtrise DST, UNB, Abomey-Calavi, 53 p.
147. INITIATIVE POUR UNE AFRIQUE SOLIDAIRE (1998) : *Rapport de synthèse de la journée de réflexion sur les inondations au Bénin. Conséquences socio-économiques et sanitaires*. MSP, Cotonou, 35 p.
148. INSAE/PNUD (2001) : *Tableau de bord social : profil social et indicateurs du développement humain*. Cotonou, 102 p.
149. INSAE (2002a) : *Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat : synthèse des analyses en bref*. Cotonou, 48 p.
150. INSAE (2002b) : *Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat – Tome 2 : Dynamique de la population*. Cotonou, 128 p.
151. INSAE (2003a) : *Synthèse des analyses du RGPH3*. Cotonou, 42 pages.

152. INSAE (2003b) : *Enquête démographique et de santé au Bénin*. INSAE-ORC Macro, Claverton-Maryland, pp. 140-156.
153. INSAE (2004) : *Cahiers des villages et quartiers de ville : Département des Collines*. Cotonou, 24 p.
154. INSAE (2006) : *Enquête Démographique de Santé*. Cotonou, 492 p.
155. INSAE (2008) : *Projections départementales 2002-2030*. Cotonou, 136 p.
156. INSAE (2009a) : *Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages 2007. Rapport de synthèse*. Cotonou, 45 p.
157. INSAE (2009b) : *Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages 2007. Principaux indicateurs*. Cotonou, 60 p.
158. INSPQ (2002) : *Cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique*. Institut national de santé publique du Québec, 94 p.
159. ILSI (2000): *Revised framework for microbial risk assessment*. Workshop report. Washington, 23 p.
160. IPCC (2001) : *Incidences de l'évolution du climat dans les régions : Rapport spécial sur l'Evaluation de la vulnérabilité en Afrique*. Island Press, Washington, 53 p.
161. IRC (1998) : *Services de santé environnementale dans les villes africaines*. Netherlands, 41 p.
162. JAGLAND, T. : *Tout se tient*. <http://www.ourplanet.Com/imgversn/122/french/jagland.html> (consulté en janvier 2004), 4 p.
163. JANICOT, S. (1990) : *Deux facteurs impliqués dans la sécheresse au Sahel*. In *Veille climatique satellitaire*, n°32, pp 24-33.
164. JASPER, C. (1997) : *Les maladies causées par la pollution de l'environnement*. MEHU/GTZ, Cotonou, 50 p.
165. JEAN-PIERRE, (ED.), BRENGUES JACQUES, (ED.) (1998) : *Aménagements hydro-agricoles et santé (vallée du fleuve Sénégal)*. : ORSTOM, (Colloques et Séminaires), Paris, p. 87-102.
166. JENY et al. (1982) : *Environnement et développement rural : guide de la gestion des ressources naturelles*. Frison-Roche, Paris, 418p.
167. KAKPO, D. V. (2008) : *Dégradation de la qualité des eaux souterraines du département des Collines : ampleur et origine*. Mémoire de maîtrise ès-sciences naturelles, UAC, Abomey-Calavi, 41 p.
168. KAMTO, M. (1996) : *Le droit de l'environnement en Afrique*. Paris, EDICEF/AUPELF, p. 366 et suivants.
169. KIKI MIGAN, E. L. V. (1993) : *La problématique de la gestion des déchets dans les mégalofoles africaines et perspectives d'avenir : Cas de la ville de Cotonou*. Thèse de doctorat de médecine, UNB, Abomey-Calavi, 90 p.

170. KIPP-MANIRAFASHA, K., BALDI, M. (2001) : *Composante Sanitaire : une décennie d'expérience au Bénin dans le domaine de l'eau, l'hygiène et l'assainissement*. SBEE/DED, Cotonou, 101 p.
171. KONMY, R. D. (2005) : *Les latrines écologiques, une nouvelle approche de gestion des excréta : Cas de Communes de Cotonou et d'Abomey-Calavi*. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 91 p.
172. KOUCHADE, M. O. (2002) : *Evaluation de la pollution organique et bactériologique due aux excréta, aux eaux usées et aux déchets solides dans la lagune de Cotonou*. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 66 p.
173. KOULIBALY, K. (2005) : *Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de bamako*. Thèse de doctorat de pharmacie, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, Université de Bamako, 69 p.
174. KPANGON, S. H. et BIAOU, G. (2008) : *Réutilisation de l'urine humaine hygiénisée en maraichage au sud-Bénin : Analyse de rentabilité financière*. Article Scientifique, CREPA-Cotonou, 18 p.
175. KOUTINHOUN, S. E. (2006) : *La question de l'eau dans le monde*. UAC, Abomey-Calavi, 16 p.
176. KRIATOV, M. B. et al. (1980) : *Constitution et les substances utiles du territoire de la République Populaire du Bénin entre le 10<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> parallèle de latitude Nord*. Rapport du levé et de prospection géologique à l'échelle 1/200000<sup>ème</sup> effectué entre 1977-1980.
177. LAIME, M. (2003) : *Le dossier de l'eau. Pénurie, pollution, corruption*. Edition du sénile, Paris, 408 p.
178. LAROUSSE (2005) : *Le petit Larousse illustré*. 100<sup>e</sup> édition, Paris CEDEX 16, 1855 p.
179. LATE, V. (2003) : *La pollution de l'eau au Niger : réflexion sur un cas d'intoxication par ingestion de l'eau à Tibiri (Maradi, Niger)*. Mémoire de DEA de géographie, IUED, 78 p.
180. LECLERC, H., DEVRIESE, L. A. and MOSSEL, D. A. A. (1996): *Taxonomical changes in intestinal (fecal) enterococci and streptococci: consequences on their use as indicators of faecal contamination in drinking water*. Journal of Applied Bacteriology, 81: 459-466.
181. Le BARBE, L., ALE, G., MILLET, B., TEXIER, H., BOREL, Y. (1993) : *Les ressources en eau superficielles de la République du Bénin*. Edition de l'ORSTOM, Paris, 469p + annexes.
182. LENNTECH, B. V. (2009) : *Effets sur la santé des polluants de l'eau*. (<http://www.lenntech.fr/francais/faq-effet-polluants-sante.htm#ixzz0Ug0d3lWl>). (Consulté le 06 mars 2009)
183. LEROUX, M. (1980) : *Le climat de l'Afrique tropicale*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Dijon 4T, 427 p.
184. LETTERMAN, R. D. (1999): *Water Quality and treatment; a handbook of community water supplies*. American Water Works Association, McGraw-Hill, 1050 p.



185. MADANI, T. A. A., KABANI, A., ORR, P. and NICOLLE, L., (1999): *Enterococcal bacteremia in a tertiary care centre in Winnipeg*. Canadian Journal of Infectious Diseases, 10: 57-63.
186. MAHMAN COULIBALY, A. (2002) : *Environnement et santé publique à Gaya (Niger)*. Mémoire de maîtrise de Géographie, UNB, Abomey-Calavi, 98 p.
187. MAKOUTODE, M., ASSANI, A. K., OUENDO, E-M., AGUEH, V. D., DIALLO, P. (1999) : *Qualité et mode de gestion de l'eau de puits en milieu rural au Bénin : cas de la sous-Préfecture de Grand-Popo*. Médecine d'Afrique Noire. 46 (11) : 528-534.
188. MALIKI, R. (1993) : *Etude hydrologique du littoral béninois dans la région de Cotonou (Afrique de l'Ouest)*. Université Cheick Anta Diop, Dakar, 162 p + annexes.
189. MEHU (2001) : *Plan d'Action environnementale du Bénin, première version révisée*. Cotonou, 170 p.
190. MEHU/GTZ (1997) : *Les maladies causées par la pollution de l'environnement*. Cotonou, 50 p.
191. MEHU/ MJLDH (1999) : *La loi cadre sur l'environnement en République du Bénin*. Cotonou, 66 p.
192. MMEE (2005) : *Avant-projet de loi portant gestion de l'eau en République du Bénin*. Cotonou, 15 p.
193. MOKOFIO, F., RENAUDET, J., OPANDY, C., BASTARD, G., ABEYE, J., YETE, M. L., TOUABE, J., GONDAO, L. et VOHITO, J. A. (1991) : *Qualité bactériologique de l'eau des puits, des sources et des forages dans la ville de Bangui*. Médecine d'Afrique Noire. 38 (11) 775-777.
194. MONDJINANGNI, C. (2005) : *Etude socio-économique de base des villages du terroir du domaine protégé Okpara-Ouémé*. IDD-ONG, Savè, 67 p.
195. MONJOUR, L., BOURDILLON, F., MARTIN, A. (1984) : *Retentissement sur la flore fécale pathogène de l'utilisation d'une eau potable en milieu rural sahélien*. Bulletin de société et de pathologie exotique, pp.175- 181.
196. MOREL, J. (2007) : *Les ressources en eau sur Terre : origine, utilisation et perspectives dans le contexte du changement climatique Un tour d'horizon de la littérature*. Laboratoire d'économie de la production et de l'intégration internationale UMR 5252 CNRS – UPMF. 29 p.
197. MS (2000) : *Agenda 2020, politique de la santé pour le 21<sup>ème</sup> siècle*. Harare, 30 p.
198. MS (2003) : *Programme National d'Hygiène et d'Assainissement de Base (PNHAB)*. Cotonou, 86 p.
199. N'BESSA, B. D. (1997) : *Porto-Novu et Cotonou (Bénin) : origine et évolution d'un doublet urbain*. Thèse de doctorat d'Etat es-lettres de Géographie, Université de Bordeaux Valence, 456 p.
200. N'FALLY, K. (1997) : *Détermination de l'utilisation de l'eau de forage par les populations de la sous-préfecture de Sô-Ava*. Mémoire de maîtrise en santé publique, IRSP, Ouidah, 40 p.

201. NSIA, S. et OKIRI, S. (2009) : *Les Espaces de Développements Partagés (EDP) : un levier pour le décollage des communes au Bénin*. Délégation de l'Aménageur du Territoire, Cotonou, 11 p.
202. ODOULAMI, L. (1999) : *Approvisionnement en eau potable dans les grandes villes du Bénin. Quelles politiques pour l'avenir ? Cas de Cotonou, Porto-Novo et Parakou*. Mémoire de DEA de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 55 p.
203. OFEV (2009) : *Glossaire, quelques définitions en rapport avec l'utilisation de l'eau*. Confédération Suisse, 1 p.
204. OGA, Y. M-S. (1998) : *Ressources en eaux souterraines dans la région du Grand Abidjan (Cote d'Ivoire) : Approches hydrochimiques et isotopiques*. Thèse de Doctorat Université Paris XI, Orsay, 241 p.
205. OGA, Y. M-S. et al., (2009) : *Caractérisation chimique des eaux des aquifères de fracture : cas de la région de Tiassilé en Cote d'Ivoire*. In *European Journal of Scientific Research*, ISSN 1450-216X Vol.31 N°1, pp 72-87.
206. OGOUWALE, E. (2006) : *Changements climatiques dans le Bénin Méridional et Central : Indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire*. Thèse unique de Doctorat de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 302 p.
207. OLIVIERI, V. P. (1982): *Bacterial indicators of pollution*. In Pipes, WO, edit., *Bacterial indicators of pollution*, CRC Press, pp.:21-41.
208. OMS (1962): *Evaluation of the toxicity of a number of antimicrobials and antioxidants*. Sixth report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization Technical Report, Geneva. Series 228, 76-78
209. OMS (1981) : *Eau potable et assainissement, 1981 – 1990 : vers une meilleure santé*. Genève, 59 p.
210. OMS (1982) : *Evaluation rapide des sources de pollution de l'air, de l'eau et du sol*. Publ. Offset N° 62, Genève, 101 p.
211. OMS (1984) : *La gestion des déchets dangereux*. Genève, 101 p.
212. OMS (1986) : *Directives de qualité pour l'eau de boisson : contrôle de la qualité de l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites directives de qualité pour l'eau de boisson*. Critères d'hygiène et de documentation à l'appui. Genève, 341 p.
213. OMS (1990) : *Impact de la DIPA de l'eau et de l'assainissement sur les maladies diarrhéiques*. Genève, 170 p.
214. OMS (1991) : *L'hygiène de l'environnement dans l'aménagement urbain*. Genève, 78 p.
215. OMS (1992) : *Assainissement approprié pour les communautés à très faibles revenus, volume1*. Genève, 114 p.
216. OMS (1994a) : *Le problème de l'assainissement : Population sans assainissement adéquat dans les pays en développement*. Genève, 3 p.
217. OMS (1994b) : *Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 1 – recommandations*. 2e édition, Genève, 202 p.

218. OMS (1994c) : *Fluorure et santé bucco-dentaire*. Série de Rapports techniques, Genève, 846 p.
219. OMS (1996) : *Rapport sur le secteur de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement* Genève, 49 p.
220. OMS (1998): *Nitrate and nitrite, guideline for drinking-water quality*. Vol. 1: Recommandations, WHO pp 8-10.
221. OMS (2000) : *Rapport sur l'évaluation de la situation mondiale de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement en 2000*. Genève, 80 p.
222. OMS (2002) : *Rapport sur la santé dans le monde 2002*. Genève, 180 p.
223. OMS (2005a) : *Célébration de la Décennie Internationale d'Action, L'Eau, source de vie : 2005 2015*. Journée Mondiale de l'Eau 2005, Guide de sensibilisation, 34 p.
224. OMS (2005b) : *Journée Mondiale de l'Eau 2005 : Guide de sensibilisation*. Genève, 34 p.
225. OMS (2009) : *Profil épidémiologique des maladies transmissibles*. République Centrafricaine et Tchad. Genève, 274 p.
226. OMS/AFRO (2006) : <http://afrolib.afro.who.int/> (consulté le 18 mars 2008)
227. ONU (1998) : *Rapport succinct sur le suivi des questions de population à l'échelle mondiale (1998) : santé et mortalité*. Washington, 87 p.
228. ONU (2005) : *Rapport du Projet Objectifs du Millénaire*. Equipe de Projet sur l'eau et l'assainissement : <http://www.unmillenniumproject.org/documents/TF7-water-F.pdf> (consulté le 15 mai 2009).
229. ONU (2009) : *Objectifs du Millénaire pour le Développement, Rapport 2009*. New York, 56 p.
230. OREKAN, V. O. A. (1998) : *Contribution à la géographie de la santé dans la sous-préfecture de Savè*. Mémoire de maîtrise en géographie, UNB, Abomey-Calavi, 105 p.
231. PEIFFER, B. (2000): *Dysenterie bacillaire ou shigellose*. (<http://www.liste-hygiene.org/SHIGELLA.html>) (Consulté le 25 juillet 2007).
232. OTEHOUNDA, A. (2009) : *L'eau et la santé des populations dans la commune de Bantè*. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 80 p.
233. OUSMANE, B. (1978) : *Contribution à l'étude hydrogéologique des régions de socle du sahel : Hydrogéologie du Damagaram occidental (Niger)*. Thèse spécialité, Université Montpellier II, 190 p.
234. PIPER, A. M., (1953): *A graphic procedure in the geochemical interpretation of the water analysis*. US Geol Surv Groundwater in the lower Offin Note Note 12 Sulin VA (1948) Water of petroleum formation in systems of natural waters. Costoptekhizdat, Moscw, 96 pp.
235. PNE (2003) : *Dialogue et actions concentrées entre acteurs pour mieux gérer les ressources en eau*. GWP, PNE-Bénin. 15 p.

236. POUGNET, R. (1955) : *Le précambrien du Dahomey*. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle Univ. Clermont Ferrand, Dakar, 186 p.
237. POUGNET, R. (1957) : *Le précambrien du Dahomey*. Bulletin N° 22 de la D.F. du Min et de la géographie d'Afrique Occidentale Française, Dakar N° 22.
238. POURCHER, A. M., DEVRIESE, L. A., HERNANDEZ, J. F. and DELATTRE, J. M. (1991): *Enumeration by a miniaturized method of Escherichia coli, Streptococcus bovis and enterococci as indicators of the origin of faecal pollution of waters*. Journal of Applied Bacteriology, 70: 525-530.
239. PNUE (2009) : *Notre planète*. Le magazine du Programme des Nations Unies pour l'Environnement, volume 16 (3) : 32 p.
240. ROBERTSON, W. (1995) : *Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable*. Dans : *Air intérieur et Eau potable*, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, Presses de l'Université Laval, p. 179-193.
241. ROBIDOUX, L., GHEDIN, E., HANDSCHUMACHER, P., HEBRARD, G., SCHMIT, J. P. (1998) : *Qualité de l'eau de consommation dans les périmètres irrigués de Diomandou et de Nianga : influence de la source d'approvisionnement*. In : Hervé Jean-Pierre (ed.), Brengues Jacques (ed.). *Aménagements hydro-agricoles et santé (vallée du fleuve Sénégal*. Paris : ORSTOM, 1998, p. 169-184.
242. ROBIDOUX, L., GHEDIN, E., HANDSCHUMACHER, P., HEBRARD, G., SCHMIT, J. P. (1998) : *La qualité de l'eau de boisson à Richard-Toll : influence du comportement de l'utilisateur*. In : Hervé Jean-Pierre (ed.), Brengues Jacques (ed.). *Aménagements hydro-agricoles et santé (vallée du fleuve Sénégal*. Paris : ORSTOM, 1998, p. 169-184.
243. RUOFF, K. et al. (1989): *Bacteremia with Streptococcus bovis and Streptococcus salivarius: clinical correlates of more accurate identification of isolates*. Journal of Clinical Microbiology, 27: 305-308.
244. RODIER, J. (1996) : *L'analyse de l'eau naturelle, eau résiduelle, eau de mer*. Dunod techniques, 8<sup>ème</sup> édition, 1384 p.
245. ROOPE B. P. (2003): *Analysis of elevated uranium and impact of the cotton industry on groundwater in Benin, Africa*. Thesis Master of science, Univ. Notre Dame, Indiana, 75 p + annexes.
246. ROSS, H. (1999) : *L'eau et la santé publique*. Document de soutien à l'atelier de travail de la Commission du 15 juin 1999 à Montréal, 29 p.
247. SAGBOHAN, F. H. G. S. (2003) : *Evaluation de la pollution organique et du pouvoir autoépurateur du lac Nokoué et du chenal de Cotonou (Bénin)*. UAC, 76 p. + annexes.
248. SALOU, M. (2007) : *Saisons et pathologies diarrhéiques dans le 6ème Arrondissement de Cotonou*. Mémoire de maîtrise de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 85 p.
249. SANTE CANADA (1991) : *Médicaments et produits de santé*.  
<http://www.hc-sc.gc.ca/dhp-mps/medeff/advisories-avis/prof/1991/index-fra.php>,  
 (consulté, le 12 janvier 2009)

250. SBEE/GTZ (1994) : *Aspects de conception des systèmes d'alimentation en eau potable en milieu urbain*. Tome IV, Cotonou, 30 p.
251. SHARMA, S., BAJRACHARYA, R. M., SITAULA, B. K. and MERZ, J. (2005): *Water quality in Central Himalaya*. In *Current Science*, Vol. 89, NO.5: 774-786.
252. SIAEPF (2010) : *Normes de l'Eau applicables aux eaux destinées à la consommation humaine*. [http://siaep.faye.free.fr/qualite\\_de\\_leau/normes\\_de\\_leau/normes\\_de\\_leau.html](http://siaep.faye.free.fr/qualite_de_leau/normes_de_leau/normes_de_leau.html) (Consulté, le 05 octobre 2008).
253. SIDDHI-ENDA (1998) : *Pratiques efficaces de gestion des déchets solides dans les villes d'Asie, une analyse régionale*. Enda Preceup, 72 p.
254. SIMMONS, G., HOPE, V., LEWIS, G., WHITMORE, J. and GAO, W. (2001): *Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand*. *Water Research*, 35: 1518-1524.
255. SIMPSON-HEBERT, M. (1985) : *Méthodologie d'enquête socio-culturelle pour des projets d'alimentations en eau et d'assainissement*. Washington, 31 p.
256. SMETS, H. (2004) : *Les fondements d'une politique de l'eau potable*. *La Houille Blanche – Revue internationale*, N°1 (Janvier-Février), pp. 20-25).
257. SMILER, R. (2007) : *Diagramme. Logiciel libre du Laboratoire d'Hydrologie*. Université d'Avignon.
258. SODJO, D. (1997) : *Contribution à l'étude de la géographie de la santé en pays Agonlin*. Mémoire de maîtrise de géographie, UNB, Abomey-Calavi, 81 p.
259. SOGREAH (1997) : *Etude de la stratégie nationale de gestion des ressources en eau au Bénin – Etude de l'intrusion saline dans l'aquifère alimentant*. Volet A – Direction de l'Hydraulique, Cotonou, 74 p. + annexes.
260. SOTON, A. (1994): *The incidence and costs of child diarrhoea in Bobo-Dioulasso*, *Epidemiology and Policy*. London, 32 p.
261. TESTUD, F. (2002) : *Toxicologie des nitrates : des risques sanitaires surestimés ?* Communication au Symposium National de Médecine Agricole : Eau, Agriculture, Espace Rural et Santé. Unité de toxicovigilance, Centre antipoison, Hôpital E. Herriot, 69437 Lion Cedex 03,5 p.
262. TONON, F. (1987) : *Contribution à l'étude de l'environnement en République Populaire du Bénin, espace urbain et gestion des déchets solides dans la ville de Cotonou*. Thèse de doctorat de 3<sup>ième</sup> cycle, ISE Dakar, 309 p.
263. UNEP/UNICEF/WHO (2002): *Children in the New Millennium: Environmental Impact on Health*. Geneva, 142 p.
264. UNICEF (2008) : *Année internationale de l'assainissement 2008 : vue d'ensemble*. Genève, 4 p.
265. UNICEF et OMS (2004) : *Atteindre les OMD en matière d'Eau potable et d'Assainissement : Evaluation des progrès à mi-parcours*. Genève, 36 p.
266. USAID/MS (2008) : *Annuaire des statistiques sanitaires 2007*. Cotonou, 248 p.

267. WHITEHEAD, P. G., WILBY, R.L., BATTARBEE, R. W., KERNAN, M. and WADE, A. J. (2009): *A review of the potential impacts of climate change on surface water quality*. In *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, n°54: 101-110.
268. WHO (1992): *A Guide to the Development of on-site Sanitation*. Geneva, 1992, 246 p.
269. WHO (1993): *WHO guidelines for drinking water quality*. 1 – Recommendations, pp.: 8-29.
270. WHO (2004): *Guidelines for drinking-water quality*. Third edition. Recommendations. Geneva, 1: 515 p.
271. WHO (2008): *Guidelines for drinking-water quality: Incorporating 1st and 2nd addenda*. Vol.1, Recommendations. – 3rd éd., Geneva, 668 p.
272. YABI, I. (2008): *Etude de l'agroforesterie à base de l'anacardier et des contraintes climatiques à son développement dans le Centre du Bénin*. Thèse de Doctorat Unique de géographie, UAC, Abomey-Calavi, 240 p.
273. ZIME MORA, M. B. et MONDJA CHABI, T-K. (2005) : *Analyses statistiques des données hydrochimiques dans les régions de socle et de couvertures anciennes du Bénin: intérêt pour la compréhension des processus de minéralisation des eaux souterraines de ces régions*. Mémoire de Maîtrise de Géologie appliquée, UAC, Abomey-Calavi, 65 p.
274. ZMIROU, D., KELLEY, J. P., COLLIN, J. F., CHARREL, M. and BERLIN, J., (1987): A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. *American Journal of Public Health*, 77: 582-584.
275. <http://www.ourplanet.Com/imgversn/122/french/jagland.html> (consulté en janvier 2004).
276. <http://www.liste-hygiene.org/SHIGELLA.html> (Consulté le 25 juillet 2007).
277. <http://afrolib.afro.who.int/> (consulté 18 mars 2008).
278. <http://www2.gtz.de/uvp/publika/French/begin3.htm#Contents> (Consulté le 20 juillet 2008).
279. [http://siaep.faye.free.fr/qualite\\_de\\_leau/normes\\_de\\_leau/normes\\_de\\_leau.html](http://siaep.faye.free.fr/qualite_de_leau/normes_de_leau/normes_de_leau.html) (Consulté, le 05 octobre 2008).
280. <http://www.hc-sc.gc.ca/dhp-mps/medeff/advisories-avis/prof/1991/index-fra.php>, (consulté, le 12 janvier 2009).
281. <http://www.lenntech.fr/francais/faq-effet-polluants-sante.htm#ixzz0Ug0d3lWl> (Consulté le 06 mars 2009).
282. <http://www.unmillenniumproject.org/documents/TF7-water-F.pdf> (consulté le 15 mai 2009).
283. <http://www.biovert.com/journal/articles/fluor.html>, (consulté le 02 juillet 2009).
284. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Fluorose\\_dentaire](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fluorose_dentaire), (consulté le 14 juillet 2009).
285. <http://youthink.worldbank.org/fr/issues/environment/water/> (consulté le 04 décembre 2009).
286. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrate> (consulté le 18 février 2010).

## LISTE DES TABLEAUX

|                                                                                                                                             | <i>Pages</i> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Tableau I :</b> Pays où la couverture en assainissement amélioré était inférieure ou égale à un tiers en 2002 (UNICEF et OMS, 2002)..... | 24           |
| <b>Tableau II :</b> Normes microbiologiques de l'eau potable mesurées par la SONEB au Bénin.....                                            | 33           |
| <b>Tableau III :</b> Normes physico-chimiques de l'eau potable mesurées par la SONEB au Bénin.....                                          | 34           |
| <b>Tableau IV :</b> Couverture en eau potable dans le secteur d'étude .....                                                                 | 58           |
| <b>Tableau V :</b> Analyse chimique des roches du socle .....                                                                               | 63           |
| <b>Tableau VI :</b> Caractéristiques générales de la qualité physico-chimique des eaux consommées en milieu Itcha- Ifè .....                | 90           |
| <b>Tableau VII :</b> Autres indicateurs de la qualité de l'eau en saison sèche.....                                                         | 110          |
| <b>Tableau VIII :</b> Autres indicateurs de la qualité de l'eau en saison pluvieuse.....                                                    | 110          |
| <b>Tableau IX :</b> Corrélation des éléments physico-chimiques des eaux consommées en saison sèche .....                                    | 112          |
| <b>Tableau X :</b> Corrélation des éléments physico-chimiques des eaux consommées en saison pluvieuse.....                                  | 113          |
| <b>Tableau XI :</b> Paramètres bactériologiques des eaux de puits en saison sèche.....                                                      | 121          |
| <b>Tableau XII :</b> Paramètres bactériologiques des eaux de puits en saison pluvieuse.....                                                 | 122          |
| <b>Tableau XIII :</b> Paramètres bactériologiques des eaux de forages en saison sèche.....                                                  | 124          |
| <b>Tableau XIV :</b> Paramètres bactériologiques de forages après désinfection à la flamme en saison sèche.....                             | 125          |
| <b>Tableau XV :</b> Paramètres bactériologiques des eaux de forages en saison pluvieuse.....                                                | 126          |
| <b>Tableau XVI :</b> Paramètres bactériologiques des eaux de marigots en saison sèche..                                                     | 127          |
| <b>Tableau XVII :</b> Paramètres bactériologiques des eaux de marigots en saison pluvieuse.....                                             | 128          |
| <b>Tableau XVIII :</b> Evolution de l'occupation du sol dans le secteur d'étude entre 1972 et 2005 .....                                    | 146          |

|                         |                                                                                                       |     |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tableau XIX :</b>    | Principales affections d'origine hydrique à Pira (2007-2009).....                                     | 171 |
| <b>Tableau XX :</b>     | Principales affections d'origine hydrique à Tchetti (2007-2009)...                                    | 171 |
| <b>Tableau XXI :</b>    | Principales affections d'origine hydrique à Kpataba (2007-2009)...                                    | 172 |
| <b>Tableau XXII :</b>   | Principales affections d'origine hydrique à Ottola (2007-2009).....                                   | 172 |
| <b>Tableau XXIII :</b>  | Principales affections d'origine hydrique à Agoua (2007-2009).....                                    | 173 |
| <b>Tableau XXIV :</b>   | Principales affections d'origine hydrique à Bantè (2007-2009).....                                    | 174 |
| <b>Tableau XXV :</b>    | Comparaison entre la population, le taux de desserte en eau potable et les maladies infectieuses..... | 174 |
| <b>Tableau XXVI :</b>   | Principales maladies selon les populations.....                                                       | 176 |
| <b>Tableau XXVII :</b>  | Causes des maladies dans le secteur d'étude selon les populations..                                   | 177 |
| <b>Tableau XXVIII :</b> | Dépenses affectées aux soins des maladies liées à l'eau dans le secteur d'étude.....                  | 179 |
| <b>Tableau XXIX :</b>   | Modes de traitement des eaux destinées à la consommation.....                                         | 184 |
| <b>Tableau XXX :</b>    | Modes de traitement des maladies liées à l'eau en milieu Itcha-Ifè.....                               | 204 |



## LISTE DES FIGURES

|                                                                                                                                           | <i>Pages</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Figure 1 :</b> Proportion des populations sans accès à un approvisionnement en eau potable améliorée par région en 2002 .....          | 23           |
| <b>Figure 2 :</b> Proportion des dépenses en eau au niveau des différentes couches de la population au Bénin .....                        | 29           |
| <b>Figure 3 :</b> Situation géographique du secteur d'étude.....                                                                          | 40           |
| <b>Figure 4 :</b> Coupe schématique des formations altérées aquifères sur roches migmatito-gneissiques et granitiques (Giraud, 1988)..... | 42           |
| <b>Figure 5 :</b> Régimes pluviométriques de la région du secteur d'étude (1971-2000).....                                                | 44           |
| <b>Figure 6 :</b> Réseau hydrographique du secteur d'étude.....                                                                           | 46           |
| <b>Figure 7 :</b> Formations pédologiques du secteur d'étude.....                                                                         | 49           |
| <b>Figure 8 :</b> Evolution démographique du secteur d'étude.....                                                                         | 53           |
| <b>Figure 9 :</b> Site de prélèvement des échantillons d'eau en milieu Itcha-Ifè .....                                                    | 75           |
| <b>Figure 10 :</b> Clés d'analyse des caractéristiques physico-chimiques des eaux à l'aide du diagramme de Piper.....                     | 82           |
| <b>Figure 11 :</b> Adaptation du cadre conceptuel l'Evaluation des Ecosystèmes du Millénaire (EM) au milieu Itcha-Ifè.....                | 86           |
| <b>Figure 12 :</b> Température des eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                                                               | 91           |
| <b>Figure 13 :</b> pH des eaux consommées dans le secteur d'étude.....                                                                    | 92           |
| <b>Figure 14 :</b> Conductivité électrique des eaux prélevées.....                                                                        | 94           |
| <b>Figure 15 :</b> Répartition saisonnière des ions $\text{Ca}^{2+}$ .....                                                                | 95           |
| <b>Figure 16 :</b> Variation saisonnière des ions $\text{Mg}^{2+}$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                      | 96           |
| <b>Figure 17 :</b> Variation saisonnière des ions $\text{Na}^{+}$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                       | 97           |
| <b>Figure 18 :</b> Variation saisonnière des ions $\text{K}^{+}$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                        | 98           |
| <b>Figure 19 :</b> Variation saisonnière des ions $\text{HCO}_3^{-}$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                    | 100          |
| <b>Figure 20 :</b> Variation saisonnière des ions $\text{Cl}^{-}$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                       | 101          |

|                    |                                                                                                                                      |     |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figure 21 :</b> | Variation saisonnière des ions $\text{SO}_4^{2-}$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                                  | 102 |
| <b>Figure 22 :</b> | Variation saisonnière des ions $\text{NO}_3^-$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                                     | 103 |
| <b>Figure 23 :</b> | Variation saisonnière des ions $\text{NO}_2^-$ dans les eaux consommées.....                                                         | 104 |
| <b>Figure 24 :</b> | Variation saisonnière des ions $\text{Fe}^{2+/3+}$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                                 | 105 |
| <b>Figure 25 :</b> | Variation saisonnière des ions $\text{NH}_4^+$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                                     | 107 |
| <b>Figure 26 :</b> | Variation des ions $\text{F}^-$ en saison sèche dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                                    | 108 |
| <b>Figure 27 :</b> | Variation saisonnière des ions $\text{PO}_4^{3-}$ dans les eaux consommées en milieu Itcha-Ifè.....                                  | 109 |
| <b>Figure 28 :</b> | Faciès chimiques des eaux consommées en saison sèche dans le secteur d'étude .....                                                   | 114 |
| <b>Figure 29 :</b> | Faciès chimiques des eaux consommées en saison pluvieuse dans le secteur d'étude .....                                               | 115 |
| <b>Figure 30 :</b> | Cercles proportionnels de TDS et de minéralisation des eaux de consommation en milieu Itcha-Ifè.....                                 | 118 |
| <b>Figure 31 :</b> | Variation saisonnière de la couleur, de la turbidité et de la dureté totale des eaux de marigot à Atokolibé et à Tchetti Konayé..... | 130 |
| <b>Figure 32 :</b> | Appréciation de la qualité de l'eau par la propreté.....                                                                             | 133 |
| <b>Figure 33 :</b> | Appréciation de la qualité de l'eau par son odeur.....                                                                               | 133 |
| <b>Figure 34 :</b> | Appréciation de la qualité de l'eau par la saveur.....                                                                               | 134 |
| <b>Figure 35 :</b> | Appréciation de la qualité de l'eau par la couleur.....                                                                              | 135 |
| <b>Figure 36 :</b> | Appréciation de la qualité de l'eau par la contenance de débris.....                                                                 | 136 |
| <b>Figure 37 :</b> | Appréciation de la qualité de l'environnement autour des points d'eau.....                                                           | 137 |
| <b>Figure 38 :</b> | Régime pluviométrique (a) et bilan climatique en milieu Itcha-Ifè.....                                                               | 143 |
| <b>Figure 39 :</b> | Carte d'occupation du sol du secteur d'étude en 1972.....                                                                            | 144 |
| <b>Figure 40 :</b> | Carte d'occupation du sol du secteur d'étude en 2005 .....                                                                           | 145 |

|                    |                                                                                                           |     |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figure 41 :</b> | Evolution des unités paysagiques de 1972 à 2005 dans le secteur d'étude.....                              | 147 |
| <b>Figure 42 :</b> | Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2002 .....                         | 163 |
| <b>Figure 43 :</b> | Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2003.....                          | 164 |
| <b>Figure 44 :</b> | Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2004.....                          | 164 |
| <b>Figure 45 :</b> | Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2005.....                          | 165 |
| <b>Figure 46 :</b> | Les dix motifs de consultation dans la Zone Sanitaire Savalou-Bantè en 2006.....                          | 166 |
| <b>Figure 47 :</b> | Evolution interannuelle du nombre de cas de malades atteints de diarrhée fébrile.....                     | 167 |
| <b>Figure 48 :</b> | Evolution interannuelle du nombre de cas de malades atteints des autres diarrhées.....                    | 168 |
| <b>Figure 49 :</b> | Evolution interannuelle du nombre de cas de malades atteints d'autres affections gastro-intestinales..... | 168 |
| <b>Figure 50 :</b> | Evolution interannuelle du nombre de cas de malades atteints de la fièvre typhoïde.....                   | 169 |

## LISTE DES PHOTOS

|                                                                                                                                                 | <i>Pages</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Photo 1 :</b> Exemples de collines dans les localités de Tchetti (a) et de Bantè (b) .....                                                   | 41           |
| <b>Photo 2 :</b> Approvisionnement en eau au niveau d'une mare et d'un ruisseau à Tchetti .....                                                 | 47           |
| <b>Photo 3 :</b> Habitat groupé à Tchetti Attiba (a) et à Atokolibé (b).....                                                                    | 55           |
| <b>Photo 4 :</b> Insalubrité autour des puits de Bantè Gbégamey (a) et de Pira Adjadji (b).....                                                 | 56           |
| <b>Photo 5 :</b> Puits modernes à Bobè Djagbalo (a) et Pira Adjadji (b).....                                                                    | 59           |
| <b>Photo 6 :</b> Altération des parois intérieures du revêtement du puits de Bantè Gbégamey.....                                                | 59           |
| <b>Photo 7 :</b> Puits non protégés dans le secteur d'étude.....                                                                                | 60           |
| <b>Photo 8 :</b> Forage (Pompe à motricité humaine à Pira Adjadji).....                                                                         | 61           |
| <b>Photo 9 :</b> Sources superficielles d'approvisionnement en eau dans le secteur d'étude.....                                                 | 64           |
| <b>Photo 10 :</b> Types de jarre d'entreposage de l'eau de pluie dans le secteur d'étude .....                                                  | 65           |
| <b>Photo 11 :</b> Séances d'entretiens collectifs à Pira (a) et Tchetti Konayé (b).....                                                         | 72           |
| <b>Photo 12 :</b> Campagnes de prélèvement d'échantillons d'eau à Tchetti Attiba (a) et Bantè Adjantè (b).....                                  | 76           |
| <b>Photo 13 :</b> Séance de mesures directes in situ des paramètres physiques à Pira Kpara (a) et à Atokolibé Attèron (b).....                  | 77           |
| <b>Photo 14 :</b> Approvisionnement en eau au niveau du marigot de Tchetti konayé (a) et Atokolibé Attèron (b).....                             | 106          |
| <b>Photo 15 :</b> Déversement de rejets d'hydrocarbures aux abords du puits de Bantè Gbégamey .....                                             | 116          |
| <b>Photo 16 :</b> Aperçu de l'état d'insalubrité des puits à Bantè Ilètou (a), à Tchetti Attiba (b), Bantè Gbégamey (c) et Pira Kpara (d) ..... | 119          |
| <b>Photo 17 :</b> Etat de l'eau du marigot d'Atokolibé en saison sèche (a) et saison pluvieuse (b).....                                         | 129          |
| <b>Photo 18 :</b> Tas d'immondices séculaire au quartier Illélakoun à Bantè.....                                                                | 138          |

|                   |                                                                                                                                             |     |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Photo 19 :</b> | Eau usée de douche au quartier Gbégamey à Bantè.....                                                                                        | 138 |
| <b>Photo 20 :</b> | Sites d’implantation des puits traditionnels à Bantè Ilètou.....                                                                            | 139 |
| <b>Photo 21 :</b> | Système de puisage au niveau des puits de Bobè Djagbalo (a) et<br>Bantè Gbégamey (b) .....                                                  | 140 |
| <b>Photo 22 :</b> | Types de latrines souvent rencontrées dans le secteur<br>d’étude.....                                                                       | 142 |
| <b>Photo 23 :</b> | Colonisation des alentours de points d’eau par les mauvaises<br>herbes et autres déchets à Bantè Ilètou (a) et à Tchetti Konayé<br>(b)..... | 154 |
| <b>Photo 24 :</b> | Arbre abritant l’esprit protecteur du marigot Attèron à<br>Atokolibé.....                                                                   | 198 |

## LISTE DES ENCADRES

|                                                                                                                                               | <i>Pages</i> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b><i>Encadré 1 :</i></b> Méthode de projection de la population.....                                                                         | 54           |
| <b><i>Encadré 2 :</i></b> Quelques réactions des personnes enquêtées au sujet des raisons de la consommation des eaux de sources variées..... | 181          |
| <b><i>Encadré 3 :</i></b> Conceptualisation de l'Espace de Développement Partagé (EDP).....                                                   | 200          |
| <b><i>Encadré 4 :</i></b> Impacts des litiges sur l'exploitation des points d'eau villageois ...                                              | 201          |

## **ANNEXES**

## **ANNEXE 1 : RESUMES DES ARTICLES PUBLIES**

### **QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE Puits ET DE FORAGE EN SAISON SECHE DANS LES COMMUNES DE BANTE ET DE SAVALOU**

**GOMEZ C. ANSEQUE<sup>1</sup>, TOTIN V. S. HENRI<sup>2</sup> ET N'BESSA BENOITI**

1. Laboratoire d'Etude des Dynamiques Urbaines et Régionales, Université d'Abomey-Calavi, BP 526, Cotonou,

2. Laboratoire d'Etude des Climats, des Ressources en Eau et de la Dynamique des Ecosystèmes, Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 1122, Jéricho, Cotonou Bénin.

#### **Résumé**

Les eaux de puits et forages sont très sollicitées en saison sèche dans les régions de socle pour la consommation. Cette étude vise à analyser la qualité de ces eaux consommées par les populations des Communes de Bantè et de Savalou ainsi que les sources de pollution pendant cette saison. Les eaux consommées dans ces communes sont appréciées à partir des normes de qualité basées sur les paramètres physico-chimiques de huit prélèvements effectués au cours des enquêtes de terrain ayant permis d'identifier les sources de pollution. Les eaux sont analysées au Laboratoire de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) et chacun des paramètres analysés est affecté d'une valeur guide correspondant dans cette étude à la valeur maximale admissible (CMA). Les concentrations des ions majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) représentées sur les diagrammes de Piper a permis de déterminer les faciès chimiques des eaux consommées. La visualisation des faciès hydrochimiques permet d'identifier trois grands groupes de qualité d'eau. La classification des eaux suivant ces faciès montre que les eaux des localités de Bantè Adjantè, de Pira (Adjadji), de Pira (Kpara) et de Loughba (Kotakpa) sont de type bicarbonaté calcique et magnésien. Ce faciès dominant (50 %) est lié à la nature silicatée des terrains et à l'infiltration des eaux pluviales chargées en éléments chimiques vers les profondeurs après lessivage des roches cristallines granitiques. Les eaux consommées à Tchetti (Attiba) et à Bantè (Gbégamey) répondent au type chloruré et sulfaté calcique et magnésien. Les eaux de puits de Bobè (Djagbalo) sont de type chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique. La minéralisation des eaux de puits est liée aux actions anthropiques. Les eaux bicarbonatées calciques se chargent en nitrates qui proviennent de la minéralisation de la matière organique fortement produite dans les localités investiguées. L'état de salubrité au niveau des points d'eau illustre dans une certaine mesure les comportements hygiéniques pouvant être à la base de cette minéralisation.

**Mots clés :** Région de socle, eau souterraine, qualité physico-chimique, faciès hydrochimique, minéralisation.

Publié dans la revue « **Climat et Développement** » ; N°5 pp. 32-42., année 2008.

### **DYNAMIQUE SAISONNIERE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DE Puits ET DE FORAGES DANS LES COMMUNES DE BANTE ET DE SAVALOU**

**GOMEZ C. Ansèque<sup>1</sup>, TOTIN V. S. Henri<sup>2</sup>, N'BESSA Benoît<sup>1</sup> et BOKO Michel<sup>2</sup>**

1. Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales

2. Laboratoire d'Etude des Climats, des Ressources en Eau et de la Dynamique des Ecosystèmes  
Université d'Abomey-Calavi

#### **Résumé**

Les eaux de puits et forages sont les plus consommées par les populations tant en saison pluvieuse qu'en saison sèche dans les communes de Bantè et de Savalou au Bénin. Cette étude vise à étudier la dynamique de la qualité physico-chimique des eaux au regard des mutations que connaît l'environnement. Les eaux de huit sites sont analysées au Laboratoire de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) et chacun des paramètres est affecté de la valeur maximale admissible (CMA). La conductivité tend à atteindre le seuil 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec des valeurs maximales de 1514,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en saison sèche et 1471,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  saison pluvieuse. Les ions majeurs  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  des eaux analysées représentés sur les diagrammes de Piper ont permis de déterminer trois faciès hydrochimiques. Les eaux sont de type bicarbonaté calcique et magnésien (dominant à 50 %), de type chloruré et sulfaté calcique et magnésien et de type chloruré sodique et potassique ou sulfaté sodique. La minéralisation des eaux de puits varie en fonction des saisons, des conditions environnementales et de l'hygiène autour des points d'eau.

**Mots clés :** Bénin, région de socle, dynamique saisonnière, eau souterraine, faciès hydrochimique.

Publication sous presse dans la « **Revue des Sciences de l'Environnement, Univ., Lomé (Togo), n° 006** ».



## **ANNEXE 2 : FICHES DES QUESTIONNAIRES**

### **QUESTIONNAIRE N° \_\_\_\_**

*Travaux de recherche de thèse sur le thème :*

**Qualité des eaux de consommation et état de santé des populations en pays Itcha -Ifè dans le  
Département des Collines**

***Objectif 1 : Analyser la qualité des eaux de consommation des populations***

- |   |                                                                               |                                                                                                                                                                                      |
|---|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Quelles sont vos sources d'approvisionnement en eau ?                         | Aucun<br>Marigot<br>Mare<br>Puits traditionnel<br>Puits moderne<br>Réservoir de stockage d'eau de pluie dans la maison<br>Robinet SONEB<br>Forage équipé de pompe manuelle<br>Autres |
| 2 | Où est ce que vous allez chercher de l'eau en saison des pluies?              | Aucun<br>Marigot<br>Mare<br>Puits traditionnel<br>Puits moderne<br>Réservoir de stockage d'eau de pluie dans la maison<br>Robinet SONEB<br>Forage équipé de pompe manuelle<br>Autres |
| 3 | Où est ce que vous allez chercher de l'eau en saison sèche?                   | Aucun<br>Marigot<br>Mare<br>Puits traditionnel<br>Puits moderne<br>Réservoir de stockage d'eau de pluie dans la maison<br>Robinet SONEB<br>Forage équipé de pompe manuelle<br>Autres |
| 4 | Est-ce que le point d'eau où vous vous approvisionnez change avec la saison ? | Oui.....<br>Non.....                                                                                                                                                                 |
| 5 | Quel type d'eau utilisez-vous pour la boisson ?                               | Marigot<br>Mare<br>Puits traditionnel                                                                                                                                                |

- Puits moderne  
Réservoir de stockage d'eau de pluie dans la maison  
Robinet SONEB  
Forage équipé de pompe manuelle  
Autres
- 6 Cette eau est-elle toujours disponible ? Oui.....  
Non.....
- 7 Combien de bassines d'eau utilisez-vous par jour ? 1 2 3 4 5 6  
7 et plus
- 8 Avec quelle fréquence allez-vous chercher de l'eau ? Nombre de fois par jour  
Nombre de fois par semaine  
Nombre de fois par mois
- 9 A quel moment de la journée vous allez chercher de l'eau ? Matin.....  
Midi.....  
Soir.....  
Autres.....
- 10 Est-ce que vous payez à certains points d'eau ? Oui  
Non
- 11 Pour quel point d'eau principalement vous payer avant d'avoir de l'eau ? Marigot  
Mare  
Puits traditionnel  
Puits moderne  
Réservoir de stockage d'eau de pluie dans la maison  
Robinet SONEB  
Forage équipé de pompe manuelle
- 12 Combien dépensez-vous pour l'eau chaque jour ?
- 13 Est-ce que le prix de l'eau peut vous empêcher parfois de chercher de l'eau à ce point? Oui.....  
Non.....
- 14 Quelle est votre appréciation de la qualité de l'eau consommée dans votre localité ? Potable/Propre  
Polluée/sale  
Autres
- 15 Qu'est-ce qui montre selon vous qu'une eau est de mauvaise qualité ? Odeur  
Saveur/goût  
Couleur  
Bordures sales  
Contenant des débris  
Boueuse  
Autres
- 16 Y a-t-il des gens qui vous entretiennent sur la qualité des eaux de votre localité ? Oui.....  
Non.....
- 17 Procèdent-ils à des analyses de la qualité des eaux ? Oui.....  
Non.....
- Si oui suivant quelle périodicité ? ... ..

**Objectif 2 : Identifier les principales sources de pollution des eaux consommées par les populations**

- 18 Quelle appréciation faites-vous de la qualité de l'environnement dans votre localité ? Bonne .....  
mauvais .....  
Polluée.....
- 19 L'insalubrité est-elle source de pollution des eaux ? Oui.....  
Non.....
- 20 Si oui comment ? .....  
.....
- 21 Quelles sont selon vous les sources de pollution des eaux dans votre localité ? Ordures ménagères.....  
Excréta.....  
l'eau de ruissellement...  
Manque d'hygiène ...  
le vent.....  
Autres .....
- 22 Où est ce que vous déposez habituellement les ordures ménagères ? -Tas ordures à l'intérieur de la ville .....  
-Tas ordures Hors de la ville..  
- Dans les champs.....  
Enterrées .....  
- Dans les poubelles ....  
-Autres .....
- 23 Y a-t-il des dépotoirs proches de certaines sources d'eau ? Oui .....  
Non .....
- 24 Où défèquent les populations de votre village ? Latrines .....  
A l'air libre.....
- 25 Le mode de gestion de l'environnement peut-il selon vous agir sur la qualité de l'eau consommée ? Oui.....  
Non.....

(Vous pouvez pousser votre curiosité en demandant de vous établir la relation) .....

**Objectif 3 : Etablir la relation entre la qualité de l'eau consommée et l'état de santé des populations**

- 26 Quelles sont les maladies les plus fréquentes dans votre localité ? Paludisme.....  
Fièvre typhoïde ....  
Choléra ...  
Diarrhée .....  
Bilharziose .....  
Maux de ventre ...  
Parasitoses intestinales .  
Autres ...
- 27 Quelles pourraient être selon vous la

- principale cause des maladies que vous avez citées ? .....
- 28 En quelle période de l'année les gens tombent beaucoup plus malades ? Saison sèche.....  
Saison pluvieuse .....
- (Vous pouvez demander le pourquoi) ...  
.....  
.....
- 29 Qui sont les plus touchés par ces maladies ? Les hommes  
Les femmes  
Les enfants  
Les vieux
- 30 Certaines maladies ont-elles rapport avec la qualité de l'eau que vous consommez ? Oui.....  
Non.....
- 31 S'il fallait conseiller une eau à consommer à vos enfants, laquelle préférez-vous ? Aucun  
Marigot  
Mare  
Puits traditionnel  
Puits moderne  
Réservoir de stockage d'eau de pluie dans la maison  
Robinet SONEB  
Forage équipé de pompe manuelle

**Objectif 4 : Proposer une approche de gestion rationnelle de l'eau et de réduction des risques de maladies liées à l'eau**

- 32 Quelles sont les modes endogènes d'amélioration de la qualité de l'eau dans votre localité ? Filtration  
Ajout de l'alun  
Décantation  
Ajout de cendres  
Pétrole  
Bouillir
- 33 Existe-il des feuilles d'arbres qui rendent l'eau potable ? (vous pouvez donner le nom en vernaculaire)
- 34 Comment traitez-vous les maladies liées à l'eau ?
- 35 Dans quel centre allez-vous vous soigner lorsque vous tombez malade ? Guérisseur traditionnel  
Au dispensaire ...  
Automédication ....  
Parfois les deux ....
- 36 Quelqu'un vous a-t-il proposé une fois les techniques pour rendre l'eau potable ? Oui  
Non

37 Qui ? .....

ONG .....

Structure de l'Etat

Structure de la mairie ...

**Identification de l'enquêté**

Nom et prénoms.....

38- Sexe: Masculin..... Féminin.....

Commune.....

Arrondissement.....

Village// Quartier.....

39- Age.....

40- Profession.....

41- Taille du ménage.....

Sexe du chef de ménage: Masculin..... Féminin.....

Nombre de ménage dans la concession.....

***MERCI POUR VOTRE AIMABLE ATTENTION***

**ANNEXE 3 : RESULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET  
BACTERIOLOGIQUES**

**Résultats d'analyse physico-chimique en saison sèche**

|                                                 | Unité               | NG            | VMA      | Forages équipés de pompe |                 |                 | Puits modernes  |                 |                 | Puits traditionnels |                 | Marigots          |                |
|-------------------------------------------------|---------------------|---------------|----------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-------------------|----------------|
|                                                 |                     |               |          | Bantè Adjantè            | Lougba Kotakpa  | Pira Adjadji    | Bobè Djagbalo   | Bantè Gbégamey  | Pira Kpara      | Bantè Ilèlou        | Tchetti Attiba  | Atokolibé Attèron | Tchetti Konayé |
| Nature de l'échantillon                         |                     |               |          | Eau souterraine          | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine     | Eau souterraine | Eau de surface    | Eau de surface |
| Couleur à 436 nm                                | m <sup>-1</sup>     | -             | -        | nd                       | nd              | nd              | 0,4             | 0,2             | nd              | 3,1                 | 0,6             | 12,3              | 42,5           |
| Turbidité                                       | NTU                 | 0,4           | 5        | 0,58                     | 2,85            | 2,08            | 7,2             | 3,06            | 1,05            | 30,2                | 11,3            | 73,4              | 249            |
| Goût                                            | Nombre de dilution  | 0             | 3 à 25°C | 0                        | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0                   | 0               | 0                 | 0              |
| Odeur                                           | Nombre de dilution  | 0             | 3 à 25°C | 0                        | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0                   | 0               | 0                 | 0              |
| Température                                     | °C                  | 25            | -        | 28,7                     | 27,9            | 28,2            | 32,2            | 30,1            | 29,3            | 30,8                | 28,7            | 28,2              | 28,8           |
| Potent. Hydrogène (pH)                          | -                   | 6,5< pH < 9,5 | -        | 6,31                     | 6,69            | 6,21            | 6,77            | 6,62            | 7,17            | 6,72                | 7,38            | 7,09              | 6,0            |
| pH d'équilibre (pHe)                            | -                   | 6,5< pH < 9,5 | -        | 7,08                     | 6,92            | 7,07            | 7,18            | 7,24            | 7,66            | 7,27                | 7,46            | 7,76              | 7,58           |
| Conductivité électrique(C)                      | µS/Cm               | 400           | 2000     | 210                      | 630             | 247             | 800             | 306             | 1514            | 298                 | 1080            | 229               | 73,10          |
| Alcalinité complet (TAC)                        | °F                  | 4             | -        | 10                       | 21,6            | 6,8             | 20,4            | 5,5             | 44,8            | 15,8                | 18,6            | 12                | 2,8            |
| Alcalinité simple (TA)                          | °F                  | -             | -        | nd                       | nd              | nd              | nd              | nd              | nd              | nd                  | nd              | Nd                | nd             |
| Chlorure (Cl <sup>-</sup> )                     | Mg/L                | 25            | 250      | 11,36                    | 36,92           | 24,14           | 71,0            | 26,98           | 96,56           | 8,52                | 73,84           | 9,94              | 14,2           |
| Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )        | Mg/L                | 25            | 240      | nd                       | 9,6             | 03              | 16,7            | 1,3             | 55              | 3,4                 | 51              | 3,3               | 11,6           |
| Calcium (Ca <sup>2+</sup> )                     | Mg/L                | -             | 400      | 17,12                    | 44,23           | 14,27           | 34,24           | 17,12           | 32,82           | 22,11               | 61,35           | 11,41             | 2,85           |
| Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )                   | Mg/L                | 30            | 50       | 11,24                    | 38,06           | 12,11           | 25,95           | 11,24           | 115,92          | 15,14               | 34,60           | 4,76              | 2,59           |
| Carbonates (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )     | Mg/L                | -             | -        | traces                   | traces          | traces          | traces          | traces          | traces          | traces              | traces          | traces            | traces         |
| Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )   | Mg/L                | -             | -        | 120                      | 263,52          | 82,96           | 248,88          | 67,1            | 546,56          | 192,76              | 226,92          | 146,4             | 34,16          |
| Dureté totale (TH)                              | °F                  | 4             | 35       | 9,07                     | 27,05           | 8,54            | 19,58           | 8,9             | 56,25           | 11,75               | 29,55           | 6,76              | 1,96           |
| Extrait sec                                     | Mg/L                | 500           | 1500     | 198                      | 572             | 238             | 630             | 290             | 1164            | 298                 | 914             | 226               | 70             |
| Oxygène dissout (O <sub>2</sub> )               | Mg/L                | -             | -        | 3,3                      | 5,2             | 1,6             | 5,3             | 5,3             | 3,4             | 1,5                 | 6,8             | 2,5               | 4              |
| Gaz carbo. libre                                | Mg/L                | -             | -        | 93,28                    | 105,6           | 100,32          | 65,12           | 28,16           | 63,36           | 65,12               | 21,12           | 22,88             | 58,08          |
| Gaz carbo. agressive                            | Mg/L                | -             | -        | 80,96                    | 59,84           | 79,2            | 11,44           | 21,56           | 21,12           | 11,44               | 2,64            | 17,6              | 49,28          |
| Equilibre (CaCO <sub>3</sub> )                  | -                   | En équilibre  | -        | Eau agressive            | Eau agressive   | Eau agressive   | Eau agressive   | Eau agressive   | Eau agressive   | Eau agressive       | En équilibre    | Eau agressive     | Eau agressive  |
| Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )        | Mg/L                | 25            | 50       | 2,7                      | 57,75           | 8,2             | 0,2             | 57,2            | 130             | 0,2                 | 173             | 1,5               | 1,4            |
| Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )        | Mg/L                | 0,05          | 0,1      | nd                       | nd              | 0,10            | 0,11            | 0,03            | 0,12            | 0,11                | 0,99            | 0,20              | 0,19           |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )        | Mg/L                | 0,05          | 0,5      | nd                       | nd              | nd              | 0,3             | nd              | 0,5             | 0,3                 | 0,1             | 0,1               | 0,7            |
| Oxydabilité au KMnO <sub>4</sub>                | mgO <sub>2</sub> /L | 2             | 5        | 1,11                     | 0,44            | 0,37            | 1,70            | 0,74            | 0,67            | 1,70                | 1,55            | 13,32             | 9,77           |
| Fer total (Fe <sup>2+/3+</sup> )                | Mg/L                | 0,05          | 0,2      | nd                       | 1,1             | 3,3             | 0,7             | 0,3             | 0,1             | 0,7                 | 1,4             | 7,5               | 9,2            |
| Manganèse total (Mn <sup>2+/4+</sup> )          | Mg/L                | 0,02          | 0,05     | nd                       | nd              | 0,06            | 0,52            | 0,05            | 0,03            | 0,52                | 0,05            | 0,5               | 0,55           |
| Sodium (Na <sup>+</sup> )                       | Mg/L                | < 20          | 100      | 5,7                      | 17,2            | 11,6            | 15,4            | 17,6            | 29,6            | 15,4                | 28,4            | 9,1               | 7,7            |
| Potassium (K <sup>+</sup> )                     | Mg/L                | 10            | 12       | 3,2                      | 7,1             | 3,5             | 2,1             | 6,2             | 60              | 2,1                 | 52              | 12,2              | 1,8            |
| Orthophosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) | Mg/l de P           | 0,4           | 5        | 0,10                     | 0,09            | 0,07            | 0,07            | 0,04            | 0,07            | 0,07                | 0,77            | 0,44              | 0,09           |
| Fluorure (F <sup>-</sup> )                      | Mg/L                | 0,7           | 1,5      | 0,28                     | 0,15            | 0,11            | 0,1             | 0,23            | 0,92            | 0,1                 | 0,58            | 0,25              | nd             |

# Résultats d'analyse physico-chimique en saison pluvieuse

|                                                 | Unité               | NG             | VMA      | Forages équipés de pompe |                 |                 | Puits modernes  |                 |                 | Puits traditionnels |                 | Marigots          |                |
|-------------------------------------------------|---------------------|----------------|----------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-------------------|----------------|
|                                                 |                     |                |          | Bantè Adjantè            | Loughba Kotakpa | Pira Adjadji    | Bobè Djagbalo   | Bantè Gbégamey  | Pira Kpara      | Bantè Ilètou        | Tchetti Attiba  | Atokolibé Attèron | Tchetti Konayé |
| Nature de l'échantillon                         |                     |                |          | Eau souterraine          | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine | Eau souterraine     | Eau souterraine | Eau de surface    | Eau de surface |
| Couleur à 436 nm                                | m <sup>-1</sup>     | -              | -        | 0,1                      | Nd              | 0,2             | 0,8             | 0,1             | 0,2             | Nd                  | 0,6             | 5,6               | 8,6            |
| Turbidité                                       | NTU                 | 0,4            | 5        | 0,270                    | 0,269           | 3,46            | 22,2            | 21,6            | 0,429           | 6,44                | 4,93            | 24,2              | 226            |
| Goût                                            | *Nombre de dilution | 0              | 3 à 25°C | Nt                       | Nt              | Nt              | Nt              | Nt              | Nt              | Nt                  | Nt              | Nt                | Nt             |
| Odeur                                           | *Nombre de dilution | 0              | 3 à 25°C | Nt                       | Nt              | Nt              | Nt              | Nt              | Nt              | Nt                  | Nt              | Nt                | Nt             |
| Température                                     | °C                  | 25°C           | -        | 27,2                     | 26,7            | 27,6            | 28,8            | 27,5            | 28,8            | 27,3                | 29,3            | 25,8              | 27,6           |
| Potentiel Hydrogène (pH)                        | -                   | 6,5 < pH < 9,5 | -        | 6,08                     | 6,40            | 5,96            | 6,61            | 6,55            | 6,97            | 6,58                | 6,83            | 6,75              | 5,97           |
| Conduct. Electrique (C)                         | µS/cm               | 400            | 2000     | 216                      | 557             | 262             | 807             | 353             | 1346            | 311                 | 1471            | 151,9             | 90,9           |
| Alcalinité complet (TAC)                        | °F                  | 4              | -        | 9,8                      | 20              | 6,4             | 20,2            | 5,8             | 47              | 15,6                | 24,7            | 6,1               | 4,3            |
| Alcalinité simple (TA)                          | °F                  | -              | -        | Nd                       | Nd              | Nd              | Nd              | Nd              | Nd              | Nd                  | Nd              | Nd                | Nd             |
| Chlorure (Cl <sup>-</sup> )                     | mg/L                | 25             | 250      | 12,07                    | 31,95           | 22,72           | 71              | 46,86           | 63,9            | 11,36               | 79              | 5,7               | 5,7            |
| Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )        | mg/L                | 25             | 240      | Nd                       | 7,9             | 0,3             | 25,7            | 1,1             | 39              | Nd                  | 66              | 3,6               | 5,0            |
| Calcium (Ca <sup>2+</sup> )                     | mg/L                | -              | 400      | 17,08                    | 44,94           | 17,12           | 40,66           | 21,40           | 19,26           | 28,5                | 54,93           | 10,7              | 3,57           |
| Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )                   | mg/L                | 30             | 50       | 13,41                    | 31,14           | 10,81           | 22,49           | 10,38           | 118,08          | 14,71               | 54,07           | 5,52              | 0,43           |
| Carbonates (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )     | mg/L                | -              | -        | Traces                   | Traces          | Traces          | Traces          | Traces          | Traces          | Traces              | Traces          | Traces            | Traces         |
| Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )   | mg/L                | -              | -        | 119,56                   | 244             | 18,08           | 246,44          | 70,76           | 573,4           | 190,32              | 301,34          | 74,42             | 52,46          |
| Dureté totale (TH)                              | °F                  | 4              | 35       | 10,32                    | 24,03           | 8,72            | 19,58           | 10,32           | 53,4            | 13,17               | 36,13           | 4,98              | 1,25           |
| Extrait sec                                     | mg/L                | 500            | 1500     | 200                      | 570             | 238             | 690             | 270             | 1180            | 298                 | 1100            | 180               | 75             |
| Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )        | mg/L                | 25             | 50       | 6,3                      | 24,4            | 6,8             | 72              | 24              | 26              | Nd                  | 247             | 2,7               | Nd             |
| Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )        | mg/L                | 0,05           | 0,1      | 0,02                     | 0,05            | Nd              | Nd              | 0,02            | Nd              | 0,01                | Nd              | 0,11              | 0,38           |
| Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )        | mg/L                | 0,05           | 0,5      | Nd                       | Nd              | Nd              | Nd              | Nd              | Nd              | Nd                  | Nd              | 0,4               | 0,4            |
| Oxydabilité au (KMnO <sub>4</sub> )             | mgO <sub>2</sub> /L | 2              | 5        | 0,59                     | 1,04            | 0,59            | 1,04            | 0,89            | 0,59            | 0,74                | 13,34           | 6,29              | 22,2           |
| Fer total Fe <sup>2+/3+</sup> )                 | mg/L                | 0,05           | 0,2      | Nd                       | Nd              | Nd              | 0,2             | 0,26            | Nd              | nd                  | Nd              | 4,76              | 6,42           |
| Manganèse total (Mn <sup>2+/4+</sup> )          | mg/L                | 0,02           | 0,05     | Nd                       | Nd              | 0,08            | 0,17            | Nd              | Nd              | 0,03                | 0,03            | 0,18              | 0,75           |
| Sodium (Na <sup>+</sup> )                       | mg/L                | < 20           | 100      | 22,4                     | 18,6            | 6,5             | 104             | 18,6            | 14,0            | 19,2                | 59,0            | 10,8              | 16,2           |
| Potassium (K <sup>+</sup> )                     | mg/L                | 10             | 12       | 8,4                      | 7,6             | 3,5             | 8,8             | 7,6             | 4,0             | 2,1                 | 152,0           | 5,8               | 1,4            |
| Orthophosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) | mg /L de P          | 0,4            | 5        | 0,03                     | 0,11            | 0,15            | 0,26            | 0,11            | 0,05            | 0,06                | 1,2             | 0,26              | 0,16           |

NG : Niveau guide

CMA: Concentration Maximale Admissible

n.d : non détectable

nt : non titré

\* : Nombre de dilution pour rendre agréable au goût et à l'odeur.



# Résultats d'analyse bactériologique en saison sèche

|                                 | Nature de l'échantillon | Dénombrement des germes banals en 24h | Dénombrement des germes banals en 48h | Recherche des présomptions des coliformes | Dénombrement des coliformes totaux | Dénombrement des Escherichia coli après 48h à 44° | Dénombrement des Salmonella et Shigella | Dénombrement des Staphylocoques | Dénombrement des streptocoques fécaux après 24h à 37°C | Dénombrement des Clostridium | conclusion   |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|--------------|
| Unité                           |                         | UFC /ml                               | UFC/ml                                | Positive ou négative                      | Nbre/100ml                         | Nbre/100ml                                        | Nbre/100ml                              | Nbre/100ml                      | Nbre/100ml                                             | Nbre/20ml                    |              |
| NG                              |                         | 20                                    | 20                                    | Négative                                  | 0                                  | 0                                                 | 0                                       | 0                               | 0                                                      | 0                            | Eau saine    |
| VMA                             |                         | 50                                    | 50                                    | négative                                  | 0                                  | 0                                                 | 0                                       | 0                               | 0                                                      | 0                            | Eau saine    |
| Forage équipés de pompe         | Bantè Adjantè           | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | 00                                      | 00                              | 00                                                     | 00                           | Eau suspecte |
|                                 | Bantè Adjantè*          | 20 + champignons                      | 20 + champignons                      | Négative                                  | 00                                 | 00                                                | 00                                      | 00                              | 00                                                     | 00                           | Eau saine    |
|                                 | Lougba Kotakpa*         | 30 + champignon                       | 30 + champignon                       | Négative                                  | Innombrable                        | 00                                                | 00                                      | 00                              | 00                                                     | 00                           | Eau suspecte |
|                                 | Lougba Kotakpa          | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | 00                                      | 04                              | 02                                                     | 00                           | Eau polluée  |
|                                 | Pira Adjadji            | 280 + champignon                      | 280 + champignon                      | Négative                                  | 00                                 | 00                                                | 00                                      | 00                              | 00                                                     | 00                           | Eau suspecte |
|                                 | Pira Adjadji*           | 150                                   | 150                                   | Négative                                  | 00                                 | 00                                                | 00                                      | 00                              | 00                                                     | 00                           | Eau suspecte |
| Puits modernes à grand diamètre | Bantè Gbégamey          | Innombrable                           | Innombrable                           | positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | 224                                     | Innombrable                     | 174                                                    | 01                           | Eau polluée  |
|                                 | Bobè Djagbalo           | Innombrable                           | Innombrable                           | positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | 104                                     | 71                              | 56                                                     | 00                           | Eau polluée  |
|                                 | Pira Kpara              | Innombrable                           | Innombrable                           | positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | 04                                      | 61                              | 74                                                     | 00                           | Eau polluée  |
| Puits traditionnels             | Bantè Ilétou            | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 42                                                | 00                                      | 48                              | 08                                                     | 00                           | Eau polluée  |
|                                 | Tchetti Attiba          | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | 28                                      | 189                             | 112                                                    | 00                           | Eau polluée  |
| Marigots                        | Atokolibé Attèron       | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | 290                                     | Innombrable                     | Innombrable                                            | 16                           | Eau polluée  |
|                                 | Tchetti Konayé          | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | Innombrable                             | Innombrable                     | Innombrable                                            | 80                           | Eau polluée  |

NG : Niveau Guide      VMA : Valeur Maximale Admissible    UFC : Unité Formant    Colonie \* : prise d'eau à la pompe après stérilisation à la flamme

# Résultats d'analyse bactériologique en saison pluvieuse

|                                 | Nature de l'échantillon | Dénombrement des germes banals en 24h | Dénombrement des germes banals en 48h | Recherche des présomptions des coliformes | Dénombrement des coliformes totaux | Dénombrement des Escherichia coli après 48h à 44° | Dénombrement des Salmonella et Shigella | Dénombrement des streptocoques fécaux après 24h à 37°C | Dénombrement des Clostridium | conclusion            |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Unité                           |                         | UFC /ml                               | UFC/ml                                | Positive ou négative                      | Nbre/100ml                         | Nbre/100ml                                        | Nbre/100ml                              | Nbre/100ml                                             | Nbre/20ml                    |                       |
| NG                              |                         | 20                                    | 20                                    | Négative                                  | 0                                  | 0                                                 | 0                                       | 0                                                      | 0                            | Eau saine             |
| VMA                             |                         | 50                                    | 50                                    | négative                                  | 0                                  | 0                                                 | 0                                       | 0                                                      | 0                            | Eau saine             |
| Forage équipés de pompe         | Bantè Adjantè           | Innombrable                           | Innombrable                           | positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | Positive                                | 00                                                     | 02                           | Eau polluée           |
|                                 | Lougba Kotakpa          | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | I                                  | Innombrable                                       | Négative                                | 00                                                     | 00                           | Eau fortement polluée |
|                                 | Pira Adjadji            | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | Positive                                | 88                                                     | Innombrable                  | Eau polluée           |
| Puits modernes à grand diamètre | Bantè Gbégamey          | Innombrable                           | Innombrable                           | positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | Positive                                | 16                                                     | 6                            | Eau polluée           |
|                                 | Bobè Djagbalo           | Innombrable                           | Innombrable                           | positive                                  | 00                                 | 00                                                | Négative                                | 00                                                     | 00                           | Eau suspecte          |
|                                 | Pira Kpara              | 40                                    | 50                                    | Négative                                  | 00                                 | 00                                                | positive                                | 00                                                     | 00                           | Eau suspecte          |
| Puits traditionnels             | Bantè Ilètou            | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | Négative                                | 00                                                     | 00                           | Eau polluée           |
|                                 | Tchetti Attiba          | Innombrable                           | Innombrable                           | Négative                                  | Innombrable                        | 00                                                | Négative                                | 0                                                      | 8                            | Eau polluée           |
| Marigots                        | Atokolibé Attèron       | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | Positive                                | 32                                                     | Innombrable                  | Eau polluée           |
|                                 | Tchetti Konayé          | Innombrable                           | Innombrable                           | Positive                                  | Innombrable                        | 00                                                | Positive                                | 00                                                     | 00                           | Eau polluée           |

NG : Niveau Guide      VMA : Valeur Maximale Admissible    UFC : Unité Formant    Colonie \* : prise d'eau à la pompe après stérilisation à la flamme

**ANNEXE 4 : NORMES DE QUALITE DE L'EAU POTABLE  
EN REPUBLIQUE DU BENIN**

Fixant les normes de qualité de l'eau potable  
en République du Bénin

**LE PRESIDENT DE LA REPUBLIQUE,  
CHEF DE L'ETAT,  
CHEF DU GOUVERNEMENT,**

- Vu** la loi n° 90-032 du 11 décembre 1990 portant Constitution de la République du Bénin ;
- Vu** la loi n° 84-009 du 15 mars 1984 portant contrôle des denrées alimentaires ;
- Vu** la loi n° 87-015 du 21 septembre 1987 portant Code de l'Hygiène Publique ;
- Vu** la loi n° 87-016 du 21 septembre 1987 portant Code de l'eau ;
- Vu** la loi n° 98-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin ;
- Vu** la proclamation du 1<sup>er</sup> avril 1996 par la cour constitutionnelle, des résultats définitifs de l'élection présidentielle du 18 mars 1996 ;
- Vu** le décret n°99-309 du 22 juin 1999 portant composition du gouvernement ;
- Vu** le décret n°96-402 du 18 septembre 1996 fixant les structures de la Présidence de la République et des Ministères ;
- Vu** le décret n°97-194 du 24 avril 1997 portant attributions, organisation et fonctionnement du Ministère de l'Environnement, de l'Habita et de l'Urbanisme ;
- Vu** le décret n°96-615 du 31 décembre 1996 portant attributions, organisation et fonctionnement du Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Hydraulique ;
- Vu** le décret n° 97-301 du 24 juin 1997 portant attributions, organisation et fonctionnement du Ministère de la Santé Publique ;
- Vu** le décret n°95-047 du 20 février 1995 portant attributions, organisation et fonctionnement de l'Agence Béninoise pour l'Environnement ;
- Sur** Rapport conjoint du Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme, du Ministre de la Santé Publique et du Ministre des Mines, de l'Energie et de l'Hydraulique.

Le Conseil des ministres entendu en sa séance du 07 février 2001 ;

## DECRETE :

### **TITRE PREMIER : Des dispositions générales**

**ARTICLE 1<sup>ER</sup>** : Le présent décret fixe les normes de l'eau potable en application des dispositions de la loi n°98-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin.

**ARTICLE 2** : Les types d'eau prévue au présent décret sont les eaux destinées à la consommation humaine et aux usages domestiques courants.

**ARTICLE 3** : L'eau destinée à la consommation humaine et aux usages domestiques est soumise à des normes physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques déterminées.

**ARTICLE 4** : Les normes visées à l'article 3 ont pour but de protéger la population contre les effets indésirables liés à la présence de polluants physiques, chimiques, microbiens et radioactifs dans les eaux de consommation.

**ARTICLE 5** : Quiconque offre au public de l'eau en vue de l'alimentation humaine à titre gratuit ou onéreux, et sous quelque forme que ce soit, y compris la glace alimentaire, est tenu de s'assurer et de prouver que cette eau est conforme aux normes de potabilité réglementaire.

**ARTICLE 6** : L'utilisation d'eau non conforme, aux normes réglementaires de l'eau potable est interdite pour la préparation et la conservation de toutes denrées alimentaires.

**ARTICLE 7** : Toute personne qualifiée, désignée conjointement par le ministre chargé de la santé, le ministre chargé de l'environnement et le ministre chargé de l'hydraulique a libre accès à tout endroit abritant un ou des ouvrages d'alimentation en eau potable pour y effectuer des prélèvements et des contrôles de la qualité de l'eau.

**ARTICLE 8** : Tout projet d'Alimentation en Eau Potable (AEP) fait l'objet d'une étude d'impact environnemental.

**ARTICLE 9** : Tout projet d'AEP est soumis à l'application préalable du ministre chargé de l'hydraulique.

**ARTICLE 10 :** Tout exploitant d'un système d'adduction d'eau destinée à la consommation humaine est tenu de disposer d'un plan de mesures d'urgence conformément à la réglementation en vigueur en la matière.

## **TITRE II : Des normes de l'eau potable et de la protection des ressources en eau**

### **Chapitre 1<sup>er</sup> : Des normes de l'eau potable**

#### SECTION 1 : Des normes microbiologiques

**ARTICLE 11 :** Une eau destinée à la consommation humaine est conforme aux normes de qualité microbiologique présentées ci-après :

| Paramètres                              | Unités     | Normes              |                 | Méthodes                                                                                              |
|-----------------------------------------|------------|---------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         |            | Eau non désinfectée | Eau désinfectée |                                                                                                       |
| Algues, champignons, protozoaires etc.. | Nbre/ml    | 0                   | 0               | Identification par microscope optique                                                                 |
| Germes banals ou autochtones            | Nbre/ml    | 50                  | 20              | Dénombrement direct par numérotation de colonies isolées après ensemencement sur milieu solide        |
| Schigella                               | Nbre/100ml | 0                   | 0               | Dénombrement par filtration sur membranes cellulosiques de 0,45 µm et ensemencement sur milieu solide |
| Streptocoques fécaux                    | Nbre/100ml | 0                   | 0               | Dénombrement par filtration sur membranes cellulosiques de 0,45 µm et ensemencement sur milieu solide |
| Salmonella                              | Nbre/100ml | 0                   | 0               | Dénombrement par filtration sur membranes cellulosiques de 0,45 µm et ensemencement sur milieu solide |
| Clostridium perfringens                 | Nbre/20ml  | 2                   | 0               | Dénombrement direct par numérotation de colonies isolées après ensemencement sur milieu solide        |
| Staphylocoques                          | Nbre/100ml | 0                   | 0               | Dénombrement par filtration sur membranes cellulosiques de 0,45 µm et ensemencement sur milieu solide |
| Escherichia coli                        | Nbre/100ml | 0                   | 0               | Dénombrement par filtration sur membranes cellulosiques de 0,45 µm et ensemencement sur milieu solide |
| Coliformes totaux                       | Nbre/100ml | 0                   | 0               | Dénombrement par filtration sur membranes cellulosiques de 0,45 µm et ensemencement sur milieu solide |
| Vibrions cholériques                    | Nbre/100ml | 0                   | 0               | Identification par microscope optique                                                                 |

**ARTICLE 12 :** La tolérance relative aux coliformes totaux s'établit au 5% des échantillons analysés sur une période de 12 mois consécutifs à condition qu'aucun de ces échantillons n'ait un coliforme fécal et plus de 10 coliformes totaux par 100ml.

**ARTICLE 13 :** L'exploitant d'un système de distribution d'eau potable prélève aux fins de contrôles microbiologiques, des échantillons provenant de son système de distribution aux fréquences indiquées ci-après :

| Populations desservies | Fréquence minimale d'échantillonnage |
|------------------------|--------------------------------------|
| 51 – 200 habitants     | 2/an                                 |
| 201 – 1000 habitants   | 1/mois                               |
| 1001 – 5000            | 4/mois                               |
| 5001 – 100.000         | 5 à 100/mois                         |
| > 100.000              | 110/mois                             |

Ces échantillons prélevés en des points représentatifs du système du réseau de distribution et des stations d'eau sont analysés par un laboratoire agréé dans les 12 heures.

**ARTICLE 14 :** A titre préventif, il est prescrit d'effectuer régulièrement des mesures de bactéries aérobies aux germes totaux. Les concentrations des germes totaux n'excèdent pas 50 unités par millimètre (50 unités/ml). Si un dépassement est observé, l'eau est désinfectée systématiquement avant toute livraison à la consommation humaine.

**ARTICLE 15 :** Les méthodes de prélèvement et de conservation des échantillons d'eau ainsi que les méthodes d'analyses microbiologiques sont fixées par arrêté interministériel.

**ARTICLE 16 :** Dès qu'une eau destinée à la consommation humaine n'est pas conforme à la norme microbiologique, l'exploitant du système de distribution d'eau est tenu d'en informer d'une part les autorités locales et les services compétents des ministères chargés des ressources en eau et de la santé et d'autre part, la population qui consomme cette eau pour toute conduite à tenir.

Les autorités informées, évaluent si le dépassement observé présente des risques pour la santé de la population et si des avis de restriction de consommation doivent être émis.

En tout état de cause, l'exploitant est tenu de rétablir sans délai la qualité requise.

## SECTION II : Des normes physico-chimiques

**ARTICLE 17 :** Une eau destinée à la consommation humaine est conforme aux normes de qualité physico-chimique indiquées ci-après :

| Paramètres                               | Unité                                | Valeur maximale permise |
|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>Paramètres physique</b>               |                                      |                         |
| Turbidité                                | <sup>1</sup> UTN ou <sup>2</sup> FNU | 5,0                     |
| <b>Paramètres chimiques inorganiques</b> |                                      |                         |
| Arsenic                                  | mg/l                                 | 0,05                    |
| Baryum                                   | mg/l                                 | 1,0                     |
| Bore                                     | mg/l                                 | 5,0                     |
| Cadmium                                  | mg/l                                 | 0,005                   |
| Chrome                                   | mg/l                                 | 0,05                    |
| Cuivre                                   | mg/l                                 | 2,0                     |
| Cyanures                                 | mg/l                                 | 0,2                     |
| Fluorures                                | mg/l                                 | 1,5                     |
| Mercure                                  | mg/l                                 | 0,001                   |
| Nickel                                   | mg/l                                 | 0,02                    |
| Nitrates                                 | mg/l                                 | 45                      |
|                                          | mg/N/l                               | 10                      |
| Nitrites                                 | mg/l                                 | 3,2                     |
|                                          | mg/N/l                               | 0,1                     |
| Plomb                                    | mg/l                                 | 0,05                    |
| Sélénium                                 | mg/l                                 | 0,01                    |
| Sulfates                                 | mg/l                                 | 500                     |
| pH                                       | unités pH                            | 6,5 < pH < 8,5          |
| <b>Paramètres chimiques organiques</b>   |                                      |                         |
| Benzène                                  | mg/l                                 | 0, 010                  |
| Composés phénoliques                     | mg/l                                 | 0, 002                  |

<sup>1</sup> UTN = Unité de turbidité Néphélométrique

<sup>2</sup> FNU = .....



| <b>Paramètres chimiques-désinfectants et sous-produits de désinfection</b> |      |            |
|----------------------------------------------------------------------------|------|------------|
| Bendiocarde                                                                | mg/l | 0,040      |
| Carbaryl                                                                   | mg/l | 0,090      |
| Lindane                                                                    | mg/l | 0,0040     |
| Fénitrothion                                                               | mg/l | 0,0070     |
| Malathion                                                                  | mg/l | 0,190      |
| DDT                                                                        | mg/l | 0,030      |
| Alachlore                                                                  | mg/l | 0,02       |
| Cyanazine                                                                  | mg/l | 0,01       |
| Simazine                                                                   | mg/l | 0,01       |
| Paraquat                                                                   | mg/l | 0,01       |
| Métolachlor                                                                | mg/l | 0,05       |
| Atrazine                                                                   | mg/l | 0,005      |
| Perméthrine                                                                | mg/l | 0,02       |
| Diméthoate                                                                 | mg/l | 0,02       |
| Glyphosate                                                                 | mg/l | 0,28       |
| <b>Paramètres radiologiques</b>                                            |      |            |
| Activité alpha brute                                                       | Bq/l | 0,1        |
| Activité beta brute                                                        | Bq/l | 1          |
| <b>NORMES OPERATIONNELLES – Paramètres physico-chimiques</b>               |      |            |
| Calcium                                                                    | mg/l | 100        |
| Chlorures                                                                  | mg/l | 250        |
| Couleur                                                                    | ucV  | 15         |
| Dureté                                                                     | mg/l | 200        |
| Fer                                                                        | mg/l | 0,3        |
| Goût                                                                       | -    | Inoffensif |
| Magnésium                                                                  | mg/l | 50         |
| Manganèse                                                                  | mg/l | 0,1        |
| Zinc                                                                       | mg/l | 3          |

**ARTICLE 18 :** L’exploitant d’un système de distribution d’eau potable prélève aux fins de contrôle physico-chimique, des échantillons d’eau provenant de son système de distribution.

Ces échantillons sont analysés par un laboratoire agréé pour chacun des paramètres listés à l'article 17. La fréquence des prélèvements est présentée comme suit :

| Population desservies | Fréquence minimale d'échantillonnage | observation                                                    |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 51 – 1000             | 1/an                                 |                                                                |
| 1001 – 5000           | 1/an                                 | Respecter l'intervalle de 10 à 14 mois entre deux prélèvements |
| > 5000                | 2/an                                 | Maintenir l'intervalle de 4 à 8 mois entre deux prélèvements.  |

**ARTICLE 19 :** Les méthodes de prélèvement et de conservation des échantillons d'eau ainsi que les méthodes d'analyses physico-chimiques sont fixées par arrêté interministériel.

**ARTICLE 20 :** Dès qu'une eau destinée à la consommation humaine n'est pas conforme à la norme physico-chimique, l'exploitant du système de distribution d'eau est tenu d'en informer d'une part les autorités locales et les services compétents des ministères chargés des ressources en eau et de la santé afin de leur indiquer quelles sont les mesures prises pour corriger sans délai la situation et d'autre part la population qui consomme cette eau pour toute conduite à tenir.

Les autorités informées évaluent si le dépassement observé présente des risques pour la santé de la population et si des avis de restriction de consommation doivent être émis.

### SECTION III : Des normes relatives à la désinfection

**ARTICLE 21 :** L'exploitant d'un système de distribution d'eau potable comportant un système de désinfection par chloration maintient en tout temps un niveau de désinfectant résiduel dans son réseau de distribution. Les niveaux de désinfection résiduels répondent aux critères suivants :

- à la sortie de la station de traitement, on mesure un minimum de 0,40mg/l et un maximum de 0,80mg/l de chlore résiduel libre.
- au niveau de l'abonné, on mesure un minimum de 0,10 mg/l de chlore résiduel libre.

**ARTICLE 22 :** Nonobstant le respect des dispositions de l'article 21 du présent décret, l'utilisation de toute substance autre que le chlore pour la désinfection de l'eau est

subordonnée à une autorisation préalable des ministres chargés de l'hydraulique et de la Santé.

**ARTICLE 23 :** La fréquence de prélèvement des échantillons à la sortie de la station de traitement et chez l'abonné répond aux critères contenus dans le tableau ci-après :

| Population desservie | Fréquence d'échantillonnage |
|----------------------|-----------------------------|
| < 1000               | 1/mois                      |
| 1001 – 5000          | 4/mois                      |
| 5001 – 100.000       | 5 – 100/mois                |
| > 100.000            | 110/mois                    |

**ARTICLE 24 :** Les méthodes de prélèvement des échantillons d'eau aux fins d'analyse de chlore résiduel, ainsi que les méthodes d'analyse du chlore résiduel libre, sont fixées par arrêté interministériel.

## **CHAPITRE II : Des normes des puits et prises d'eau**

**ARTICLE 25 :** L'eau est partie du patrimoine national. Sa protection est d'intérêt général.

**ARTICLE 26 :** Toute source d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, quelle soit de surface ou souterraine, est protégée de l'activité humaine.

**ARTICLE 27 :** La protection des eaux destinées à la consommation humaine, qu'elles proviennent des nappes souterraines, cours d'eau et plan d'eau, est assurée au moyen de périmètre de protection défini en fonction de la capacité d'auto-épuration des sols et de la marge de temps nécessaire à l'intervention en cas de pollution accidentelle.

**ARTICLE 28 :** Les différents périmètres de protection sont définis pour les nappes d'eaux souterraines, cours et étendues d'eau conformément aux dispositions des articles 29 à 33 du présent décret.

**ARTICLE 29 :** Le périmètre de protection immédiat des eaux souterraines dénommé Zone I vise à garantir la sécurité des installations contre toutes formes de détérioration et à empêcher

des déversements ou des infiltrations de substances polluantes à l'intérieur ou à proximité du point d'eau.

Le rayon de cette zone dépend des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe. Celui-ci est compris entre 10 et 50 mètres. Selon la nature des roches, la seule activité autorisée dans cette zone est celle liée à l'exploitation du captage.

**ARTICLE 30 :** Le périmètre de protection rapproché des eaux souterraines dénommé zone II protège le point d'eau contre la migration souterraine de substances polluantes. Il est déterminé en fonction des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère et de la vitesse de transfert entre le point d'émission d'une pollution éventuelle et le point de prélèvement.

Le rayon de la zone II est fonction de la capacité d'épuration de la couverture. Il est compris entre 300 et 400 mètres.

Dans la zone II, ne sont tolérées que des activités agricoles non utilisatrices de synthèse. Il y est interdit toutes les activités polluantes.

**ARTICLE 31 :** Le périmètre de protection éloigné des eaux souterraines dénommé Zone III constitue une séance complémentaire pour renforcer la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses dans la zone d'alimentation du captage. Ce périmètre est subdivisé en deux sous-zones :

- la zone III A d'un rayon d'environ 2 km ;
- la zone III B d'un rayon de l'ordre de 4 à 5 km.

Toutes les activités susceptibles de porter atteinte de manière directe ou indirecte à la qualité de l'eau sont interdites dans ce périmètre.

**ARTICLE 32 :** Le périmètre de protection immédiat des eaux de surface zone I a pour fonction d'empêcher toute intervention humaine étrangère, à l'exploitation et de permettre de mener des actions efficaces en cas de pollution accidentelle.

Son rayon est fixé à 100 m par rapport au lit majeur.

**ARTICLE 33 :** Le périmètre de protection rapproché des eaux de surface dénommé zone II dépend du site et de la nature de l'utilisation ou du terrain avoisinant. Ce périmètre englobe les alentours de la retenue et des affluents.

Le rayon de cette zone est de l'ordre de 1 km pour la retenue et de 250 m pour le lit majeur des affluents.

### Chapitre III : Des dispositions diverses, transitoires et finales

Article 34 : Les infractions aux dispositions du présent décret sont punies des peines prévues à cet effet par la loi n° 98-030 du 12 février 1998 portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin.

Article 35 : Les exploitants des installations d'alimentation en eau potable existant préalablement à l'entrée en vigueur du présent décret sont tenus de se conformer aux dispositions dudit décret :

- dès son adoption, pour le respect des normes de l'eau potable ;
- dans un délai de cinq ans après son adoption pour le respect des normes de protection des puits et prises d'eau.

Article 36 : Le Ministre de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme, le Ministre de la Santé Publique et le Ministre des Mines, de l'Energie et de l'Hydraulique sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'application des dispositions du présent décret.

Article 37 : Le présent décret qui prend effet à compter de sa date de signature, sera publié au Journal officiel.

Fait à Cotonou, le 20 février 2001

Par le Président de la République,  
Chef de l'Etat, Chef du Gouvernement,



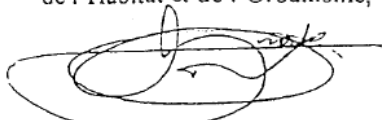
Mathieu KEREKOU.-

Le Ministre d'Etat, chargé de la Coordination  
de l'action gouvernementale, du plan, du  
développement et de la promotion de l'emploi,



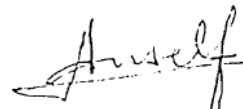
Bruno AMOUSSOU.-

Le Ministre de l'Environnement,  
de l'Habitat et de l'Urbanisme,



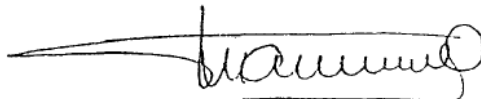
Luc-Marie Constant GNACADJA.-

Le Ministre des Mines de l'Energie  
et de Hydraulique,



Félix ESSOU DANSOU .-

Le Ministre de la Santé Publique,



Marina d'ALMEIDA MASSOUGBODJI

Ampliations : PR 6 AN 4 CS 2 CC 2 CES 2 HAAC 2 MECCAG-PDPE 4 MEHU 4 MMEH 4  
MSP 4 AUTRES MINISTERES 15 SGG 4 DGBM-DCF-DGTCP-DGDDI-DGID 5 BN-  
DAN-DLC 3 GCONB-DCCT-INSAE 3 BCP-CSM-IGAA 3 UNB-FASJEP-ENA 3 JO 1

# TABLE DES MATIERES

|                                                                                                             | <i>Pages</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| SOMMAIRE .....                                                                                              | 2            |
| DEDICACE .....                                                                                              | 4            |
| SIGLES ET ACRONYMES.....                                                                                    | 5            |
| AVANT-PROPOS.....                                                                                           | 7            |
| RESUME.....                                                                                                 | 10           |
| ABSTRACT.....                                                                                               | 11           |
| INTRODUCTION.....                                                                                           | 12           |
| <b>PREMIERE PARTIE : CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE<br/>ET APPROCHE METHODOLOGIQUE.....</b>    | <b>15</b>    |
| <b><u>CHAPITRE I : PROBLEMATIQUE, REVUE DE LITTERATURE ET<br/>CLARIFICATION DES CONCEPTS.....</u></b>       | <b>16</b>    |
| 1.1- PROBLEMATIQUE.....                                                                                     | 16           |
| 1.1.1. Justification de l'étude.....                                                                        | 16           |
| 1.1.2. Hypothèses de travail.....                                                                           | 20           |
| 1.1.3. Objectifs de recherche.....                                                                          | 21           |
| 1.2- REVUE DE LITTERATURE ET CLARIFICATION DES CONCEPTS.....                                                | 21           |
| 1.2.1. Revue de littérature.....                                                                            | 21           |
| 1.2.1.1. Disponibilité et usage de l'eau.....                                                               | 22           |
| 1.2.1.2. Insalubrité de l'environnement, qualité de l'eau et impacts sanitaires.....                        | 24           |
| 1.2.1.3. Problématique d'appréciation de la relation entre environnement-eau-santé.....                     | 30           |
| 1.2.2. Clarification des concepts.....                                                                      | 32           |
| 1.2.2.1. Eau potable.....                                                                                   | 32           |
| 1.2.2.2. Pollution.....                                                                                     | 35           |
| 1.2.2.3. Santé.....                                                                                         | 36           |
| 1.2.2.4. Maladies transmises par l'eau souillée ou maladies relatives à l'eau.....                          | 36           |
| 1.2.2.5. Assainissement.....                                                                                | 38           |
| <b><u>CHAPITRE II : CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE .....</u></b>                                          | <b>39</b>    |
| 2.1- DETERMINANTS NATURELS DE LA DISPONIBILITE DE L'EAU EN<br>MILIEU ITCHA-IFE .....                        | 39           |
| 2.1.1. Aspects géomorphologiques et hydrogéologiques.....                                                   | 41           |
| 2.1.2. Composantes climatiques.....                                                                         | 43           |
| 2.1.3. Réseau hydrographique .....                                                                          | 45           |
| 2.1.4. Armature pédologique et formations végétales.....                                                    | 47           |
| 2.2. DETERMINANTS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'UTILISATION ET DE<br>GESTION DE L'EAU DANS LE SECTEUR D'ETUDE..... | 51           |
| 2.2.1. Fondements culturels de la gestion endogène des ressources en eau : croyances                        |              |

|            |                                                                                                     |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|            | et interdits .....                                                                                  | 52 |
| 2.2.2.     | Pression démographique sur les ressources en eau.....                                               | 53 |
| 2.2.3.     | Problématique de la propreté autour des points d'eau .....                                          | 55 |
| 2.2.4.     | Activités économiques et utilisation de l'eau.....                                                  | 56 |
| 2.3-       | SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DE CONSOMMATION<br>DES POPULATIONS.....                          | 57 |
| 2.3.1.     | Situation en eau potable dans le secteur d'étude.....                                               | 57 |
| 2.3.2.     | Eaux souterraines.....                                                                              | 58 |
| 2.3.3.     | Nature des eaux profondes.....                                                                      | 62 |
| 2.3.4.     | Eaux superficielles.....                                                                            | 64 |
| 2.3.5.     | Eau pluviales.....                                                                                  | 65 |
|            | <b><u>CHAPITRE III : APPROCHE METHODOLOGIQUE</u></b> .....                                          | 67 |
| 3.1-       | COLLECTE DES DONNEES.....                                                                           | 67 |
| 3.1.1.     | Nature et source des données.....                                                                   | 67 |
| 3.1.2.     | Investigations socio-anthropologiques.....                                                          | 68 |
| 3.1.2.1.   | Echantillonnage des populations enquêtées .....                                                     | 69 |
| 3.1.2.2.   | Techniques et outils de collecte des données sur le terrain.....                                    | 70 |
| 3.1.2.2.1. | <i>Entretien semi-structuré</i> .....                                                               | 70 |
| 3.1.2.2.2. | <i>Observation directe</i> .....                                                                    | 71 |
| 3.1.2.2.3. | <i>Observation participative</i> .....                                                              | 71 |
| 3.1.2.2.4. | <i>Enquête par questionnaire</i> .....                                                              | 72 |
| 3.1.2.3.   | Traitements et analyse des données d'enquête de terrain.....                                        | 73 |
| 3.1.3.     | Prélèvements des échantillons d'eau.....                                                            | 73 |
| 3.2-       | TECHNIQUE D'ANALYSE DE LA QUALITE DES EAUX PRELEVEES...                                             | 76 |
| 3.2.1.     | Analyse des paramètres physiques.....                                                               | 77 |
| 3.2.2.     | Recherche des substances chimiques.....                                                             | 78 |
| 3.2.2.1.   | Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....                                                                   | 78 |
| 3.2.2.2.   | Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....                                                                   | 78 |
| 3.2.2.3.   | Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....                                                              | 78 |
| 3.2.2.4.   | Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....                                                                | 78 |
| 3.2.2.5.   | Manganèse ( $\text{Mn}^{+}$ ).....                                                                  | 78 |
| 3.2.2.6.   | Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ).....                                                                       | 79 |
| 3.2.2.7.   | Nitrites.....                                                                                       | 79 |
| 3.2.2.8.   | Oxydabilité au $\text{KMnO}_4$ .....                                                                | 79 |
| 3.2.3.     | Recherche des paramètres bactériologiques.....                                                      | 79 |
| 3.3-       | TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES DE LA QUALITE DES<br>EAUX.....                                    | 81 |
| 3.3.1.     | Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux.....                                | 81 |
| 3.3.2.     | Détermination des faciès hydrochimiques des eaux.....                                               | 81 |
| 3.3.3.     | Analyse de l'état de santé des populations.....                                                     | 82 |
| 3.3.4.     | Travaux cartographiques et spatialisation des informations.....                                     | 83 |
| 3.3.5.     | Approche d'amélioration de la qualité de l'eau et de protection de la santé des<br>populations..... | 84 |



|                                                                                                                                                   |                                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3.6.                                                                                                                                            | Approche d'évaluation des écosystèmes du millénaire .....                     | 84         |
| 3.4-                                                                                                                                              | SYNTHESE ET CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE.....                             | 86         |
| <b>DEUXIEME PARTIE : QUALITE ET SOURCES DE POLLUTION DES EAUX<br/>CONSOMMEES PAR LES POPULATIONS EN MILIEU<br/>ITCHA-IFE.....</b>                 |                                                                               | <b>88</b>  |
| <b><u>CHAPITRE IV</u> : QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES<br/>EAUX DE CONSOMMATION DES POPULATIONS EN MILIEU<br/>ITCHA-IFE.....</b> |                                                                               | <b>89</b>  |
| 4.1-                                                                                                                                              | QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX PRELEVEES.....                              | 89         |
| 4.1.1.                                                                                                                                            | Caractéristiques physiques.....                                               | 90         |
| 4.1.1.1.                                                                                                                                          | Température.....                                                              | 90         |
| 4.1.1.2.                                                                                                                                          | Potentiel Hydrogène.....                                                      | 92         |
| 4.1.1.3.                                                                                                                                          | Conductivité électrique.....                                                  | 93         |
| 4.1.2.                                                                                                                                            | Caractéristiques chimiques.....                                               | 94         |
| 4.1.2.1.                                                                                                                                          | Teneur en cations majeurs dans les eaux .....                                 | 94         |
| 4.1.2.1.1.                                                                                                                                        | Calcium.....                                                                  | 94         |
| 4.1.2.1.2.                                                                                                                                        | Magnésium.....                                                                | 95         |
| 4.1.2.1.3.                                                                                                                                        | Sodium.....                                                                   | 97         |
| 4.1.2.1.4.                                                                                                                                        | Potassium.....                                                                | 98         |
| 4.1.2.2.                                                                                                                                          | Teneur en anions majeurs dans les eaux .....                                  | 99         |
| 4.1.2.2.1.                                                                                                                                        | <i>Bicarbonates</i> .....                                                     | 99         |
| 4.1.2.2.2.                                                                                                                                        | <i>Chlorures</i> .....                                                        | 100        |
| 4.1.2.2.3.                                                                                                                                        | <i>Sulfates</i> .....                                                         | 101        |
| 4.1.2.2.4.                                                                                                                                        | <i>Nitrates</i> .....                                                         | 102        |
| 4.1.2.3.                                                                                                                                          | Teneur en éléments mineurs.....                                               | 104        |
| 4.1.2.3.1.                                                                                                                                        | <i>Nitrites</i> .....                                                         | 104        |
| 4.1.2.3.2.                                                                                                                                        | <i>Fer</i> .....                                                              | 105        |
| 4.1.2.3.3.                                                                                                                                        | <i>Ions ammonium</i> .....                                                    | 107        |
| 4.1.2.3.4.                                                                                                                                        | <i>Fluor</i> .....                                                            | 108        |
| 4.1.2.3.5.                                                                                                                                        | <i>Manganèse</i> .....                                                        | 109        |
| 4.1.2.3.6.                                                                                                                                        | <i>Orthophosphate</i> .....                                                   | 109        |
| 4.1.3.                                                                                                                                            | Autres indicateurs de qualité des eaux.....                                   | 110        |
| 4.1.4.                                                                                                                                            | Corrélation entre les éléments physico-chimiques et facies chimiques des eaux | 111        |
| 4.1.4.1                                                                                                                                           | Corrélation entre les paramètres physico-chimiques.....                       | 111        |
| 4.1.4.2                                                                                                                                           | Faciès chimiques des eaux.....                                                | 114        |
| 4.2-                                                                                                                                              | CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES .....                                       | 120        |
| 4.2.1.                                                                                                                                            | Qualité bactériologique des eaux de puits.....                                | 120        |
| 4.2.2.                                                                                                                                            | Qualité bactériologique des eaux de forages.....                              | 123        |
| 4.2.3.                                                                                                                                            | Qualité bactériologique des eaux de marigots.....                             | 127        |
| <b><u>CHAPITRE V</u> : SOURCES DE POLLUTION DES EAUX DE CONSOMMATION EN<br/>MILIEU ITCHA-IFE.....</b>                                             |                                                                               | <b>132</b> |

|                                                                                                                     |                                                                                                                  |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.2-                                                                                                                | APPRECIATIONS ENDOGENES DE LA QUALITE DES RESSOURCES EN EAU DE CONSOMMATION.....                                 | 132        |
| 5.2.1.                                                                                                              | Concept local d'eau propre : un critère d'appréciation de la potabilité de l'eau.                                | 133        |
| 5.2.2.                                                                                                              | Odeur de l'eau.....                                                                                              | 132        |
| 5.2.3.                                                                                                              | Saveur de l'eau.....                                                                                             | 134        |
| 5.2.4.                                                                                                              | Couleur de l'eau.....                                                                                            | 135        |
| 5.2.5.                                                                                                              | Présence de débris.....                                                                                          | 136        |
| 5.3-                                                                                                                | PRINCIPAUX FACTEURS DE POLLUTION DES EAUX DE CONSOMMATION.....                                                   | 136        |
| 5.3.1.                                                                                                              | Défaut d'assainissement et d'hygiène du milieu.....                                                              | 137        |
| 5.3.2.                                                                                                              | Mode de gestion des matières fécales.....                                                                        | 141        |
| 5.3.3.                                                                                                              | Influence des phénomènes climatiques sur la qualité de l'eau.....                                                | 142        |
| 5.3.4.                                                                                                              | Relation occupation des terres et dégradation de la qualité des eaux.....                                        | 143        |
| 5.4-                                                                                                                | SYNTHESE ET CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE.....                                                                | 148        |
| <b>TROISIEME PARTIE : EFFETS SOCIO-SANITAIRES DES EAUX CONSOMMEES EN MILIEU ITCHA-IFE ET MESURES PROPOSEES.....</b> |                                                                                                                  | <b>150</b> |
| <b><u>CHAPITRE VI : RISQUES ET EFFETS SANITAIRES LIES A LA CONSOMMATION DES EAUX EN MILIEU ITCHA-IFE.....</u></b>   |                                                                                                                  | <b>151</b> |
| 6.1-                                                                                                                | RAPPEL DES EFFETS DE CERTAINS GERMES ET IONS AU-DELA DES NORMES RECOMMANDEES DANS LES EAUX DE CONSOMMATION..     | 151        |
| 6.1.1.                                                                                                              | Risques liés aux germes pathogènes.....                                                                          | 151        |
| 6.1.1.1                                                                                                             | Escherichia coli .....                                                                                           | 151        |
| 6.1.1.2.                                                                                                            | Coliformes fécaux .....                                                                                          | 153        |
| 6.1.1.3.                                                                                                            | Salmonella et Shigella .....                                                                                     | 155        |
| 6.1.1.4.                                                                                                            | Staphylocoques .....                                                                                             | 156        |
| 6.1.1.5.                                                                                                            | Streptocoques fécaux.....                                                                                        | 156        |
| 6.1.1.6.                                                                                                            | Clostridium .....                                                                                                | 158        |
| 6.1.2.                                                                                                              | Risques sanitaires liés à la teneur des substances physico-chimiques.....                                        | 158        |
| 6.1.2.1.                                                                                                            | Nitrates .....                                                                                                   | 158        |
| 6.1.2.2.                                                                                                            | Fluor.....                                                                                                       | 160        |
| 6.2-                                                                                                                | EFFETS SANITAIRES DES EAUX CONSOMMEES .....                                                                      | 162        |
| 6.2.1.                                                                                                              | Maladies les plus fréquemment notifiées en consultation dans la zone sanitaire englobant le secteur d'étude..... | 162        |
| 6.2.2.                                                                                                              | Pathologies liées à l'eau de consommation dans le secteur d'étude.....                                           | 170        |
| 6.2.3.                                                                                                              | Perceptions populaires de la sante humaine.....                                                                  | 175        |
| 6.2.3.1.                                                                                                            | Principales maladies d'après les populations.....                                                                | 175        |
| 6.2.3.2.                                                                                                            | Causes des maladies selon les populations.....                                                                   | 176        |
| 6.3-                                                                                                                | IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES DE LA QUALITE DES EAUX CONSOMMEES.....                                                 | 178        |
| 6.3.1.                                                                                                              | Pertes de revenus relatives aux maladies liées à l'eau.....                                                      | 178        |
| 6.3.2.                                                                                                              | Dépenses occasionnées pour la guérison des maladies liées à l'eau.....                                           | 178        |
| 6.3.3.                                                                                                              | Impacts sociaux dus aux maladies liées à l'eau.....                                                              | 180        |
| 6.3.4.                                                                                                              | Fondements sociologiques et socio-économiques de la consommation des                                             |            |

|                                                                                                                                                      |                                                                                                            |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                                                                                                                      | eaux.....                                                                                                  | 181        |
| 6.3.4.1.                                                                                                                                             | Causes sociologiques et culturelles.....                                                                   | 181        |
| 6.3.4.2                                                                                                                                              | Causes socio-économiques.....                                                                              | 182        |
| <b>CHAPITRE VII : STRATEGIES D'AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'EAU<br/>DE CONSOMMATION ET DE LA LUTTE CONTRE LES<br/>MALADIES LIEES A L'EAU.....</b> |                                                                                                            | <b>184</b> |
| 7.1-                                                                                                                                                 | METHODES ENDOGENES D'AMELIORATION DE LA QUALITE DE<br>L'EAU ET LEURS LIMITES.....                          | 184        |
| 7.1.1.                                                                                                                                               | Pratique de décantation et de filtrage de l'eau.....                                                       | 185        |
| 7.1.2.                                                                                                                                               | Désinfection avec le pétrole.....                                                                          | 185        |
| 7.1.3.                                                                                                                                               | Utilisation des produits chimiques .....                                                                   | 186        |
| 7.1.3.1.                                                                                                                                             | Hypochlorite de sodium.....                                                                                | 186        |
| 7.1.3.2.                                                                                                                                             | Permanganate de potassium .....                                                                            | 186        |
| 7.2-                                                                                                                                                 | MESURES D'AMELIORATION DE LA QUALITE DE L'EAU ET DE<br>REDUCTION DES MALADIES.....                         | 187        |
| 7.2.1.                                                                                                                                               | Vulgarisation des textes réglementaires fixant les normes de qualité de l'eau<br>potable.....              | 187        |
| 7.2.2.                                                                                                                                               | Gestion de la salubrité de l'eau.....                                                                      | 187        |
| 7.2.3.                                                                                                                                               | Amélioration des systèmes d'assainissement et de protection des sources<br>d'approvisionnement en eau..... | 192        |
| 7.2.3.1.                                                                                                                                             | Gestion des ordures ménagères.....                                                                         | 192        |
| 7.2.3.2.                                                                                                                                             | Gestion des eaux usées.....                                                                                | 194        |
| 7.2.3.3.                                                                                                                                             | Gestion des fèces : promotion de la construction des latrines.....                                         | 195        |
| 7.2.3.4.                                                                                                                                             | Valorisation des mesures endogènes de protection des sources d'eau.....                                    | 198        |
| 7.2.4.                                                                                                                                               | Suivi de la qualité des eaux de consommation.....                                                          | 199        |
| 7.2.5.                                                                                                                                               | Responsabilisation des populations.....                                                                    | 200        |
| 7.2.6.                                                                                                                                               | Amélioration des conditions de vie des populations.....                                                    | 202        |
| 7.2.7.                                                                                                                                               | Amélioration des méthodes endogènes de traitements de l'eau.....                                           | 203        |
| 7.2.8.                                                                                                                                               | Traitement des maladies liées à l'eau de consommation.....                                                 | 204        |
| 7.3-                                                                                                                                                 | SYNTHESE ET CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE.....                                                         | 205        |
| <b>CONCLUSION .....</b>                                                                                                                              |                                                                                                            | <b>206</b> |
| BIBLIOGRAPHIE.....                                                                                                                                   |                                                                                                            | 211        |
| LISTE DES TABLEAUX.....                                                                                                                              |                                                                                                            | 229        |
| LISTE DES FIGURES.....                                                                                                                               |                                                                                                            | 231        |
| LISTE DES PHOTOS.....                                                                                                                                |                                                                                                            | 234        |
| LISTE DES ENCADRES.....                                                                                                                              |                                                                                                            | 236        |
| ANNEXES .....                                                                                                                                        |                                                                                                            | 237        |
| TABLE DES MATIERES.....                                                                                                                              |                                                                                                            | 261        |