



## **EAUX CONDITIONNEES EN SACHETS : QUELS RISQUES D'EXPOSITION DES POPULATIONS DU DISTRICT D'ABIDJAN ?**

***BLE L. O.\*<sup>1</sup>, SORO T. D<sup>1</sup>., DJE K. B.<sup>2</sup>, DEGNY G. S.<sup>3</sup>, BIEMI J.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> Département des Sciences et Techniques de l'Eau et du Génie de l'Environnement (DSTÉG E), UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup> Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), Université de Cocody, 22 B.P. 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

<sup>3</sup> Laboratoire des eaux d'Institut National d'Hygiène Publique (INHP), ministère de la santé publique Côte d'Ivoire BP V14 Abidjan

*louanfr2000@yahoo.fr*

### **RESUME**

Depuis quelques années, on assiste à une prolifération des eaux conditionnées en sachets. Présentée à l'instar de produits manufacturés, cette nouvelle catégorie d'eau en sachets semble avoir l'assentiment de nombreux consommateurs.

Cette étude a pour objectif général, d'identifier les facteurs de risques associés à la consommation des eaux vendues en sachets dans le district d'Abidjan.

La méthodologie a consisté en une série d'échantillonnage et d'enquêtes sanitaires dans 11 fabriques d'eau conditionnées en vue d'examen au laboratoire.

80% des fabriques n'étaient pas dans les lieux adaptés et 20% seulement étaient des entreprises bien équipées. Quant à la chaîne de production, elle ne respecte pas les bonnes pratiques de fabrication.

Les résultats ont également montré que les échantillons présentent une teneur acceptable en certains éléments chimiques tels que le nitrate, l'ammonium et les chlorures. Au niveau des paramètres microbiologiques, les analyses par la méthode de la membrane filtrante, ont révélé la présence de coliformes dans les échantillons d'eau dont 3 coliformes totaux et 2 coliformes thermotolérants.

Cela confirmait le mauvais état d'hygiène des fabriques et le non respect des bonnes pratiques de fabrication.

**Mots clés:** Coliformes, eau conditionnée, thermotolérants, emballage, district d'Abidjan

## **ABSTRAT**

Since a few years, we attend a proliferation of water conditioned in bag. Presented following the example of manufactured goods, this new category of water in bags seems to have the approval of numerous consumers. This study has for objective dress rehearsal, to identify the risk factors associated to the consumption of waters sold in bags in the district of Abidjan. The methodology in consisted of a sanitary series of inquiries in 11 packaged factories of water and taking with the aim of examination in the laboratory.

80% of factories were not adapted place and 20% only were well equipped. For device structural, they did not allow to respect good manufacturing practice.

Our results also showed that samples present an acceptable content in certain chemical elements such as the nitrate, the ammonium and the chloride at the level of the microbiological parameters, analyses by the method of the filtering membrane, revealed the presence of coliformes in the samples of the water whith 3 coliformes totals and 2 coliformes thermotolerants. It confirmed the bad state of hygiene of factories and no compliance with good manufacturing.

**Keywords:** Coliformes, packaged water, thermotolerants, packaging, district of Abidjan.

## **INTRODUCTION**

La population du district d'Abidjan s'est accrue du fait de la crise socio-politique que connaît la Côte d'Ivoire (environ 5 millions d'habitants en 2010), (INS, 2010). L'utilisation domestique et industrielle des ressources en eau pèse lourdement sur les réserves disponibles. Environ 284 000 m<sup>3</sup>/jour d'eaux

souterraines étaient exploités pour satisfaire les besoins de la ville d'Abidjan en 2014. L'exploitation annuelle est passée de 56,7 millions de m<sup>3</sup> en 1985 à 103 millions de m<sup>3</sup> en 2002 et correspond à une croissance annuelle moyenne de 4,5% (SOCECI 2005). Les besoins en eau de consommation étaient estimés à 132 millions de m<sup>3</sup> à l'horizon 2010 contre 83 millions de m<sup>3</sup> en 1996 (SOGREAH.1996). A cette intense exploitation, s'ajoutent les risques de pollution de la nappe suite au rejet important de déchets industriels et domestiques dans l'environnement urbain.

De nos jours, plusieurs marques d'eaux conditionnées en bouteille et en sachet fabriquées localement et à l'extérieur inondent le marché d'Abidjan. A la faveur de la situation économique difficile, le commerce des eaux en sachet pour les populations démunies constitue une opportunité d'affaire rentable.

Le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique et le Ministère de l'Industrie se sont penchés sur la potabilité de ces eaux conditionnées et ont proposé diverses stratégies pour arriver à une gestion plus efficace des unités de production d'eaux conditionnées. Leurs activités se traduisent par la délivrance d'un certificat de salubrité chaque année aux entreprises ayant un cadre réglementaire.

Mais ces eaux conditionnées respectent-elles les normes requises ? Sont-elles réellement potables ?

La présente étude a été entreprise dans un souci de mieux connaître la potabilité des eaux conditionnées et appréhender les risques d'exposition des populations abidjanaises.

### **Cadre géographique de la zone d'étude**

Le District d'Abidjan sur lequel porte l'essentiel de ce travail, est situé au Sud de la Côte d'Ivoire. Il est localisé entre les latitudes 5°20 et 6°00 Nord et les longitudes 3°40 et 4°40 Ouest (Figure1). Il regroupe les dix communes de la ville d'Abidjan plus trois sous-préfectures (Bingerville, Songon et Anyama). D'une superficie de 2119 km<sup>2</sup> soit 0,6% du territoire national, le District d'Abidjan possède un périmètre d'environ 50 km sur 40 km autour de la ville d'Abidjan, avec un taux de croissance de 3,7% par an et une densité de population de 1 475 hab/km<sup>2</sup>.

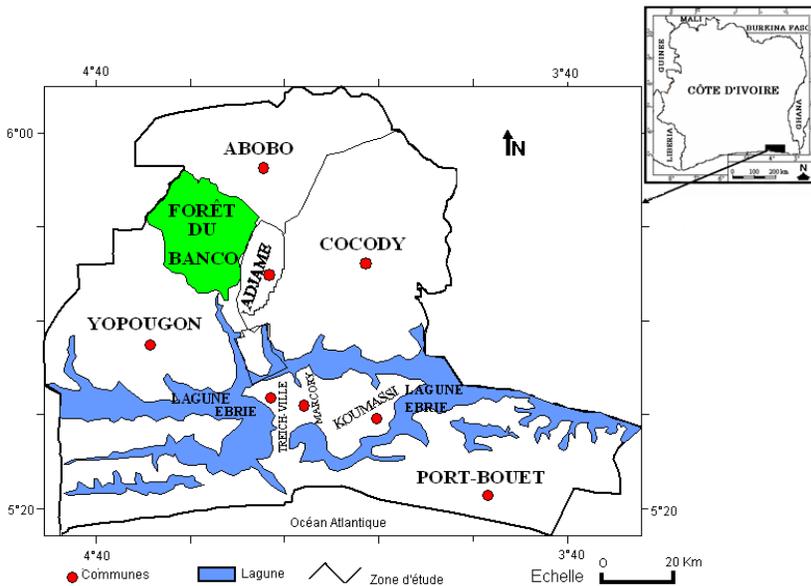


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

## MATERIEL ET METHODE

### Sites de prélèvement

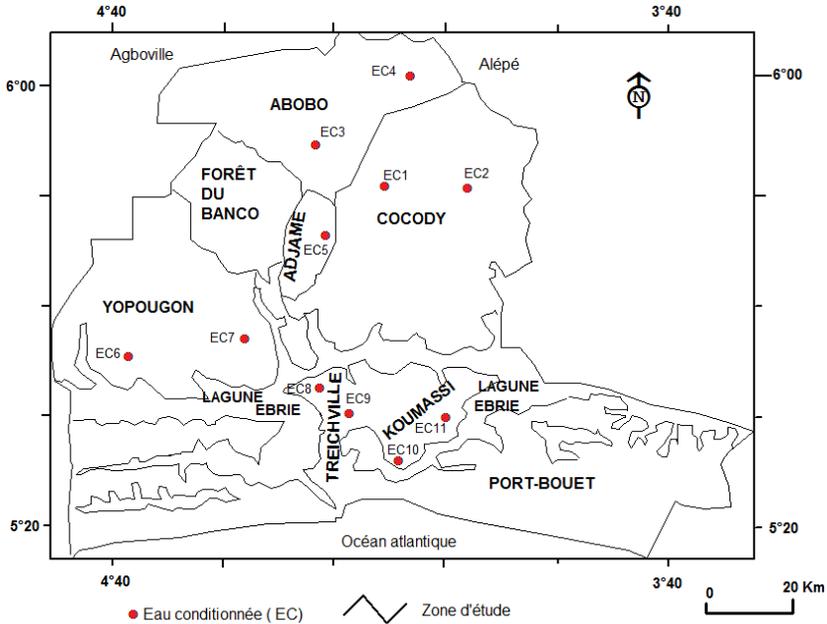
Nous avons prélevé 50 échantillons d'eau conditionnée dans 20 entreprises du district d'Abidjan au cours des visites de routine effectuées par l'Institut Nationale d'Hygiène Publique (INHP), mais seulement 11 entreprises suspectes (Figure 2) nous ont permis de suivre l'évolution annuelle des concentrations des différents paramètres physico-chimique, microbiologiques durant l'année 2013.

Notons que la répartition spatiale des points de prélèvement est très hétérogène, ce qui rend difficile la généralisation des informations analytiques acquises.

Pour mieux connaître la qualité des eaux conditionnées dans le District d'Abidjan, nous nous sommes intéressés aux différentes activités en amont (Tableau 1) et les sources d'approvisionnement des unités de production d'eau conditionnée. La plupart des entreprises utilisent l'eau du réseau de distribution

*Eaux conditionnées en sachets : quels risques d'exposition des populations du district d'Abidjan ?*

publique de la SODECI (Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire) comme matière première.



**Figure 2 :** Localisation des points de prélèvement des eaux conditionnées

**Tableau 1 :** Activités en amont des points de prélèvement des eaux conditionnées

Nom des échantillons	Localité	Activité en amont
EC1: "la rosée"	Cocody	Zone urbaine
EC2: "la source"	Cocody	Zone urbaine
EC3: "TB"	Abobo	Zone urbaine et agricole
EC4: "eau ivoire"	Abobo	Zone urbaine
EC5: "Dji"	Adjamé	Rejets urbains
EC6: "eau de vie"	Yopougon	Zone industrielle
EC7: "Amina"	Yopougon	Zone urbaine
EC8: " Broda"	Treichville	Zone urbaine
EC9: " eau mi-dji"	Treichville	Zone urbaine
EC10: "eau nature"	Koumassi	Zone industrielle
EC11: "le rocher"	Koumassi	Zone urbaine

Dans le cadre de son programme de suivi des unités de production d'eau conditionnée, l'INHP prévoit des prélèvements en juin, juillet et août de chaque année. Ces prélèvements ont lieu à différents endroits de la chaîne de production. Ces prélèvements sont faits en suivant la démarche Hazard Analytic Critical Control Point (HACCP) ou Analyse des risques aux points critiques.

Les temps de prélèvement diffèrent des heures d'analyse. C'est après avoir fait les différents prélèvements sur le terrain, que les échantillons sont acheminés au laboratoire pour être analysés. Les temps d'analyse ne diffèrent pas d'un échantillon à un autre. Tous les échantillons sont analysés en même temps, mais les temps de prélèvement diffèrent d'un point critique à un autre.

### **Matériel de conditionnement des eaux**

Les matières plastiques sont des composés macromoléculaires organiques de type hauts polymères. D'une manière générale, les hauts polymères ont une grande inertie chimique. Mais certaines conditions telles que l'oxygène, la chaleur, les rayons ultraviolets, la lumière peuvent favoriser leur dégradation. En Côte d'Ivoire, les sociétés de fabrication de matière plastique d'Abidjan utilisent comme matière première pour les sachets d'eau le polyéthylène.

Le polyéthylène a une densité de  $0,922\text{g/m}^3$  et est encore appelé polyéthylène haute pression. Il est obtenu par polymérisation de l'éthylène ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) sous des pressions très élevées de l'ordre de 1200 atmosphères et des températures comprises entre  $150^\circ\text{C}$  et  $250^\circ\text{C}$ , en présence de trace d'oxygène (0,01%). On obtient ainsi de hauts polymères solides dont le poids s'échelonne entre 10000 et 30000 daltons. Les polymères se présentent sous forme de granulés branchés flexibles et translucides livrés par des fournisseurs étrangers.

Les procédés de mise en forme les plus utilisés en Côte d'Ivoire sont l'injection et le moulage par compression. Pour la fabrication des sachets d'eau, le polyéthylène est utilisé seul, sans anti-oxydant. Les sachets d'eau sont alors de qualité alimentaire. Ils peuvent être utilisés pour conditionner l'eau.

### **Méthode d'inspection sanitaire**

Les entreprises ont été sélectionnées à partir de la liste obtenue auprès de l'INHP. Les questions retenues sont : le nom commercial du produit, le nom de l'entreprise, le quartier d'origine, la composition physico-chimique du produit,

la date de fabrication et la date de péremption, la source d'eau et le port de gants.

### **Circuit de distribution des eaux en sachets**

Le business de l'eau en sachets s'est répandu comme une traînée de poudre dans le district d'Abidjan. A Abidjan, même s'il existe encore un vide juridique à ce sujet, la commercialisation de l'eau exige des autorisations des ministères de tutelle, mais surtout des tests approfondis pour garantir l'innocuité de l'eau avant qu'elle ne soit mise sur le marché. De nombreux « micro entrepreneurs » ont investi les rues d'Abidjan revendant à 25F ou 50F CFA un sachet. Toutefois, ces revendeurs opèrent souvent en toute illégalité, sans l'agrément de l'Etat. La vente et la distribution des sachets se fait dans des conditions plus que précaires : des sachets entassés en plein soleil à l'arrière d'un pick-up (Figure 3), entreposés à même le sol, ou empilés dans le coffre d'une voiture approvisionnent le réseau de boutiques de la capitale abidjanaise.



**Figure 3** : Transport de l'eau en sachet à Abidjan

Pour lutter contre ce fléau quasi incontrôlable, le gouvernement de Côte d'Ivoire, avait pris la mesure drastique d'interdire la vente de ces eaux en sachets en septembre 2013. Une mesure qui a vite cédée devant la pression populaire. Mais ce coup de pied dans la fourmilière aura au moins eu l'avantage

d'inquiéter les opérateurs et de pousser certains à se conformer aux règles élémentaires d'hygiène et de santé publique.

### **Méthode d'analyse chimique**

Les échantillons prélevés sont tenus au frais et à l'abri de la lumière, de préférence à une température de 4 °C et doivent être analysés au laboratoire au plus tard dans les trois heures qui suivent le prélèvement. Les cinquante (50) échantillons ont été prélevés dans les communes d'Adjamé, Yopougon, Abobo, Koumassi, Cocody et Treichville au cours du "projet potabilité des eaux conditionnées" initié par le Ministère de la Santé Publique piloté par l'INHP.

Les ions  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{Cl}^-$  ont été analysés par la méthode de spectrophotométrie appelée aussi colorimètre au laboratoire des eaux de l'Institut National d'Hygiène Publique (l'INHP). Dans cette étude nous avons utilisé le spectrophotomètre d'absorption moléculaire le HACH500. Cet appareil peut être précalibré pour plus de 120 mesures différentes. Après ajout du réactif approprié et agitation énergétique pendant 1mn, la solution se repose pendant 5 à 20 mn et on obtient un dépôt d'intensité proportionnelle à la concentration de l'élément recherché. Enfin, on procède à la mesure de la densité optique au spectrophotomètre après avoir réalisé l'étalonnage à partir d'une solution témoin désionisée.

Les résultats des essais et leur interprétation seront valables et significatifs si l'échantillon soumis est représentatif du lot et que l'intégrité du produit est assurée depuis le prélèvement jusqu'à l'analyse.

L'intégrité du produit est assurée si l'échantillon ne contient pas de bulles d'air et est à 4°C. L'analyse peut ainsi commencer en disposant les tubes à essai en fonction des paramètres recherchés. Ensuite on introduit le réactif dans le tube en fonction du paramètre recherché et on attend le temps d'incubation. Le temps d'incubation est le temps qu'il faut pour que la réaction soit totale. Ce temps d'incubation est fonction des paramètres recherchés. La lecture au spectrophotomètre est faite quand la réaction est totale.

## **Méthode d'analyse microbiologique**

Le délai maximal admissible pour l'analyse microbiologique est de 48 heures après le prélèvement. L'échantillon doit être protégé contre les effets de la température par une conservation dans un réfrigérateur pendant le transport. Il est recommandé que les entonnoirs et supports soient lavés et stérilisés aux rayons ultraviolets après toute série d'analyse ou d'interruption de travail supérieure à 15 minutes. L'analyse microbiologique utilise la technique de la membrane filtrante ou la technique du Colilert 18 au laboratoire de l'INHP.

Pour l'analyse microbiologique, nous avons utilisé la technique de la membrane filtrante. Elle consiste à déterminer le nombre de coliformes présents dans l'eau de boisson en filtrant un volume déterminé d'échantillon. Cette analyse consiste à filtré 100 ml d'eau à travers une membrane généralement faite d'esters cellulosiques ayant des pores de diamètre uniforme égal à 0,45 µm. Les bactéries présentes dans l'échantillon sont retenues à la surface de la membrane, dans une boîte de pétrie et l'ensemble est déposé sur un milieu approprié contenant du lactose, puis mis à incubation à une température appropriée. Toutes les colonies qui se développent sont dénombrées comme coliformes totaux ou coliformes thermotolérants selon la température d'incubation (Equations 1 et 2).

$$\% \text{ de confirmation des coliformes totaux} = \frac{\text{Nombres de colonies jaunes dénombrées}}{\text{Volume d'échantillons analysé}} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ de confirmation des E.Coli} = \frac{\text{Nombres de colonies fluorescentes(bleues) dénombrées}}{\text{Volume d'échantillons analysé}} \times 100 \quad (2)$$

## **Procédé de conditionnement**

A partir d'un robinet d'où coule l'eau d'adduction, est installé un réseau de tuyau. Les eaux passent à travers une série de filtres et une lampe ultraviolet, puis sont distribuées dans plusieurs postes (généralement trois ou quatre postes) de travail. Le poste de travail constitué d'un robinet, et d'une machine de scellage permet la confection des sachets (Figure 4).

Au niveau de l'unité de conditionnement nous avons :

- La lampe ultraviolet (UV),
- Les filtres à mailles de différentes granulométries,
- Les filtres à charbon,

- Les filtres de sédimentation.

Les filtres sont installés par mailles décroissantes. Particulièrement, le filtre à charbon élimine toute odeur de l'eau. La sédimentation permet de laisser se déposer le floc décantable et donc de diminuer la concentration des solides en suspension. La lampe ultraviolette détruit les traces de chlore résiduel et les bactérie dans l'eau.



**Figure 4 :** Procédé automatique d'emballage (Cocody)

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Résultat de l'inspection sanitaire

Les facteurs contribuant à la définition de l'environnement de production des eaux conditionnées sont : l'hygiène du bâtiment, le mode d'approvisionnement de l'eau utilisée, l'entretien du matériel de stockage de l'eau et le lieu de stockage du produit fini. Les effets des facteurs mentionnés ci-dessus sur l'état des entreprises d'eau conditionnée sont résumés dans le (Tableau 2).

Les éléments de contamination sont ingérés dans les sachets d'eau quand les conditions d'hygiène sont insuffisantes et entraînent des maladies comme le choléra.

En ce qui concerne les entreprises visitées, les salles de machine se trouvent dans la cuisine de l'habitat. Les entreprises qui se trouvent dans des marchés ou dans des maisons ne sont pas en dur, surtout dans les bas quartiers de

Treichville, Koumassi et Adjamé. La superficie de la salle de production est environ 5m<sup>2</sup>, ce qui en fait une salle encombrée. De plus, ces fabriques manquent d'aération et il y fait très chaud par moment. L'unité de production n'est constituée que d'une pièce qui est à la fois salle de production et salle de stockage des sachets d'eau dans les quartiers de Yopougon et Adjamé.

**Tableau 2** : Description des facteurs influençant la qualité des unités de production

<b>Facteurs</b>	<b>Environnement physique de l'unité de production</b>
Hygiène environnemental du bâtiment	Présence de source de nuisance tels que les eaux stagnantes, la broussaille, des coffrets à ordures
Mode d'approvisionnement de l'eau utilisée	Stockage d'eau dans des fûts, des citernes souvent un à deux jours pour remédier aux éventuelles coupures d'eau
Entretien du matériel de stockage d'eau	Le matériel de stockage est lavé une fois par jour
Stockage du produit fini	Le produit fini est stocké à même le sol et sur des tables

**Tableau 3** : Répartition du nombre d'échantillon par type d'eau conditionnée

Nom des échantillons	Nombre(N)	Pourcentage
la rosée"	3	12%
"la source"	4	10%
"TB"	6	12%
"eau ivoire"	6	08%
"Dji"	5	10%
"eau de vie"	5	10%
"Amina"	5	08%
"Broda"	5	06%
"mi-dji"	4	08%
"nature"	3	10
"le rocher"	4	06%
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>

Les unités de production étaient subdivisées en trois groupes, selon leur méthode de production. La méthode la plus utilisée était la méthode manuelle. La méthode automatique a été observée dans les entreprises "la Rosée" et "eau Nature". La majorité des dispositifs de production comportait des filtres avant la machine de production, ainsi qu'avant et après les cuves de réserve d'eau quand le système de production en contenait. Le nombre d'échantillon par unité de production (Tableau 3), était fonction de l'état d'hygiène de la fabrique. Les entreprises qui ne respectent pas les normes d'hygiène, les prélèvements étaient plus importants à leur niveau. Le non-respect des règles élémentaires de salubrité constitue donc la source principale d'introduction de micro-organismes dans l'eau de boisson. 80% des fabriques d'eau conditionnée n'étaient pas dans des lieux adaptés et 20% seulement étaient des entreprises bien équipées.

### **Résultat de la qualité des eaux de la SODECI**

L'alimentation en eau potable de la population est assurée par les eaux souterraines. Dans la ville d'Abidjan et ses environs, on y rencontre de nombreux forages profonds qui captent la nappe du Continental Terminal. Ils produisent des débits importants de l'ordre de 100 m<sup>3</sup>/h à 200 m<sup>3</sup>/h. Ces débits peuvent avoisiner pour certains forages 300 m<sup>3</sup>/h (Zone Nord). Ces forages caractérisent les réseaux d'adduction en eau potable de la ville d'Abidjan. Dans les grands réseaux de distribution, l'absence de bactéries coliformes peut être garantie par le maintien du chlore résiduel dans le réseau de distribution. Dans cette étude, nous n'avons prélevé et analysé que les eaux conditionnées. Les résultats ont été comparés avec ceux du réseau public.

### **pH des eaux d'adduction du district d'Abidjan**

Le pH des eaux d'adduction du réseau public varie de 6 à 7,9. L'étude des variations du pH des eaux de boisson permet de mieux connaître le caractère corrosif ou incrustant de celles-ci, caractères responsables des dommages qui peuvent être causés au système de captage et provenant des interactions complexes entre le pH et d'autres paramètres tels que la matière organique. De façon générale, toutes les eaux ont un pH inférieur à 8, le réseau Adjamé présente la plus petite valeur de pH (6,1), tandis que la valeur la plus élevée (7,18) est observée dans les réseaux Zone Nord et Anonkoua-Kouté (7,11). Mais d'une façon générale le pH, est resté proche de 7.

### **Concentration en nitrates des eaux d'adduction d'Abidjan**

Dans les quartiers fortement urbanisés d'Abidjan (Adjamé, Yopougon), le nitrate proviendrait des rejets des eaux usées et de matières organiques. Aussi, le vieillissement des ouvrages de captage nous amène à penser que les équipements de transport d'eau ne sont plus efficaces. Par conséquent, les eaux des réseaux deviennent vulnérables à la pollution organique.

Les stations d'Anonkoua Kouté, Nord Riviera et de Riviera Centre présentent les plus faibles taux de nitrates (Tableau 4). La concentration en nitrate est de 0,4mg/L dans le réseau d'Anonkoua Kouté contre 0,3mg/L dans le réseau Riviera. La concentration maximale admissible par l'OMS est de 50mg/L.

### **Concentration en chlorures des eaux d'adduction d'Abidjan**

Les teneurs en chlorures varient de 11,71 mg/L dans le réseau Nord Riviera à 21,68 mg/L dans le réseau d'Adjamé, la concentration maximale en ions chlorures est de 50 mg/L. Nous envisageons comme origine des ions chlorures, une pollution domestique et une corrosion des canalisations desservant les réseaux situés sur le bassin sédimentaire côtier et la dissolution des amas de sels ou une intrusion d'eau saumâtre dans le forage.

### **Concentration en ammonium des eaux d'adduction d'Abidjan**

La concentration limite d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) de l'eau de boisson recommandée par les normes internationales est de 1,5 mg/L. Les teneurs observées du fait de leur valeur supérieure ou égale à (10,88 mg/L) dans le réseau Adjamé nécessitent une attention particulière.

### **Origine des marqueurs de pollution dans les eaux de la SODECI**

L'abondance des ions  $\text{NH}_4^+$  (Tableau 4) dans l'eau de boisson est surtout nuisible à la santé. La nuisance liée à l'ammonium résulte essentiellement de sa capacité à favoriser le développement des bactéries, la croissance des matières en suspension et la modification de la couleur de l'eau. Ce cas concerne surtout les réseaux Zone Nord et Adjamé qui sont assez riches en ammonium et en ions chlorures dont les valeurs respectives sont : 10,88mg/l et 21,68 mg/l. Ces eaux

portent probablement des traces d'une pollution anthropique. Toutefois, les eaux d'adduction de la commune d'Abidjan montrent des teneurs inégales en nitrates, en ammonium et en chlorures. La prédominance des chlorures parmi les espèces anioniques est caractéristique de la pollution domestique. Comme dans de nombreuses stations côtières, les embruns marins sont les sources de chlorures des eaux souterraines.

Les traitements apportés par la SODECI à la sortie du forage et dans les stations de traitement permettent la consommation de l'eau de robinet mais n'excluent pas la présence de résidus et autres molécules à l'état de trace. Ces concentrations importantes en ions chlorures, nitrates et ammonium des eaux du réseau d'Abidjan les distinguent fondamentalement des eaux conditionnées.

**Tableau 4 :** Evolution des paramètres physico-chimiques dans les réseaux d'adduction

Réseau	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Adjamé	6,725	25,68	21,68	10,88
Zone-Nord	7,18	8,78	21,5	0,08
Zone-Ouest	6,18	8,74	16,87	0,27
Yopougon	6,92	8,55	17,51	2,03
Anonkoua-Koute	7,11	0,4	18,35	0,22
Rivière-Centre	6,98	0,3	12,95	0,07
Rivière-Nord	6,88	4,28	11,71	0,24
Valeur OMS	6,5-8,5	50	250	1,5

### Résultat de la qualité chimique des eaux conditionnées du district d'Abidjan

Le nombre d'échantillons à prélever est fonction de l'entreprise. Plus l'entreprise est grande, plus le nombre d'échantillon prélevé est élevé. Les échantillons "la Rosée", "Amina" et "la Source" ont été prélevés à différents points critiques. Les points critiques sont des lieux exposés à une éventuelle contamination dans la chaîne de conditionnement. Ces points critiques sont :

- la première sortie d'eau (robinet) ;
- après la lampe UV ;

- le remplissage ;
- le scellage ;
- le produit stocké ;

"la Rosée", "Amina" et "la Source" dont les valeurs des paramètres physico-chimiques sont données dans les (Tableau. 5, 6 et 7) ont attiré notre attention dans cette étude. Ces eaux, les plus appréciées par les populations abidjanaises, diffèrent les unes des autres par rapport à quelques éléments comme le pH et les ions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{Cl}^-$ .

**Tableau 5 :** Qualité physico-chimique de l'eau "la Rosée" (05/2/2013)

<b>Caractéristiques</b>	<b>10h</b>	<b>10h10mn</b>	<b>10h25mn</b>
Echantillons	1*	2*	3*
Code échantillon	07/186c	07/187c	07/188c
$\text{Ca}^{2+}$ (mg/L)	49	27	24
$\text{Mg}^{2+}$ (mg/L)	1,9	0,1	1,8
$\text{K}^+$ (mg/L)	3,5	1,4	2,5
$\text{Na}^+$ (mg/L)	17,6	12	10
$\text{HCO}_3^-$ (mg/L)	102	127	130
T°C	28,1	27	28,1
pH	4,1	5,9	4,8
$\text{NO}_3^-$ (mg/L)	0,5	0,4	0,4
$\text{NO}_2^-$ (mg/L)	0	0	0,01
$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	0,06	0,06	0,07
$\text{Cl}^-$ (mg/L)	4,9	5,1	5
DHT	5	125	120
TAC	5	150	155
Fe (mg/L)	0	0	0
CT	0	0	0
CHT	0	0	0

1\*: la sortie du robinet

2\*: après la lampe UV

3\*: produit stocké

**Tableau 6 : Qualité physico-chimique de l'eau "Amina" (05/02/2013)**

<b>Caractéristiques</b>	<b>12h05mn</b>	<b>12h07mn</b>	<b>12h18mn</b>	<b>12h23mn</b>	<b>12h55mn</b>
Echantillons	1*	2*	3*	4*	5*
Code échantillon	07/041c	07/042c	07/043c	07/0444c	07/045c
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	56,7	56	55	56	56
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	2,7	2,7	2,6	2,5	2,7
K <sup>+</sup> (mg/L)	4,3	4,2	4,2	4	4,2
Na <sup>+</sup> (mg/L)	21,5	21	21	22	21
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	216	216	215	215	216
T°C	28,32	28,7	29,5	31,5	30,2
pH	7	6,9	6,9	8	7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,06	0	0	0	0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	0,25	0,25	0,28	0,25	0,25
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	9,3	7,7	8,4	8,2	7,9
DHT	110	125	135	120	135
TAC	190	200	205	180	200
Fe(mg/L)	0	0	0	0	0
CT	0	0	0	0	0
CHT	0	0	0	0	0

1\*: la sortie du robinet      2\*: après la lampe UV      3\*: remplissage      4\*: scellage  
5\*: produit stocké

**Tableau 7 : Qualité physico-chimique de l'eau "La Source" (05/2/2013)**

<b>Caractéristiques</b>	<b>10h</b>	<b>10h10mn</b>	<b>10h25mn</b>	<b>10h35mn</b>
Echantillons	1*	2*	3*	4*
Code échantillon	06/029c	06/030c	06/031c	06/032c
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	2	1,2	1,8	1,9
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	0,36	1,6	0,4	0,8
K <sup>+</sup> (mg/L)	0,2	0,16	0,7	0,3
Na <sup>+</sup> (mg/L)	1,4	1	1,3	1,1
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	2,44	2,7	2,2	2
T°C	28,2	25,9	27,9	28,2
pH	4,2	4,5	4,2	4,2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,34	0,34	0,34	0,34
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	0,02	0,05	0,05	0,02
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	5,32	5,32	5,32	5,32
DHT	0	0	0	0
TAC	15	5	10	15
Fe(mg/L)	0,06	0,06	0,06	0,06
CT	0	0	0	0
CHT	0	0	0	0

1\*: la sortie du robinet      2\*: après la lampe UV      3\*: remplissage      4\*: scellage

Le pH varie de 6,9 à 8 dans l'eau "Amina" avec une moyenne de 7,6 contre 4,2 à 4,5 dans l'eau "la Source" avec une moyenne de 4,2 et de 4,1 à 5,9 dans l'échantillon "la Rosée" avec une moyenne de 4,9 (Tableau 7).

Toutefois, la plus petite valeur de pH (4,1) n'a été enregistrée que dans l'échantillon "la Rosée". Les concentrations des ions  $\text{NO}_3^-$  sont légèrement élevées dans "la Rosée" (0,5mg/L et 0,4 mg/L). Les ions  $\text{NH}_4^+$  dont les teneurs varient de 0,25 à 0,28 mg/L, dans les échantillons d'eau "Amina" constituent les éléments négligeables. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) avec des teneurs de 7,7 à 9,3 mg/L dans "Amina", 5,3 mg/L dans "la Source" et de 4,9 à 5,1 mg/L dans "la Rosée" sont des éléments indésirables. Les concentrations en  $\text{Ca}^{2+}$  varient de 55 à 56,7mg/L dans "Amina" et de 1,2 à 2mg/L dans "la Source", alors que la valeur admissible selon l'OMS est de 60mg/L. L'eau "la Source" est particulièrement extraite d'un forage d'une profondeur de 200m. Le terrain de recouvrement du forage d'eau est une terre arable de 0,5 m d'épaisseur coiffant un niveau latéritique rouge à concrétion d'argiles d'épaisseur d'environ 22m. Le niveau sec du forage est constitué de sables à grains moyens, de sable argileux et de sables grossiers.

## **Résultat de la qualité bactériologique des eaux en sachets**

Parmi les 50 échantillons d'eaux conditionnées collectés au cours de l'inspection, 11 ont attirés notre attention. Ces sachets collectés présentent des concentrations anormales de coliformes dont 3 Coliformes Totaux (CT) et 2 Coliformes Thermotolérants (CTH) (Tableau 8). Les CT sont observés à 37°C alors que les CTH sont observés à 44°C. Les CTH sont donc plus résistants que les CT.

**Tableau 8 :** Comparatif des paramètres bactériologiques avec le chlore résiduel dans 11 échantillons d'eau en sachet du district d'Abidjan (05/02/2013)

Nom (eau conditionnée)	Unités	pH	$\text{Cl}_2$ (mg/L)	CT	CTH
Eau Nature	ufc/100ml	6,6	0,15	0	0
Eau Ivoire	ufc/100ml	7,3	0	1	0
Eau Amina	ufc/100ml	6,6	0,13	0	0
Eau Mi-dji	ufc/100ml	7	0,10	0	0
Eau Broda	ufc/100ml	6,8	0,02	1	1
Eau Dji	ufc/100ml	6,8	0,16	0	0
Eau Eva	ufc/100ml	6,8	0,01	0	0
Eau de Vie	ufc/100ml	5,3	0,15	0	0
Eau la Source	ufc/100ml	7	0	1	0
Eau TB	ufc/100ml	5,9	0,01	0	1
Eau la Rosée	ufc/100ml	6,8	0,16	0	0

CT: Coliformes Totaux  
 CTH: Coliformes Thermotolérants (*E. Colis*)  
 Cl2: chlore résiduel  
 ufc: Unité de coliforme

### Résultat de la désinfection au rayon UV

Il n'y a aucun micro-organisme connu résistant à l'ultraviolet(UV). L'UV est connu pour être fortement efficace contre des bactéries, des virus, des algues. Dans la pratique, les bactéries et les virus sont la cause de nombreuses maladies pathogènes transportées par les eaux. Nos investigations ont montré que certaines lampes UV ne fonctionnaient pas très bien dans certaines entreprises d'où la présence de coliforme dans des sachets d'eau.

Pour un pH compris entre 2 et 6, les eaux conditionnées "eau Ivoire", "eau Broda" et "eau la Source" ont un pourcentage de traitement bas compris entre 20 et 40%. Par ailleurs les eaux "Amina" "eau Dji" et "eau TB" sont relativement bien traités (Figure 5).

Pour une température comprise entre 27 et 35°C, les eaux conditionnées du district d'Abidjan ont un degré de traitement suffisant 60 à 80%.

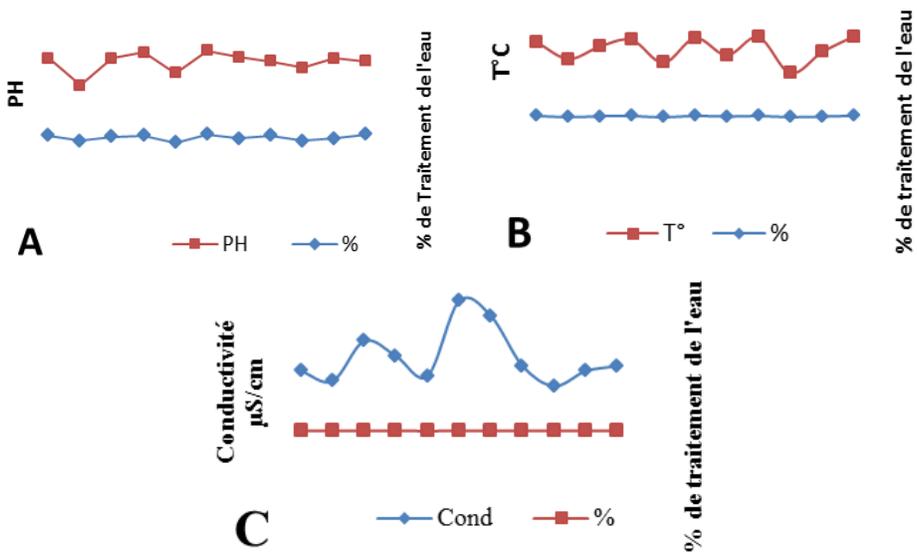


Figure 5 : A ; B et C, représentent l'évolution du traitement des eaux conditionnées en fonction des paramètres physico-chimiques

## **Relation entre les eaux de la SODECI et les eaux conditionnées**

Les eaux conditionnées sont généralement acides à neutres puisque, la valeur du pH est comprise entre 4,1 à 5,9. Le nitrate a observé une diminution de sa teneur au niveau des eaux conditionnées. La valeur la plus élevée dans ces eaux conditionnées était de 0,34/l dans l'échantillon la "Source" alors que la valeur la plus élevée observée dans les eaux d'adduction était de 25,68 mg/l dans le réseau d'Adjamé. Les chlorures ont enregistré une baisse de leur teneur, puisque la valeur est passée de 21,68 mg/l dans les eaux d'adduction à 4,9 mg/l dans l'échantillon la "Rosée". La teneur en ammonium est passée de 10,88 mg/L dans les eaux d'adduction à 0,02mg/l dans l'échantillon la "Source".

L'altération de la qualité de l'eau d'adduction peut parfois être la conséquence d'une mauvaise conception des réseaux. Les cas les plus fréquents sont les cas de mauvais dimensionnement des canalisations, le surdimensionnement se traduit par des stagnations longues de l'eau favorisant la corrosion et la formation de dépôts dans les conduites. L'eau d'adduction est distribuée à grande échelle mais reste l'eau de qualité acceptable.

## **Caractéristiques et intérêt des eaux conditionnées du district d'Abidjan**

L'industrie des eaux conditionnées est un secteur en rapide expansion dans le district d'Abidjan. La demande a progressé au point qu'il y a maintenant plusieurs marques d'eau conditionnée en vente à Abidjan (INHP, 2007). Divers facteurs expliquent la popularité de ces eaux. De nos jours, les populations se tournent vers les eaux conditionnées parce qu'elles préfèrent le goût à celui de l'eau de robinet ou pensent que les eaux conditionnées sont plus pures et sont soigneusement traitées. Avant d'emprunter le réseau de distribution et de parvenir jusqu'au robinet du consommateur, les eaux de la SODECI sont majoritairement traitées pour répondre aux différents paramètres qui définissent les normes de potabilité. Les traitements apportés sont la filtration et la chloration. La chloration permet la neutralisation des microbes présents dans l'eau de boisson.

De la fabrication jusqu'à la consommation, l'eau conditionnée peut se contaminer de diverses manières. Elle peut l'être soit par la manipulation soit par la conservation puisque les sachets sont dans des dépôts pendant des semaines avant d'être écoulés dans les lieux de commercialisation.

## Résultat du risque sanitaire des emballages plastiques

Les plastiques sont des matériaux qui sont difficilement décomposés par les micro-organismes donc non biodégradables. Considérés comme une révolution industrielle, la matière plastique soulève aujourd'hui un véritable problème environnemental pour notre société. Elle est le symbole de la société de consommation. Assimilable à un produit «jetable» après usage, les eaux conditionnées sont devenues le quotidien des populations abidjanaises. L'influence de la chaleur, il se produit des migrations chimiques entre le contenant et le contenu, conférant à l'eau un goût et une odeur inhabituels (Kouadio Luc, 2010). Les packs de sachets d'eau ne devraient donc pas être stockés dans des lieux surchauffés ou en plein soleil, comme il est encore de pratique courante aux abords de certaines grandes surfaces à Abidjan (Figure 6).

Les micro-organismes (bactéries, spores, levures, virus, etc) jouent un rôle très important dans la contamination au niveau des industries de production d'eau conditionnée. Ces micro-organismes provenant du sol, de l'eau, de l'homme, des animaux et des plantes utilisent l'air comme support. Cependant ces désordres peuvent être évités si l'eau est consommée dans l'intervalle de la date de validité.



**Figure 6 :** Stockage des sachets d'eau dans une dépendance à Yopougon

## Risque d'exposition des populations

Une eau de boisson saine est un impératif, car nombreux sont les effets indésirables, les risques liés à la présence en solution d'éléments de contamination et surtout les maladies hydriques inévitables que l'on peut contracter lorsque l'eau est impropre à la consommation ou longtemps stockée dans des fûts (Figure 7). Le choléra, la typhoïde et les ascariases sont des

exemples classiques bien que l'eau contaminée ne soit pas la seule cause de ces maladies.

L'organisation mondiale de la santé (OMS) fixe à 0 coliforme pour 100 ml d'eau, le nombre de coliformes maximal admis dans les eaux de boisson.

La classification des eaux en fonction de la quantité de coliformes contenus dans celles-ci établie par l'OMS en 1992 met en évidence trois classes :

- classe I : eau de bonne qualité ; le nombre de coliformes est égale à 0 coliformes/100 ml ;
- classe II : eau moins bonne ; le nombre de coliformes est compris entre 10 à 100 coliformes/100 ml. Cette eau est polluée et ne doit être utilisée qu'après un traitement approprié
- classe III : eau de mauvaise qualité ; dans ce type d'eau, le nombre de coliformes est supérieur à 100.



**Figure 7 :** Matériels de stockage d'eau à Abobo

## **DISCUSSION**

Les analyses bactériologiques réalisées au laboratoire de microbiologie de l'INHP ont donné des résultats qui attirent notre attention. L'examen de la qualité microbiologique de l'eau est effectué au moyen de microorganismes indicateurs constitués des coliformes totaux et thermotolérants, les germes pathogènes comme le *Vibrio cholerae* sont généralement associés à ces microorganismes.

Au cours de cette analyse, il faut souligner que nous avons détecté 3 coliformes totaux et 2 coliformes thermotolérants sur les échantillons d'eaux conditionnés analysés. Si l'on tient compte des résultats précédents, on ne peut s'empêcher d'évoquer une contamination accidentelle des échantillons d'eau en aval lors du conditionnement. Cette contamination des échantillons soulève la question des maladies hydriques en Côte d'Ivoire.

En ce qui concerne les maladies hydriques, la pénurie et la mauvaise qualité de l'eau sont les causes principales de ces maladies et du taux de mortalité élevé dans le district d'Abidjan (Afrikeco, 2005).

Le phénomène des eaux conditionnées n'est pas récent. Une étude menée (Ekra, 1993) avait mis en évidence l'intérêt socio-économique de ces eaux conditionnées. Son étude a montré que les eaux conditionnées constituent une source de revenu et d'accès facile à l'emploi. Cependant, son essor a été freiné non seulement par sa qualité hygiénique déplorable mais aussi par les difficultés d'automatisation du processus de fabrication.

Depuis une décennie, une nouvelle forme de technologie à moindre coût a permis l'automatisation et l'ensachage. Plusieurs personnes ont saisi cette opportunité d'affaire pour constituer des entreprises de production informelle.

Ce travail vient en complément d'études antérieures faites sur les eaux conditionnées. Il montre que les eaux contenant des bactéries exposent les populations aux maladies hydriques notamment les affections gastro-intestinales. Nos résultats ont aussi montré que 80 % des unités de production d'eau conditionnées non minérales exercent dans l'informel, 20% des équipements sanitaires étaient salubres. Ces résultats sont conformes (Mangoua, 2007). En effet ses travaux ont montré que 89% des fabriques d'eau conditionnée se trouvaient dans des lieux d'habitation et 11% étaient des entreprises bien équipées. Cette option s'accommode avec la rareté des laboratoires d'analyse et de surveillance de la qualité des eaux conditionnées.

## **CONCLUSION**

Il ressort de notre étude que les eaux conditionnées non minérales en sachets demeurent un problème sanitaire, malgré les nouvelles technologies de fabrication, du fait d'un manque de sensibilisation et d'informations des consommateurs et d'un cadre réglementaire mal défini. Au total, les risques de

contraction d'une maladie hydrique ne sont pas maîtrisés depuis la production jusqu'au consommateur.

La réglementation de l'OMS sur les eaux de consommation publique impose la recherche d'indicateurs de contamination fécale (l'*Escherichia Coli*) en général. Selon cette réglementation, l'eau conditionnée ne doit comporter aucune de ces bactéries. La présence des coliformes dans l'eau de consommation publique indique une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau. Cette dégradation due principalement aux conditions de manipulation des sachets est confirmée par la présence de germes indicateurs de pollution dans certains sachets d'eau.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- AFRIKECO (2005). Situations des eaux de consommation en Afrique, archives de documents de la FAO.
- EKRA N. B. (1993). Evaluation des risques sanitaires liés à la consommation de l'eau glacée vendue en sachet aux abords des écoles primaires publiques d'Abidjan. Thèse de doctorat en Pharmacie : Univ Félix Houphouet Boigny d'Abidjan, n° 121, 155p
- INHP (2007) Rapport annuel d'exercice 2006-2007, 20p
- INS (2010). Recensement Générale de la Population et de l'Habitation. Données socio-démographiques et économiques des localités, résultats définitifs par localités, région des lagunes. Vol. III, tome 1, 43p.
- KOUADIO. L (2010). Etude de la potabilité des eaux de boisson en sachet vendues aux abords des écoles primaires publiques d'Abidjan. Courte note n° 1766. "Santé publique", 32p
- MANGOUA A. A. (2007). Etude descriptive de la qualité hygiénique des eaux vendues en sachets. Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, n° 1117 Université d'Abidjan, 130p
- SODECI (2005). Campagne de relevé piézométrique réalisée au niveau du District d'Abidjan. Rapport d'activité, 13p.
- SOGREAH (1996). Etude de la gestion et de la protection de la nappe assurant l'alimentation d'eau potable d'Abidjan. Etude sur modèle mathématique. Rapport des phases 1 et 2, République de Côte d'Ivoire, Ministère des Infrastructures Economiques, Direction et Contrôles des Grands Travaux.