

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE  
L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE  
EN SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE  
Filière: Sciences Alimentaires  
Spécialité: Nutrition et contrôle des aliments

**Thème:**

**Etude de la qualité de l'eau de process de l'unité Fruitale Coca Cola  
en vue de leur commercialiser en bouteille (eau de table).**

Présenté par :

**BOUABIDA Lakhdar**

Devant les Jury Composé de :

M <sup>r</sup> . Ramdane.S.A	MACC	USDB	Président de Jury
M <sup>me</sup> . Doumandji Amel	MC	USDB	Promotrice
M <sup>me</sup> . Zakia Abdellaoui	MAB	USDB	Examinatrice
M <sup>me</sup> . Hakima Acheheb	MAB	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2011/2012

## Résumé

L'eau de boisson de bonne qualité est essentielle à la santé. S'assurer de sa potabilité représente un défi pour le monde entier. L'organisme humain a besoin d'environ deux litres et demi d'eau par jour. L'eau sert à véhiculer les éléments nutritifs tout en aidant à l'élimination des déchets et à maintenir le fragile équilibre électrolytique à l'intérieur des cellules.

L'embouteillage de l'eau joue un rôle très important dans la conservation de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau, dans ce cadre vient notre travail qui basé sur l'évaluation de la qualité physicochimique, microbiologique et des substances de pollution et indésirables de l'eau de process de l'unité **Fruital Coca Cola** en vue de leur commercialiser en bouteilles (eau de table).

Les résultats obtenus indiquent que l'eau de process de l'unité **Fruital Coca Cola** est bactériologiquement saine, grâce à la qualité bactériologique de l'eau des forages qui est satisfaisante aux normes et grâce aux différents traitements utilisés dans la station des traitements des eaux (Chloration, élimination des substances en suspension.....), d'autre part, les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau de process (eau osmosée), ne répondent pas aux normes de potabilité comme eau de table.

Ainsi que les résultats des substances indésirables et de pollution confirment que l'eau est conforme aux normes.

L'analyse microbiologique et physicochimique des bouteilles en PET sont satisfaisantes et conformes aux normes exigées par l'entreprise.

**Mots clés :** qualité bactériologique, eau de process, substances indésirables, station de traitement, l'eau osmosée, bouteille.

## Summary

The drink water of good quality is essential with health. To make sure of its potability represents a challenge for the whole world. The human organism has need for approximately two liters and water half per day. Water is used to convey the nutritive elements while helping with the waste disposal and to maintain fragile balance electrolytic inside the cells.

The congestion of water plays a very important part in the conservation of the physico-chemical and microbiological quality of water, within this framework our work comes which based on the evaluation of physico-chemical, microbiological quality and of the substances of pollution and undesirable of the water of process of the unit Fruitful Coca Cola in order to market to them in bottles (water of table).

The results obtained indicate that the water of process of the unit Fruitful Coca Cola is bactériologiquement healthy, thanks to the bacteriological quality of the water of drillings which is satisfactory to the standards and thanks to the various treatments used in the station of the water treatments (Chlorination, elimination of the substances in suspension .....), in addition, the results of the physicochemical parameters of the water of process(osmosée water), answer in-house standards for the manufacture of drinks but do not meet the standards of the drinking water (water of table).

As well as the results of the undesirable substances and pollution confirm that water is in conformity with the standards.

The microbiological and physico-chemical analysis of the bottles in PET are satisfactory and in conformity with the standards required by the company.

**Key words:** bacteriological quality, water of process, substances undesirable, station of treatment, osmosée water, bottle.

## ملخص

ماء الشرب ذو نوعية جيدة هو ضروري للحياة. لأن ضمان صلاحية شربه يمثل تحد للعالء كله. جسم الإنسان تحتاج إلى حوالي 2,5 لتر من الماء يوميًا. الماء يقوم بنقل العناصر الغذائية, كما يساعد على التخلص على الفضلات و يساعد أيضا على الحفاظ على توازن الانحلال الكهربائي داخل الخلية.

تعبئة الماء في القارورات البلاستيكية, تلعب دور كبير في حفظ النوعية الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية لمياه الشرب, في هذا الإطار ينحصر عملنا الذي من خلاله استندنا على تقييم النوعية الفيزيوكيميائية, الميكروبيولوجية و العناصر الملوثة و الغير مرغوب في تواجدها في الماء المعالج لوحدة الإنتاج فروتال كوكاكولا, وذلك من أجل تسويقه في القارورات البلاستيكية (ماء المائدة).

النتائج التي تحصلنا عليها, تظهر بأن الماء المعالج لوحدة الإنتاج فروتال كوكاكولا سليمة و صحية من الناحية الميكروبيولوجية, و هذا يعود للنوعية الميكروبيولوجية الجيدة لمياه الآبار التي تتجاوب للمضوابط القانونية, و يعود أيضا للإتباع الناجح لمختلف العلاجات المستعملة على مستوى وحدة معالجة المياه (إضافة ماء جافيل, التخلص من العناصر العالقة, نزع الكلور و تخفيض كمية العناصر الملوثة و الغير مرغوب تواجدها.....), من الناحية الأخرى, النتائج الفيزيوكيميائية المتحصل عليها للماء المعالج ( الماء المرشح) لا تستجيب للمضوابط القانونية المتعلقة بمياه الشرب لماء المائدة الذي نريد إنتاجه.

كذلك النتائج المتحصل عليها فيما يخص العناصر الملوثة و الغير مرغوب في تواجدها في الماء, أظهرت بأن الماء يستجيب للمضوابط القانونية.

التحاليل الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية للقارورات أظهرت بأن القارورات مطابقة و تستجيب للمضوابط القانونية الخاصة بالشركة.

**كلمات جوهريّة :** النوعية البكتريولوجية , الماء المعالج ,العناصر الغير مرغوب فيها , وحدة معالجة المياه, الماء المرشح, التحاليل الفيزيوكيميائية.

## Introduction

L'eau est le composant le plus répandu du corps humain. Sans elle, nulle vie n'est possible : c'est le véhicule des constituants de l'être vivant, le support chimique de toutes les réactions métaboliques et c'est le solvant des substances hydrosolubles. Elle constitue, avec les éléments qui y sont dissous, les liquides corporels. Cette eau, ainsi que les solutés, sont soumis à un perpétuel mouvement de va et vient d'échange entre le milieu extérieur, le milieu organique ou intérieur, les cellules **(HARTEMANN et MOLL, 1992)**. Les besoins individuels en eau de boisson varient en fonction du climat et de l'activité physique mais, pour les gros consommateurs, ils sont estimés à environ **2 litres** par jour pour un adulte de **60 kg** et à **1 litre** par jour pour un enfant de **10 kg (OMS, 2000)**.

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser pour la préparation de mets sans risque pour la santé. Or, toutes les eaux que l'on trouve dans la nature ne s'y prêtent pas. Même une eau paraissant claire et limpide peut contenir des substances nocives pour l'organisme. Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit la plupart du temps être traitée **(BATALLA et PORTA., 2008)**.

Le présent travail constitue une étude des paramètres physicochimiques, microbiologiques et des substances indésirables de l'eau de process de l'unité *Fruital Coca Cola* en vue de leur commercialisée en bouteilles. Des contrôles sont réalisés à tous les niveaux de la chaîne de traitement des eaux, de la sortie de l'eau de forage (eau brute), jusqu'à l'obtention de l'eau osmosée. L'objectif de ces tests est de s'assurer de la qualité de l'eau. Quatre types de tests sont pratiqués sur l'eau :

- Le contrôle bactériologique : Teste la présence de micro-organismes et vérifie l'absence de contaminants.
- Le contrôle physico-chimique : Analyse des caractéristiques physicochimiques de l'eau au niveau du forage, en cours de traitement et après traitement.
- Le contrôle des substances indésirables et de pollutions : Analyse de la concentration de certaines substances de pollution de l'eau de forage et au niveau de différentes étapes de la station de traitement.
- En fin en fait des analyses physico-chimiques et bactériologiques sur les bouteilles PET.

## Chapitre I : Généralité sur les eaux

### I-1. Les eaux de la nature

L'eau pure est un concept abstrait inventé par les chimistes : une eau chimiquement pure serait une eau qui ne contiendrait que des molécules d'eau. Or une telle eau n'existe pas dans la nature car l'eau est un trop bon solvant. Quant à fabriquer de l'eau pure en laboratoire, il faudrait pour cela posséder des instruments capables de détecter la présence de la moindre molécule étrangère dans une goutte d'eau, ce qui n'est pas faisable à l'heure actuelle. Excellent solvant, l'eau est capable de dissoudre un grand nombre de composés solides ou gazeux. Au cours de son périple, qu'elle tombe en pluie, ruisselle sur les sols, s'infiltré dans la croûte terrestre, ou simplement coule le long des pentes, elle se charge en éléments solubles. Elle contient donc naturellement, en l'absence de toute ingérence humaine, une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, et des micro-organismes (bactéries, virus ou plancton). Elle draine aussi avec elle quantité de particules en suspension comme de fines particules d'argile, des limons et des déchets végétaux (CNRS, 2012).

### I-2. Répartition de l'eau douce sur la planète

L'eau occupe plus de 70 % de la surface de la Terre, l'eau douce liquide, inégalement répartie, n'en représente que 1 %. Sa rareté, en particulier dans les zones arides, autant que la pression démographique urbaine et le changement climatique imposent de préserver les ressources disponibles et d'exploiter des ressources alternatives (VEOLIA, 2011)

#### 1. Une ressource renouvelable

Une ressource aux multiples usages Moins de 3% de l'eau dans le monde est douce, dont 2,5% immobilisée sous forme de glace : l'humanité ne peut compter que sur les 0,5% restants pour répondre à ses besoins. Cette eau douce est répartie dans différents réservoirs : principalement les aquifères (10 millions km<sup>3</sup>) mais aussi les précipitations sur les sols (119 000 km<sup>3</sup>), les lacs (91 000 km<sup>3</sup>), les réservoirs artificiels (5 000 km<sup>3</sup>) et les rivières (2 120 km<sup>3</sup>).

L'eau présente dans ces réservoirs fait en permanence l'objet de recyclages qui constituent le « cycle de l'eau », et lui assurent son caractère renouvelable. Ce cycle est important à prendre en compte dans l'évaluation de l'état des ressources en eau et de sa disponibilité pour l'homme (GILET, 2008).

**Tableau 01: La répartition de l'eau sur la planète.**

Océans	1 338 000 000 km <sup>3</sup>
Neige et glace	29 000 000 km <sup>3</sup>
Eau souterraine	10 000 000 km <sup>3</sup>
Évaporation de la mer	430 000 km <sup>3</sup>
Précipitations sur la mer	390 000 km <sup>3</sup>
Précipitations sur les sols	119 000 km <sup>3</sup>
Lacs	91 000 km <sup>3</sup>
Évaporation des sols	70 000 km <sup>3</sup>
Ruissellement	40 000 km <sup>3</sup>
Vapeur d'eau dans l'atmosphère	13 000 km <sup>3</sup>
Rivières	2 120 km <sup>3</sup>

**Fig.01 : Cycle de l'eau (GILET, 2008)**

**Source:** « Industry, Fresh water and sustainable development », WBCSD & UNEP, 1998

## 2. Une ressource aux multiples usages

Chaque année, les hommes prélèvent à l'échelle mondiale environ **4 000 km<sup>3</sup>** d'eau douce. Au regard des plus de **10 millions km<sup>3</sup>** présents dans les différents réservoirs naturels, la problématique de l'eau ne relève donc pas du volume disponible mais de l'accès local à la ressource, et à une ressource de qualité suffisante.

L'eau prélevée a trois usages :

- **70%** pour l'agriculture, essentiellement à des fins d'irrigation.
- **22%** pour la production d'énergie, que ce soit de l'hydroélectricité ou de l'électricité thermique ou nucléaire qui utilise l'eau pour le refroidissement de la vapeur produite par les centrales, et pour la production industrielle si l'eau est fluide de procédés ou intrant dans les produits (**GILET,2008**).
- **8%** pour les usages domestiques

Ces ratios varient fortement en fonction du revenu du pays considéré. Par exemple, l'industrie utilise environ **60%** de la ressource en eau dans les pays à revenu élevé

contre seulement **10%** dans les pays à faible revenu ou revenu moyen. Les volumes prélevés ne sont toutefois pas totalement consommés : sur **4 000 km<sup>3</sup>, 2 500** consommés chaque année, le reste étant rejeté directement dans le milieu naturel après usage (**GILET, 2008**).

### **I-3. Origines des eaux brutes**

On retrouve quatre sources principales d'eau brutes: les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant

#### **I-3-1 Les eaux météoriques ou les eaux de pluies**

Elles proviennent de réservoirs naturels ou artificiels (**FREDOT, 2006**). Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous. Comme les sels de magnésium et de calcium: elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées. Les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (**RAYMOND et DESJARDINS, 1990**).

#### **I-3-2 Les eaux de surface**

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée (**RAYMOND et DESJARDINS, 1990**).

##### **A- Eaux de rivière (partie amont)**

Les principales caractéristiques de ces eaux sont :

a) Turbidité élevée, b) Contamination bactérienne faible, c) Température froide d) Indice de couleur faible (**RAYMOND et DESJARDINS, 1990**).

##### **B- Eaux de rivière (partie aval)**

Les principales caractéristiques de ces eaux sont :

a) Contamination bactérienne élevée, b) Contamination organique et inorganique élevée

c) Indice de couleur pouvant être élevé

Signalons que le débit et la quantité des eaux de rivière (amont et aval) peuvent varier en peu de temps (**Raymond et Desjardins, 1990**).

##### **C- Eaux de lac**

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année (**Raymond et Desjardins, 1990**).

#### D- Eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps. Les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

a) Turbidité faible, b) Contamination bactérienne faible, c) Température constante, d) Indice de couleur faible, e) Débit constant, f) Dureté souvent élevée, g) Concentration élevée de fer et de manganèse (**Raymond et Desjardins, 1990**).

#### E- Eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous: c'est ce qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de **33000** à **37000 mg/l** (**Raymond et Desjardins, 1990**).

### I-4 La composition chimique d'une eau

L'eau contient des gaz dissous essentiellement de l'oxygène et du gaz carbonique mais aussi de l'azote ou encore du méthane. Tous n'ont pas la même solubilité dans l'eau et celle-ci décroît quand la température augmente. Elle contient aussi, sous forme dissoute ou en suspension, des substances minérales et organiques. Si les substances minérales sont limitées à une centaine de composés, les substances organiques sont innombrables (plusieurs centaines de mille voire plusieurs millions) et leur identification individuelle très difficile (**CNRS, 1999**).

#### I-4-1. Matières minérales

L'eau contient beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont le calcium (**Ca<sup>++</sup>**), le magnésium (**Mg<sup>+</sup>**), le sodium (**Na<sup>+</sup>**), le potassium (**K<sup>+</sup>**), les carbonates (**CO<sub>3</sub><sup>--</sup>**), les bicarbonates (**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**), les sulfates (**SO<sub>4</sub><sup>--</sup>**), les chlorures (**Cl<sup>-</sup>**) et les nitrates (**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**). Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie. Aussi, leur teneur dépend-elle directement de la nature des roches bassin versant. Elle peut varier du milligramme par litre au gramme par litre pour les eaux les plus salées.

En moins grande concentration (du microgramme au milligramme par litre), l'eau contient aussi des éléments nutritifs, ou nutriments, que sont l'azote (contenu dans

l'ammoniac, les nitrites et les nitrates), le phosphore (contenu dans les phosphates) et la silice, mais aussi le fer et le manganèse.

D'autres éléments ne sont présents qu'à l'état de trace (de **0,1** à **100** microgrammes par litre), comme l'arsenic, le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc, le cobalt, le plomb... Ils proviennent des roches mais aussi parfois des activités industrielles et domestiques.

L'eau contient aussi des matières minérales en suspension (matériaux argileux, limons, etc) **(CNRS, 2012)**.

#### **I-4-2. Matières organiques**

Les matières organiques peuvent être présentes sous forme dissoute (carbohydrates, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les hydrocarbures, les solvants chlorés, ou les pesticides), ou en suspension (déchets végétaux, plancton...). Elles proviennent pour l'essentiel de la dégradation de la matière organique présente dans le milieu ou dans les sols lessivés par les pluies (décomposition des plantes et des animaux), mais aussi de composés issus de l'activité humaine. Leur concentration, infime dans les eaux profondes, peut atteindre quelques dizaines de milligrammes par litre dans les eaux de surface **(CNRS, 2012)**.

#### **I-5 Classification des eaux naturelles**

On peut classer les eaux naturelles selon :

##### **I-5-1 La salinité**

Lorsqu'on classe les eaux en fonction des quantités de matières dissoutes qu'elles contiennent, on obtient les données présentées au tableau ci-dessous.

Les eaux saumâtre, qui proviennent habituellement des nappes d'eau souterraines, contiennent le plus souvent de 2000 à 10000 mg/L de matières dissoutes. Signalons au passage que l'effluent d'une usine d'épuration (traitement biologique) contient environ 750 mg/L de matières dissoutes **(Raymond et Desjardins, 1990)**

**Tableau 02 : Classification des eaux naturelles selon la salinité**

Type d'eau	Salinité (mg/L)
Eau douce	< 500
Eau légèrement saumâtre	1000 - 5000
Eau modérément saumâtre	5000 - 15000
Eau très saumâtre	15000 - 35000
Eau de mer	35000 - 42000
Saumure	40000 - 300000

**(Raymond et Desjardins, 1990)**

### I-5-2 La dureté (l'eau dure et l'eau douce)

Une eau dure est une eau qui contient beaucoup de **sels** dissous, comme les sels de calcium (le carbonate de calcium ou calcaire par exemple) et de magnésium. À l'inverse, une eau douce est une eau qui en contient peu. Dans la nature, toutes les eaux n'ont pas la même dureté. Il n'y a aucun danger à boire une eau dure lorsqu'on est en bonne santé. Contrairement à ce qui est souvent affirmé, la présence d'ions calcium dans l'eau aurait même tendance à diminuer le risque de formation de calculs rénaux (**CNRS, 1999**).

### I-5-3 La teneur en sels minéraux

Toutes les eaux ne sont pas équivalentes. On distingue trois groupes d'eaux, classifiés en pesant le résidu sec après évaporation.

- **Les eaux faiblement minéralisées** ont un TDS (En anglais: TDS - Total Dissolved Solids) qui doit être inférieur à 500 ppm pour le Canada et l'Europe et inférieur à 250 ppm pour l'USA
- **Les eaux moyennement minéralisées** ont un TDS qui doit être entre 500 et 1500 ppm pour le Canada et l'Europe et supérieur à 250 ppm pour l'USA
- **Les eaux fortement minéralisées** ont un TDS qui doit être supérieur à 1500 mg par litre d'eau.
- **Les eaux purifiées** ont un TDS qui doit être inférieur à 10 ppm

### I-6 Facteurs limitant la quantité d'eau disponible

- **La surexploitation**

Les prélèvements excessifs d'eau épuisent à la fois les eaux de surface (exemple de la mer d'Aral) et les nappes phréatiques (c'est le cas de 60% des villes européennes de plus de 100 000 habitants, et aujourd'hui de métropoles comme Pékin). 15% à 35% des prélèvements mondiaux servant à irriguer les cultures agricoles ne sont pas considérés comme soutenables (source : « Ecosystems and human well-being : synthesis », MEA, 2005).

- **La transformation du paysage**

Déforestation, cultures industrielles et vivrières, drainage des zones humides, imperméabilisation des sols... participent à l'altération du cycle de l'eau et donc à des déséquilibres locaux (**GILET, 2008**).

- **Le changement climatique**

Il participe à l'intensification de pressions existantes, notamment dans les régions qui se trouvent déjà en situation de stress hydrique. Les connaissances scientifiques actuelles suggèrent que l'intensité de phénomènes météorologiques extrêmes découlant du réchauffement climatique, tels que les inondations et les sécheresses, devrait augmenter. Le

changement climatique participe déjà aujourd'hui à la fonte de certains glaciers, mettant ainsi en péril les cycles de l'eau locaux qui en dépendent (Himalaya et Gange, Alpes et mer Tyrrhénienne) (**GILET, 2008**).

- **L'accès à l'énergie**

Eau et énergie vont souvent de pair : l'accès à l'eau dans les pays en développement est contraint par l'énergie disponible pour le pompage et le transport (**GILET, 2008**).

## **I-7 Facteurs altérant la qualité de l'eau**

### **1. La pollution**

Les principaux polluants d'eau douce comprennent notamment les matières organiques et les organismes pathogènes rejetés avec les eaux usées, les engrais et les pesticides provenant des terres agricoles, les pluies acides résultant de la pollution de l'air et les métaux lourds libérés par les activités minières et industrielles (**GILET, 2008**).

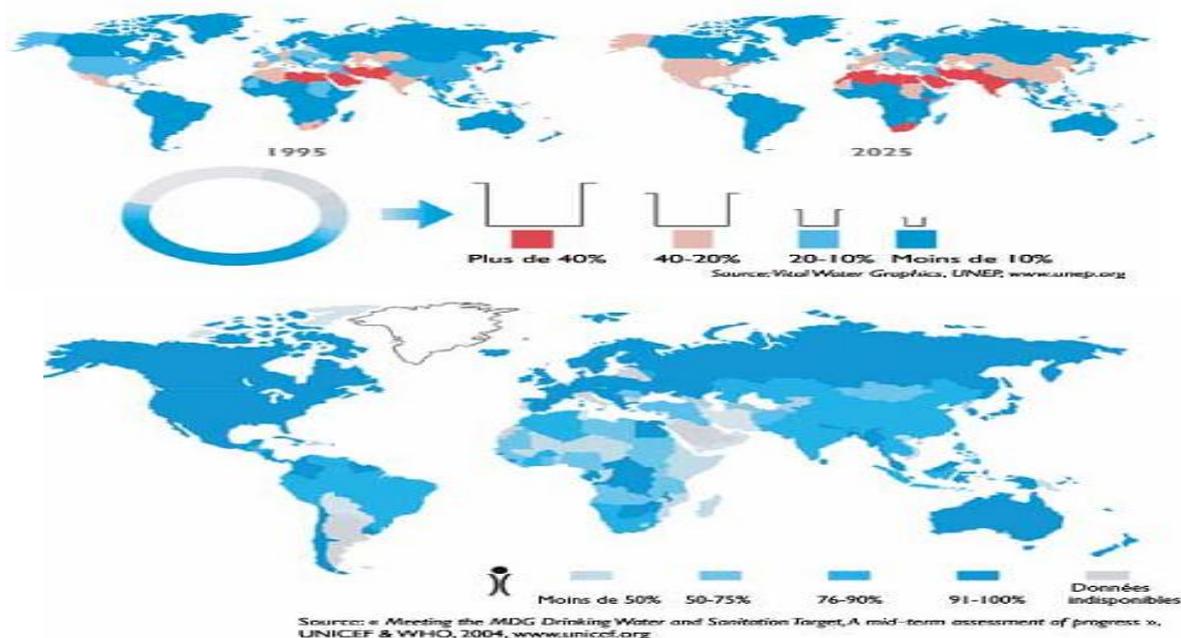
### **2. Une exploitation inadéquate**

Les activités comme l'agriculture, le défrichage des forêts, la construction de routes et l'exploitation minière peuvent apporter dans les cours d'eau un surplus de terre et de particules en suspension, qui nuit aux écosystèmes aquatiques, altère la qualité de l'eau utilisée en aval et gêne la navigation intérieure. La surconsommation individuelle est un autre exemple d'usage inapproprié de la ressource.

Outre l'impact sur l'homme, les atteintes à la ressource en eau font peser une menace sur la biodiversité (**GILET, 2008**).

## **I-8 Une ressource inégalement répartie, distribuée et consommée**

La ressource en eau n'est pas également répartie dans le monde. En effet, 10% des pays possèdent 60% de la ressource, et la disponibilité connue par an et par personne varie de moins de 500 m<sup>3</sup> à plus de 10 000 m<sup>3</sup> selon les régions du monde. Un pays connaît un stress hydrique en deçà d'une ressource renouvelable en eau douce de 1 700 m<sup>3</sup> par an et par personne, tandis qu'on considère que le développement économique et le bien-être individuel sont affectés négativement en deçà de 1 000 m<sup>3</sup> par an et par personne. A l'heure actuelle, environ 700 millions de personnes réparties dans 43 pays vivent en-dessous du seuil de stress hydrique. Le schéma ci-contre indique le pourcentage d'eau prélevée dans les différentes régions du monde par rapport au volume d'eau naturellement disponible (**GILET, 2008**).



**Fig. 02. Une ressource inégalement répartie, distribuée et consommée.**

L'une des conditions d'accès à une ressource de qualité est aussi l'assainissement, or 2,6 milliards de personnes ne disposent pas d'installations d'assainissement. On estime que la mauvaise qualité de l'eau ou le manque d'hygiène entraînent le décès chaque année de 1,8 millions de personnes en raison d'infections (diarrhées, choléra). Le schéma ci-contre indique la part de la population ayant un accès à l'eau potable. Rapport au volume d'eau naturellement disponible.

Enfin, la consommation d'eau est disparate dans le monde en fonction notamment du développement économique modulé par la disponibilité locale de la ressource : alors qu'un mètre cube d'eau par an est nécessaire à la survie, la consommation domestique par an par personne est de 4 m<sup>3</sup> au Mali, 106 m<sup>3</sup> en France et 215 m<sup>3</sup> aux USA (source : « Water for people, water for life », UNESCO 2003).

L'« échelle de l'eau », proposée par le WBCSD, met en évidence la corrélation entre le niveau de revenu et les besoins en eau (et en énergie) (**GILET, 2008**).

## Chapitre II : Les eaux embouteillées

### II-1 Historiques de l'eau embouteillée

L'histoire de l'eau embouteillée, commence avec celle des eaux minérales, déjà connues du temps des Celtes et des Gaulois pour leurs vertus thérapeutiques et transportées à travers l'empire européen dans des amphores (vase ancien à deux anses, haut et à col étroit). Tout au long du XV<sup>e</sup> jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, les porteurs d'eau se multiplient et approvisionnent l'élite en lui livrant l'eau dans des jarres en terre cuite, lui permettant ainsi de poursuivre sa cure thermale à domicile. Pour les moins riches, le filtre domestique au sable et gravier ou au charbon demeure plus accessible pour bénéficier d'une meilleure eau. Son utilisation fut très répandue dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle à Paris. Parallèlement, des épidémies dévastatrices de typhoïde et de choléra, causées par la contamination des puits, amenèrent plusieurs citoyens à se tourner vers l'eau minérale embouteillée, d'autant plus que le très respecté Pasteur avait affirmé : "Nous buvons 90% de nos maladies."

En général, l'augmentation de la consommation d'eau embouteillée est intimement liée au développement rapide de la société occidentale, à l'urbanisation, à la dégradation de l'environnement, au progrès technique et à l'élévation du niveau de vie (**Auby, 1994**).

### II-2 L'eau embouteillée

De nos jours, il existe d'autres catégories d'eaux embouteillées comprenant les eaux de source et les eaux de boisson préparées selon des formulations spécifiques. Ces eaux doivent respecter un certain nombre de normes bien définies. Si nécessaire, leur traitement est autorisé afin de réduire, d'enlever ou de prévenir certaines substances chimiques ou la croissance d'agents pathogènes. De plus en plus de personnes, à travers le monde entier, choisissent les eaux embouteillées pour leur goût et leur commodité. Cette tendance se reflète dans le taux de croissance annuel de 9% depuis 1997 du marché mondial de l'eau embouteillée qui a atteint un total de 126 milliards de litres en 2002 (**Anonyme, 2003**).

#### II-2.1. Catégories d'eaux embouteillées

On peut classer des eaux embouteillées en 3 catégories suivantes :

##### 1) Les eaux de table

Il s'agit d'eau du robinet (ou de puits), mise en bouteille, après traitement, stérilisation et parfois, ajout de minéraux. Elles sont de composition variable, souvent gazéifiées et éventuellement déchlorées. Elles doivent satisfaire aux prescriptions légales qui s'appliquent à l'eau de distribution (**écoconso, 2008**)

## 2) Eau minérale naturelle

Selon le journal officiel de la république Algérienne N°34 17 Rajab 1432 19 juin 2011.

Selon décret exécutif n°04-196 du 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source .

Une eau microbiologiquement saine provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité desquelles elle est conditionnée.

Elle se distingue nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par sa nature caractérisée par sa pureté, et par sa teneur spécifique en sels minéraux, oligo-éléments ou autres constituants.

Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans :

- -géologique et hydrogéologique,
- -physique, chimique et physico-chimique,
- -microbiologique,
- -pharmacologique.

Ces eaux minérales naturelles peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine.

## 3) Eau de source :

Une eau d'origine exclusivement souterraine, apte à la consommation humaine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution.

### II-2.2. Le conditionnement des eaux et la conservation de la qualité

Si le conditionnement de l'eau en bouteille s'est imposé aussi rapidement dans le monde entier, c'est probablement parce que cette activité apporte une réponse sanitaire au problème de l'approvisionnement en eau de boisson de qualité dans des nombreuses régions de globe. Il suffit d'observer le développement des industries d'embouteillage en Afrique du Nord ou en Afrique noire pour être convaincu de leur utilité, même si en définitive le coût pour la population locale demeure encore trop élevé (**HARTEMANN et MOLL, 1992**).

#### II-2.2.1 La bouteille

- **L'histoire de la bouteille d'eau, du verre au PET**

Au XIX<sup>ème</sup> siècle l'eau minérale naturelle était embouteillée dans des cruchons en terre cuite expédiés dans des voitures attelées. - Par la suite, l'eau minérale naturelle n'a été conditionnée que dans des bouteilles en verre, à l'origine transportées dans des caisses en bois, protégées par de la paille.

- C'est à la fin des années 1960 qu'apparaît la première bouteille plastique en PVC (Polyvinyle de chlorure) plus légère et moins fragile que la bouteille en verre qu'elle supplante très vite.

- L'introduction en 1992 de la nouvelle bouteille de 1,5L en PET est une révolution. Grâce à la recherche dans le domaine des matériaux, l'industrie des eaux minérales naturelles décide de remplacer le PVC par un nouveau polymère de plastique : le PET (polyéthylène téréphtalate). Ses propriétés sont mieux adaptées au marché de la bouteille plastique. Il ne casse pas, ce qui évite tout risque de coupures. Il est flexible et plus résistant, ce qui va permettre de réduire le poids des bouteilles. Plus légère, plus solide, plus souple, la bouteille en PET est aussi transparente que le verre. - Aujourd'hui, l'effort de recherche se poursuit sur le PET, afin de mieux exploiter toutes les potentialités de ce polymère parfaitement neutre et 100% recyclable **(CSEM, 2007)**.

- **Les avantages du PET**

Les avantages de ce matériau sont indéniables : l'amélioration impressionnante de la résistance mécanique de la bouteille et de ses imperméabilités aux gaz le destine particulièrement au conditionnement des boissons gazeuses. On paraît penser que l'amélioration de son aspect cristallin, proche de celui du verre, soit un atout pour développer ce matériau dans le secteur de l'eau **(HARTEMANN et MOLL, 1992)**.

- **Les inconvénients du PET**

Les inconvénients du conditionnement des eaux en PET résident essentiellement dans la présence d'acétaldéhyde comme impureté résiduelle du polymère, impureté susceptible de migrer dans l'eau et d'en altérer gravement ses propriétés organoleptiques **(HARTEMANN et MOLL, 1992)**.

### **II-2.2.2 Fonctionnement d'une usine d'embouteillage d'eau.**

L'implantation de l'usine d'embouteillage sur les lieux même du captage de la source ne revêt plus la même importance ni la même nécessité qu'autre fois. Les progrès réalisés aussi bien dans les matériaux des canalisations et des pompes (avec l'utilisation intense de l'acier inoxydable, du PVC et du polyéthylène) que dans les conditions d'entretien et de nettoyage de ceux-ci, rendent possible le transport de l'eau par canalisation parfois sur plusieurs kilomètres en toute sécurité **(HARTEMANN et MOLL, 1992)**.

Les démentions de l'usine se trouvent bien entendu adapter au volume de la production et la taille des linges d'embouteillages, bien que par fois, du fait de croissance rapide de ce secteur d'activité, certaines installations paraissent exigües. L'agencement des locaux doit respecter quelque principe général d'hygiène et de bon sens. C'est ainsi que les activités de fabrication des bouteilles, de stockage de celle-ci, de lavage des verres usagés, de soutirage et de

manutention. Stockage des cartons ou palettes se déroulent dans des locaux séparés par des cloisons fixes. Les réservoirs de stockage de l'eau (cuve en acier inoxydable) sont situés fréquemment à l'extérieur de l'usine : par contre les installations de traitement de déferrisation et de décantation se trouveront dans un locale attenant à l'usine.

L'aération des locaux est soigneusement étudiée spécialement dans la salle des laveuses de verre et surtout dans le local d'extrusion des bouteilles en plastiques.

La salle de remplissage demeure le point sensible de l'usine celui du contact prolongé entre le contenant et le contenu aussi toutes les précautions doivent être prise pour assurer un état sanitaire satisfaisant : atmosphère contrôlée, carrelage au peinture adéquat au sol et sur les murs, sas d'accès munis de pédiluves, port de bottes et de bonnets obligatoire, désinfection quotidienne des locaux, machines et canalisations (**HARTEMANN et MOLL, 1992**).

### **II-3 Description de différentes étapes utilisées dans un procédé de production d'eau purifiée**

#### **1- Captage d'eau souterraine**

Le captage de l'eau de la nappe aquifère peu profonde est effectué par forage à l'aide d'une pompe immergée.

#### **2- transport et stockage**

L'eau est transférée par des conduites métalliques (acier) vers des bâches de stockage.

#### **3 – Décantation et désinfection**

La décantation a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de sable fin qui s'accumule au fond des bâches de stockage.

La désinfection s'effectue par injection de NaOCl (eau de javelle) en dosage entre 01 et 03 ppm. Elle vise à assurer la qualité bactériologique de l'eau.

#### **4 – Filtration à sable**

C'est une opération destiné à clarifier l'eau qui contient des matières en suspension. L'eau à filtrer passe à travers un lit filtrant constitué de matériau granulaire, les matières en suspension sont retenues dans les espaces inter-granulaires du filtre. Ainsi l'eau filtrée sorte avec haute qualité moins trouble et limpide

#### **5 – Filtration à charbon activé**

Charbon activé élimine les composants organiques dissous dans l'eau par adsorption a sa surface ainsi on peut éliminer des polluant organique dissous, responsable de la couleur, les goûts et les odeurs, comme substance humique, les

détergents, les colorants solubles, les solvants chlorés, les phénols et les crésols, ainsi que plusieurs substance toxiques non biodégradables.

### 7- Filtration à cartouches (10 à 100 microns)

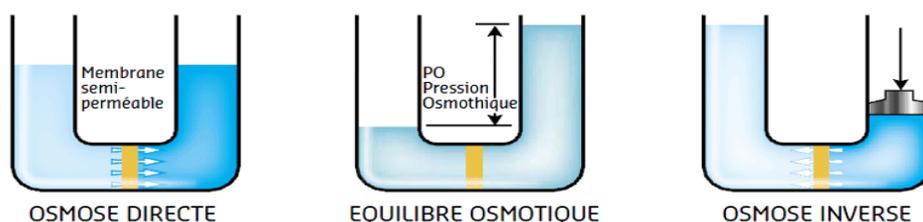
C'est une filtration anti particulaire qui retient les micros particules en suspension telles que résidus de sables poussières, fines particule de cendre de charbon activé etc. Le but de ce traitement est d'assurer la rétention de matières en suspension présentes éventuellement dans l'eau mais également de protéger des installations de filtration plus fines en aval.

### 6 – Déminéralisation par osmose inverse

L'osmose inversée consiste à forcer le passage de l'eau au travers une membrane semi-perméable capable de bloquer près de 90 pour cent de tous les constituants.

Généralement, cette technique est recommandée pour les eaux à forte teneur en minéraux. Peu coûteuse, l'osmose inversée, comme son nom l'indique, est le contraire du phénomène naturel de l'osmose.

Bien que Coca-Cola et Pepsi avouent avoir recours à l'osmose inversée dans leur processus de traitement à la «fine pointe de la technologie» (CLARKE, 2005).



**Fig.03.** *Principe de fonctionnement de l'osmose inverse*

La conception des systèmes d'osmose inverse requiert un savoir-faire dans la sélection des équipements (membranes et modules d'osmose inverse) et des matériaux de construction devant résister à un environnement liquide et gazeux salé ainsi qu'à la haute pression.

Les principaux paramètres pris en compte pour le dimensionnement et l'agencement des systèmes d'osmose inverse sont :

- La salinité et la qualité de l'eau d'alimentation
- Le taux de récupération
- La température de l'eau
- La pression de service
- Les spécifications de qualité de l'eau produite

La fiabilité de fonctionnement et la durée de vie des systèmes d'osmose inverse dépendent de la qualité du prétraitement mis en œuvre dans la filière globale.

## 7 – Reminéralisations par mixage d'eau traitée avec l'eau de filtre à charbon actif (FC)

L'eau filtrée par osmose inverse étant déminéralisée, il est nécessaire pour les usages de consommation de la remettre à l'équilibre calco-carbonique. Cette étape s'effectue généralement par le mixage avec une faible quantité d'eau traitée (la quantité d'eau ajoutée est bien déterminée) par filtre à charbon.

## 8 – Traitement par Ultra-violet

Cette technique consiste à faire passer le flux d'eau sous une lumière à haute densité contenue dans un bassin. Les rayons UV sont utilisés pour désinfecter l'eau. Cependant l'efficacité du traitement dépend du temps d'exposition, de l'intensité des rayons et des types de micro-organismes présents dans l'eau. Dans les faits, le traitement empêche la reproduction de certains micro-organismes. Bien que les rayons UV soient efficaces pour éliminer les bactéries contenues dans l'eau, ils n'éliminent pas le giardia et le cryptosporidium, pas plus qu'ils n'enlèvent les polluants chimiques, le plomb ou l'amiante. Il est important de noter que s'en remettre uniquement aux rayons UV dans une usine d'embouteillage augmente le risque de contamination bactérienne une fois le produit embouteillé (**CLARKE, 2005**).

Les longueurs d'ondes spécifiques responsables de ces effets sont celles situées entre 240 et 280 nanomètres (nm), avec un pic à 253.7 nm. Ces longueurs d'onde sont situées dans les domaines des UV-C.

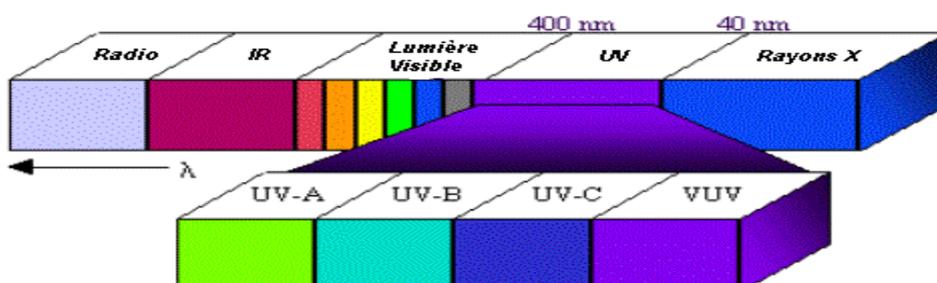


Fig.04. Localisation des UV-C dans le spectre électromagnétique.

## 10- La formation des bouteilles

L'usine reçoit des préformes pour réaliser les bouteilles. Ces préformes sont convoyées jusqu'à la machine où elles sont chauffées puis soufflées.

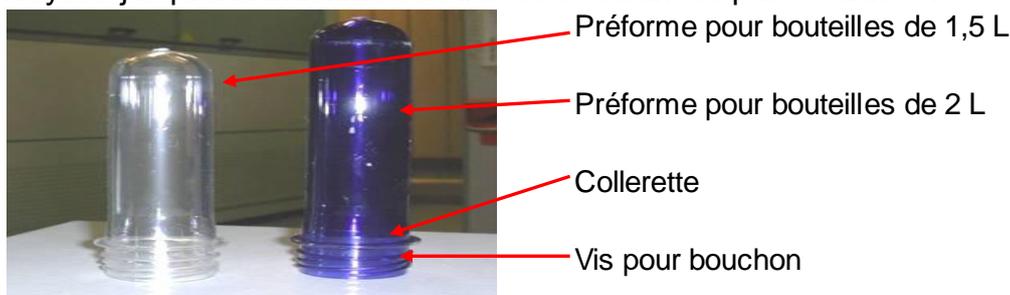


Fig.05. Préformes en PET (Anonyme.2008)



**Fig.06. Moule ouvert dans lequel les bouteilles sont chauffées (Anonyme, 2008)**

**Fig.07. Machine où les préformes de puis soufflées préformes sont soufflées (Anonyme, 2008)**

### 11- L'acheminement des bouteilles

Les bouteilles soufflées et vides sont transportées par le col sur 90mètres grâce à un convoyeur à air. L'intrusion de poussières et de toute autre particule est très fortement limitée grâce à la création d'une légère pression dans le convoyeur (un coussin d'air est créé au niveau de la collerette des bouteilles).



**Fig.08. Convoyeur à air (Anonyme,2008)**

### 12- La salle blanche ou salle propre : la salle d'embouteillage

C'est là que les bouteilles sont remplies et bouchées.

Les deux machines utilisées sont la soutireuse pour remplir les bouteilles d'eau et la boucheuse pour les boucher. Les deux machines sont complètement protégées par des vitres en plexiglas et l'air contenu est filtré, un système envoie de l'air stérile. C'est le seul endroit de l'usine où les bouteilles se retrouvent débouchées et à l'air libre. Les règles d'hygiène sont par conséquent très strictes : salle contrôlée en permanence,



**Fig. 09. La soutireuse (Anonyme, 2008)**

Personne ne pénètre dedans et en cas de besoin d'intervention les règles sont très strictes (emploi de tenues spéciales à usage unique (blouse, masque, charlotte, surchaussure), équipement mis dans le SAS d'entrée de la salle blanche, lavage

des mains avec un savon désinfectant puis utilisation d'une solution antibactérienne).

### 13- L'étiquetage, dateuse et contrôleur de niveau



**Fig.10. Etiqueteuse dateuse et contrôleur de niveau (Anonyme, 2008)**

Les bouteilles à la sortie de la Salle Propre.....  
..... sont acheminées jusqu'à l'étiqueteuse.



**Fig.11. Etiqueteuse (Anonyme, 2008)**

Les bouteilles sont acheminées debout sur un rail depuis la salle blanche jusqu'à l'étiqueteuse. Une bobine déroule les étiquettes. L'étiqueteuse dépose une étiquette sur chacune des bouteilles pleines et bouchées.

- Comme tout produit consommable, les bouteilles comportent une DLUO, Date Limite d'Utilisation Optimale. Cette DLUO est apposée grâce à un marquage au laser.
- Ensuite le niveau d'eau contenue dans les bouteilles est contrôlé. En effet, le volume indiqué sur les étiquettes doit absolument être respecté. Cette opération est effectuée à l'aide d'un système de cellules optiques. Si le niveau est incorrect les bouteilles sont éjectées.

## 14- De l'emballage à l'expédition.



**Fig.12. La fardeleuse (Anonyme, 2008)**

- **Fardelage** : les bouteilles sont regroupées par six et sont enroulées dans un film plastique qui est ensuite rétracté par la chaleur grâce à la fardeleuse.
- **Palettisation** : les packs de six bouteilles sont ensuite disposés sur des palettes pour un transport et un stockage plus faciles.
- **Housseuse et four** : un film est alors déposé sur la palette pour diminuer tous les contacts entre les bouteilles et les désagréments extérieurs (poussière, soleil...). La housse permet également le maintien des bouteilles sur leur support en étant rétractée autour.

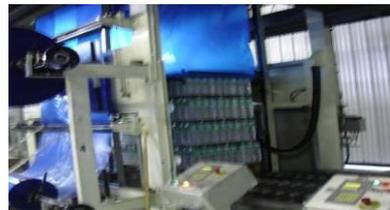


Housse

Palettiseur

**Fig.13. La housse (Anonyme, 2008)**

Mise en place de la housse



**Fig.14. La housse (Anonyme, 2008)**

Rétractation de la housse



**Fig.15. Four (Anonyme, 2008)**

- **Identification et stockage** : la traçabilité de chaque palette est assurée par le marquage du code barre, de la contenance de la palette et de la DLC, Date Limite de

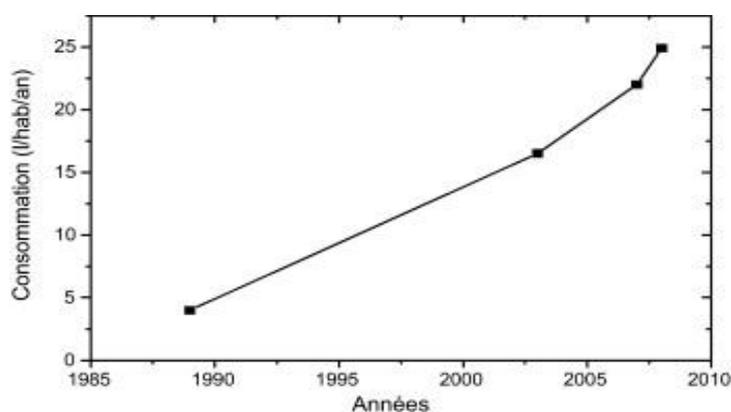
Consommation. Puis les palettes sont acheminées jusqu'à la zone de stockage. Elles sont stockées par les caristes en attente de leur expédition.

- **Le contrôle sanitaire**

La laborantine est responsable du bon suivi qualité de l'eau et de tout ce qui rentre en contact avec celle-ci.

#### II-4. Évolution de la consommation annuelle des eaux embouteillées en Algérie

La **Fig. 16** donne une indication de l'évolution annuelle de la consommation des eaux conditionnées en Algérie. Pour ces dernières années, cette évolution est très importante. Elle donne une indication de l'évolution tendancielle du paysage qui présage des possibilités d'évolution de la consommation future de l'eau embouteillée et de la masse d'investissement qui sera nécessaire pour produire cette quantité d'eau (**MARSILY et HAZZAB, 2011**).



**Fig. 16 : Évolution de la consommation annuelle des eaux minérales en Algérie.**

## Chapitre III. Qualité des eaux

### III. Paramètres généraux de la qualité

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur. (CNRS, 2012).

#### III. 1- Paramètres nutritionnelles des eaux

Notre corps est composé essentiellement d'eau. Elle constitue 60 % de la masse corporelle de l'adulte, 75 % de celle d'un nourrisson et 50 % de celle d'une personne âgée. Elle se trouve principalement dans les cellules composant les tissus et les organes, mais également dans le liquide interstitiel et le sang. L'eau n'est pas mise en réserve par notre organisme. C'est ainsi que sans apport d'eau, l'espérance de vie de l'être humain est d'à peine 2-3 jours alors que sans nourriture, il est possible de survivre durant une quarantaine de jours. Les pertes hydriques quotidiennes s'élèvent à environ 2,5 litres et doivent par conséquent être constamment compensées. Ces pertes se font principalement par l'urine et la transpiration, mais également par les selles, la respiration pulmonaire et la perspiration cutanée (BATALLA et PORTA, 2008).

#### III-2 Paramètres affectant la qualité de l'eau

##### III-2-1 Paramètres organoleptiques

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement: certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.) (RODIER, 2009).

###### II-2.1.1 Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (RODIER, 2009).

###### II-2.1.2 Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition.

Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler (RODIER, 2009).

### II-2.1.3 Goût, saveur, flaveur

Le goût peut être défini comme :

- l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche ;
- la propriété des produits provoquant ces sensations.

La saveur peut être définie comme :

- l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs,
- la qualité de cette sensation particulière provoquée par ces substances.

Le « seuil d'apparition de goût », ou seuil de flaveur, correspond, pour un dégustateur donné, à la limite de perception de ce goût, la dilution précédente (plus diluée) n'ayant pas de goût particulier (RODIER, 2009).

## III-2-2 Particules en suspension et colloïdales

### III-2-2-1 Taille des particules dans les eaux naturelles

Les particules sont toujours présentes dans les eaux naturelles, en général, et dans les eaux superficielles, en particulier. Ce sont des particules d'origine minérale, organique ou biologique. Leurs tailles sont comprises entre quelques centièmes de micromètres et quelques millimètres.

On appelle « colloïdes » ou « particules colloïdales », les particules en suspension dont la taille s'étend de quelque 0,01  $\mu\text{m}$  à quelques  $\mu\text{m}$ . Celles dont la taille est plus importante sont plutôt appelées « matières en suspension » (RODIER, 2009).

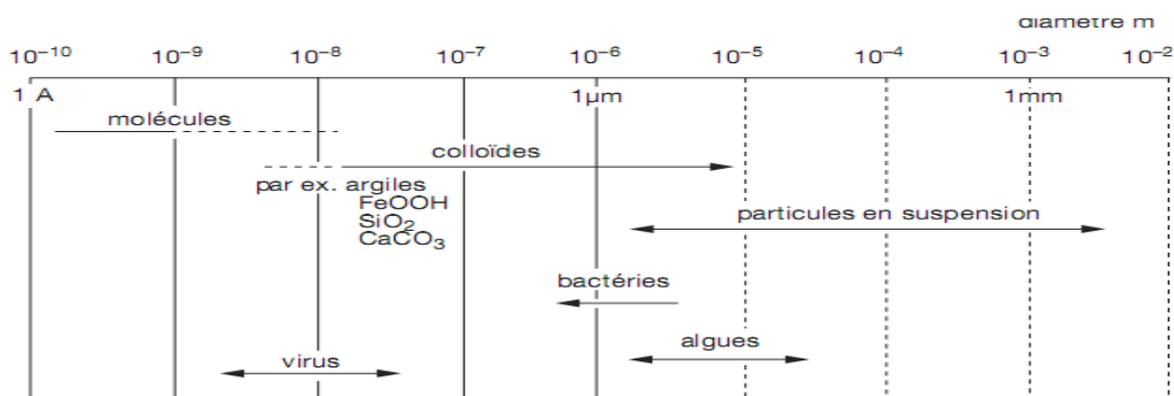


Fig.04 Spectre de taille des particules dans les eaux naturelles

(Rodier, 2009)

### III-2-2-2 Matières décantables

Toute particule en suspension peut être théoriquement sédimentée (ou décantée) sous l'action de la pesanteur (gravité), mais à une vitesse qui dépend principalement de la taille et de la densité de la particule, ainsi que de la température de l'eau (RODIER, 2009).

### III-2-2-3 Matières en suspension

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation (RODIER, 2009).

### III-2-2-4 Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire (RODIER, 2009).

### III-2-3- Paramètres physico-chimiques

#### A. Paramètre physique

##### ➤ La température

La température du milieu est une grandeur écologique importante (Dajos, 1989). Elle influe sur la densité de l'eau et joue donc un rôle primordiale dans les phénomènes de stratification des lacs et des mers (Gaujous, 1995).

C'est une mesure quantitative concernant la chaleur (Arrignon, 2002). L'augmentation de la température de l'eau provoque une diminution de la solubilité de l'oxygène dans l'eau. Par ailleurs, la température a une influence sur les réactions chimiques et biochimiques. D'un point de vue écologique, c'est un facteur qui conditionne la vie et qui est étroitement lié à d'autre facteur régissant le milieu aquatique (Lokmane, 1993).

La mesure de la température s'effectue par thermo-sonde (ou par thermomètre), Elle est généralement exprimée en degré Celsius (°C) (GAUJOUS, 1995) .

#### B. Paramètres chimiques :

##### ➤ Potentiel d'hydrogène pH

Le pH exprime en fonction de sa valeur l'alcalinité ou l'acidité de l'eau, il est principalement fixé par la présence des carbonates,  $\text{CO}_2\text{-HCO}_3\text{-CO}_3$  (Aminot et

al, 1983). Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. On admet généralement qu'un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5 caractérise des eaux où la vie se développe de manière optimale (DE VILLERS et al, 2005). Dans la plupart des eaux naturelles, le pH dépend de l'équilibre calco carbonique :



#### ➤ Titres alcalimétriques (TA- TAC)

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes. D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates, citrates, tartrates...

La silice ionique peut aussi interférer notamment lorsque le pH est supérieur à 8,5. On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC). L'unité utilisée est le degré français (1°f = 10 mg. L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> = 0,2 milliéquivalent. L<sup>-1</sup>) (Rodier, 2009).

##### ❖ Titre alcalimétrique simple (TA)

En l'absence de sels interférents tels que ceux indiqués ci-dessus, le TA correspond à la somme :

$$\text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_2\text{CO}_3] - [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Le TA correspond donc à la somme des concentrations des ions carbonates (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) et des ions hydroxydes (OH<sup>-</sup>)

##### ❖ Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC correspond à la somme :

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + 2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Il s'annule en toute rigueur lorsque :

$$[\text{HCO}_3^-] + 2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] \text{ (Rodier, 2009).}$$

##### ❖ Dureté ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en CaCO<sub>3</sub>. Elle est aussi très souvent donnée en degrés français. Selon Fredot (2006), on détermine le titre hydrométrique (TH) c'est-à-dire la dureté qui correspond à la teneur totale en sels de calcium et magnésium. L'unité utilisée est le degré Français 1 °F= 4mg de calcium ou 2.4 mg/L de magnésium (Rodier, 2009).

➤ **Conductivité électrique (EC)**

La conductivité électrique (**EC**) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (**ms/m**) à **20 °C**. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre **50** et **1500 µS/cm** (**DE VILLERS et al, 2005**).

**C. Les substances indésirables et de pollutions.**

➤ **Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)**

Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont des intermédiaires relativement fugaces entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates, les concentrations généralement trouvées dans les eaux naturelles, douces, saumâtres et marines vont de zéro à quelques micromoles par litre d'azote nitreux. Ils sont dosés par la méthode spectrophotométrique (**mg/l**) (**Aminot et al, 1983**).

C'est la plus toxique des formes minérales de l'azote pour les organismes marins et l'homme. Les ions nitrites sont, dans la plus part des cas et en dehors des situations de pollution extrême, rapidement oxydés dans le milieu naturel (**Lacaze, 1996**). Les nitrites pouvant apparaître comme sous-produits lors de la chloration de l'eau, cette disposition permet de maintenir la chloration tout en garantissant un niveau adéquat de protection pour les consommateurs (**Rodier, 2009**).

➤ **Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

En milieu rural, les nitrates sont un excellent indicateur des apports excessifs en azote par les engrais, les épandages de lisiers, les déjections animales et les systèmes d'assainissement mal entretenus (**afssset, 2006**). L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution (**Aminot et al. ,1983**). Sa concentration varie très largement puisque c'est une substance nutritive (**Montegut, 1996**).

Les ions nitrate sont issus de l'oxydation des nitrites par les bactéries appelées nitrobacters. Ils sont dosés par la méthode spectrophotométrique (**mg/l**). Ils constituent aussi un support principal dans la croissance du phytoplancton et il est régénéré à partir des formes organiques par les bactéries (**Aminot et al, 1983**).

La transformation dans l'organisme des nitrates en nitrites peut présenter un danger, en particulier chez le nourrisson. En effet, les nitrites se combinent à l'hémoglobine du sang et perturbent chez le nourrisson le transport de l'oxygène (méthéoglobinémie infantile).

Les nitrites peuvent également se combiner avec des amines et former des nitrosamines, suspectées d'être cancérigènes (cancer de l'estomac).

Pour prévenir ces risques, une concentration maximale admissible pour l'eau potable a été fixée à **50 mg. L<sup>-1</sup>** par l'**OMS** et les réglementations française et européenne relatives à l'eau potable. Les teneurs en nitrates dans les ressources en eau ne sont pas représentatives de la qualité de l'eau potable (**afsset, 2006**).

Les possibilités de prévention de la pollution des eaux par les nitrates résident :

- dans une meilleure maîtrise de la fertilisation avec réadaptation de certaines pratiques agricoles ;
- dans la limitation des rejets insuffisamment contrôlés, d'eaux usées et de résidus divers ;
- dans le renforcement des périmètres de protection (**Rodier, 2009**).

#### ➤ **Phosphates (P-PO<sub>4</sub>)**

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l'orthophosphate, il est essentiel à la vie aquatique.

Dans les milieux lacustres, le phosphore est présent dans l'eau sous différentes formes : une forme minérale dissoute (orthophosphate) qui provient en majeure partie du phosphore minérale apporté par les eaux de ruissellement du bassin versant ; une forme organique soluble qui provient des excréments ou de la composition des organismes vivants ; une forme particulière, minérale ou organique. Ces différentes formes constituent ce que l'on appelle le phosphore total. D'une manière générale, les teneurs en phosphore dissous sont faibles dans les eaux naturelles, de l'ordre de **0.01 mg/l** pour les orthophosphate (**PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>**) et de **0.025 mg/l** pour le phosphore dissous incluant les formes organiques (**Leveque, 1996**).

#### ➤ **Le Fer**

Très répandu, le fer se classe au 4<sup>e</sup> rang des éléments de la croûte terrestre. Il est largement utilisé dans la métallurgie et ses utilisations secondaires dans la chimie sont très variées.

Étant donné les quantités importantes apportées par l'alimentation de l'ordre de 15 à 25 mg/j (viande : 20 à 40 mg/kg ; poisson : 10 mg/kg ; lait : 1 à 4 mg/kg ; pain : 20 à 40 mg/kg ; fruits et légumes : 5 à 10 mg/kg) le fer de l'eau ne présente aucun inconvénient au point de vue physiologique. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j, mais 60 à 70 % seulement de la quantité ingérée par les aliments sont métabolisés. Les seules intoxications signalées ont été liées à l'absorption de sulfate de fer chez les enfants. La symptomatologie quelquefois sévère, est essentiellement à caractère digestif. Indépendamment d'une saveur désagréable pouvant être perçue à partir de 0,05

mg/L, le fer développe dans l'eau une turbidité rougeâtre peu engageante pour le consommateur (**Rodier, 2009**).

➤ **Chlorure**

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à **25 mg/L**.

Les teneurs en chlorures des eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations provoquées :

- dans les zones arides par un lessivage superficiel en cas de fortes pluies ;
- dans les zones urbaines et industrielles par des pollutions liées à des eaux usées (mines de potasse : 1 kg de potasse donne 3 kg de sels résiduaux, réalisation de stockages pétroliers, industries chimiques) ;
- en zone côtière par des infiltrations d'eau de mer dans les nappes, en particulier lors des pompages excessifs (**Rodier, 2009**).

➤ **Sulfates (SO<sub>4</sub>)**

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre **30 à 50 mg/L**, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à **300 mg/L**) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé (Rodier, 2009).

### **III-2-4- Paramètres microbiologiques**

#### **1- Coliformes totaux**

Ce sont des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaire, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en **48 heures**, à des températures de **35 à 37 °C** (Rodier, 2005).

Ces bactéries existent dans les matières fécales, mais se développent dans les milieux naturels (**Potelon, 1998**).

#### **2- Coliformes fécaux ou « thermo tolérants »**

Ce sont les coliformes ayant les mêmes propriétés que les coliformes totaux (**Sutra et al, 1998**). On retrouve dans ce groupe bactérien les coliformes capables de se développer à **44 °C**, c'est-à-dire pour l'essentiel *Escherichia coli* (**Jeantet et al, 2006**).

#### **3- Escherichia coli**

Les *Escherichia coli*, communément appelés colibacilles, font partie de la flore microbienne de la partie terminale du tube digestif de l'homme et des animaux à

sang chaud (**Le Minor et Richard, 1993**). Elle produit de l'indole à 44°C à partir du tryptophane (**Afnor, 1994**).

#### 4- Streptocoques fécaux

Ce sont des commensaux de tube digestif de l'homme et des animaux, ils ont une survie assez prolongée dans le milieu naturel (**Delarras, 1998**). Il s'agit de cocci à Gram positif, de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chaînettes plus ou moins longues, non sporulées, aéro-anaérobie facultatif, ne présentant ni catalase, ni oxydase, homofermentaire (**Bourgeois et al, 1991**). Ils peuvent se développer en aérobiose, ont un métabolisme fermentatif (**Béraud, 2001**).

#### 5- Clostridium perfringens (sulfito-réducteur)

Sont classiquement définis comme des bactéries de la famille des Bacillaceae (bacilles et cocci sporulés) à Gram positif, de forme bacillaires, et anaérobies strictes (**Bourgeois et al, 1991**). Les Clostridium sulfito-réducteur sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme pore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux (**Rodier, 2005**).

#### 6- Les Salmonelles

Les bactéries de genre Salmonella appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae dont elles possèdent les principaux caractères (**Bourgeois et al, 1996**) : bacilles à Gram négatif, catalase négatif, oxydase négatif, aéroanaérobie facultatives, des parasites de l'intestin de l'homme et des animaux, elles se trouvent également dans le sol et dans les eaux contaminées (**Singleton et Sainsury, 1984**). Ces organismes mésophiles sont distribués dans le monde entier mais se rencontrent principalement dans les intestins de l'homme et des animaux et dans les milieux naturels pollués par des excréments humains ou animaux (**Huss, 1995**).

### III-2-5 Paramètres toxicologiques

Outre les pollutions bactériologiques et parasitaires, il existe également les pollutions par les nitrates, pesticides et métaux lourds notamment le plomb, le mercure, le cadmium, l'arsenic, le cuivre, le zinc et le chrome. Ces métaux se trouvent à l'état naturel sous forme de traces dans le sol, ce qui ne pose pas de problème. Cependant, quand ils se retrouvent en grande concentration dans des aires particulières, ils représentent un grave danger de contamination (**BATALLA et PORTA, 2008**).

- Les métaux lourds

Les métaux sont souvent indispensables au déroulement des processus biologiques (oligoéléments), nombre d'entre eux peuvent s'avérer contaminants pour diverses formes de vie, lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-

même fonction de l'état physico-chimique (spéciation) de l'élément considéré. C'est le cas du fer (**Fe**), du cuivre (**Cu**), du zinc (**Zn**), du nickel (**Ni**), du cobalt (**Co**), du vanadium (**V**), du sélénium (**Se**), du molybdène (**Mo**), du manganèse (**Mn**), du chrome (**Cr**), de l'arsenic (**As**) et du titane (**Ti**) (**Miquel, 2001**). D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et peuvent être même préjudiciables comme le mercure (**Hg**), le plomb (**Pb**), le cadmium (**Cd**) et l'antimoine (**Sb**) (**Chiffolleau et al, 2001**). Les problèmes de contamination chimique de l'environnement sont presque toujours d'origine humaine. Le déversement dans les océans de centaines de millions de tonnes de déchets industriels, les boues évacuées par les stations d'épuration, le déversement dans la mer des produits chimiques agricoles et des eaux usées brutes non traitées en provenance des grandes villes et des centres industriels contribuent à la contamination des milieux marins côtiers ou des eaux douces (**Huss, 1995**).

Ainsi, les métaux traces sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, à la fois parce qu'ils sont naturellement présents (sources naturelles) ou parce que certaines activités de l'homme favorisent leur dispersion (source anthropique). Enfin, ils présentent un danger potentiel pour le consommateur (**Casas, 2005**). Les effets sur la santé sont des intoxications chroniques, développées sur un long terme. Le risque induit par l'ingestion chronique de métaux lourds est encadré par la notion de dose journalière acceptable (**DJA**).

#### ➤ **Le Mercure (Hg)**

La toxicité des sels varie très largement en fonction de leurs caractéristiques chimiques, minérales ou organiques, et de leur absorption par le tractus gastro-intestinal. Ainsi, les sels mercureux tels que le calomel (chlorure mercureux) sont faiblement toxiques ; par contre, la dose mortelle du chlorure mercurique se situe entre 0,15 et 0,5 g. Sous forme organique, plus de 90 % du mercure ingéré est absorbé par le tractus gastro-intestinal alors que sous forme métallique, le mercure ne l'est que faiblement (15 %).

L'intoxication par les sels mercuriques se traduit par une stomatite, des troubles neurologiques, un syndrome néphrotique. Le mercure peut aussi donner des dérivés organomercuriels de toxicité nettement plus élevée (composés alkylés, arylés, alkoyalkylés). Le mécanisme de l'action toxique pourrait être lié à une interaction avec les groupements thiols des protéines ; par ailleurs, le méthylmercure inactiverait de nombreux systèmes enzymatiques (**Rodier, 2009**).

#### ➤ **Le Plomb (Pb)**

L'OMS, dans ses dernières recommandations, indique comme valeur guide 0,01 mg/L et précise que toutes les eaux ne pourront certes satisfaire à cette valeur immédiatement mais qu'en attendant, toutes les mesures visant à réduire l'exposition totale au plomb devraient être mises en œuvre (lutte contre la corrosion) (**Rodier, 2009**).

➤ **L'arsenic**

L'arsenic est assez largement réparti dans la biosphère : les roches ignées en contiennent de 1 à 9 mg/kg, les phosphates naturels 20 mg/kg, les charbons 45 mg/kg et les pyrites 5 à 6 g/kg. Il se présente principalement sous forme de sulfures, réalgar (As<sub>2</sub>S<sub>2</sub>) ou orpiment (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)

Les risques de toxicité sont fonction du caractère de solubilité, très différent selon qu'il s'agit d'anhydride arsénieux et d'arséniat de sodium, ou d'arséniat de plomb et de chaux, de la quantité absorbée et de la durée de l'exposition. Les sulfures insolubles ne sont théoriquement pas toxiques mais peuvent le devenir par oxydation. Les composés organiques arsenicaux sont moins toxiques que les sels minéraux ; l'état trivalent est, par ailleurs, beaucoup plus toxique que l'état pentavalent. L'intoxication aiguë se caractérise par des troubles gastro-intestinaux plus ou moins accentués, des troubles hépatiques et rénaux et des manifestations cardiovasculaires d'hypertension et de tachycardie. L'intoxication chronique se traduit par des troubles digestifs, des syndromes mélanodermiques et neurologiques (**Rodier, 2009**).

➤ **Le Cadmium (Cd)**

Ce métal n'est pas naturellement présent dans les eaux, en raison de la faible solubilité des carbonates et hydroxydes. En revanche, sa présence dans les systèmes de distribution peut conduire à des concentrations non négligeables en cas de transport d'eau acide, peu minéralisée, et donc agressive. L'action de cadmium a été mise en cause en temps que facteur de l'hypertension (**HARTEMANN et MOLL, 1992**).

### **III-3 Les effets bénéfiques potentiels des eaux de boisson en bouteille sur la santé**

Les eaux en bouteille à très faible teneur en sels minéraux, telles que des eaux distillées ou déminéralisées, sont parfois offertes à la vente. Bien que de nombreuses personnes aient de tout temps consommé de l'eau de pluie qui est aussi pauvre en sels minéraux, sans que cela ne nuise apparemment à leur santé, l'**OMS** ne possède aucune preuve scientifique des bienfaits ou des risques pour la santé d'une consommation régulière de ce type d'eaux en bouteille (**OMS, 2000**).

#### **1- Les bienfaits des minéraux et oligoéléments**

A présent, cette caractéristique n'est plus exigée dans la loi et l'**OMS** indique que leurs "effets bénéfiques n'ont jamais été sérieusement prouvés". Pourtant, l'Académie de médecine reconnaît que la teneur élevée en certains minéraux peut conférer à ces eaux un rôle thérapeutique. Voici la liste des principaux minéraux et oligoéléments, et leurs qualités :

- **Bicarbonates** : interviennent de façon indirecte sur la santé, notamment quand ils sont associés au sodium. Les eaux fortement bicarbonatées (**>1000 mg/L**) peuvent alors être indiquées en cas de digestion difficile ;
- **Calcium** : favorise la minéralisation des os. Les eaux riches en calcium (**>150 mg/L**) sont donc indiquées à tous et plus particulièrement aux personnes souhaitant compléter des apports médicamenteux ou alimentaires ;
- **Fluor** : prévient les caries et participe à la minéralisation des dents. Les besoins en fluor sont variables en fonction de l'âge, mais un apport de 0,5 mg/jour est suffisant ;
- **Magnésium** : est essentiel au fonctionnement des cellules. Des eaux à fortes teneurs en magnésium (**>50 mg/L**) sont également indiquées en cas de stress et de fatigue ;
- **Sodium** : agissant sur le rythme cardiaque et sur les muscles, les eaux riches en sodium (**>150 mg/L**) peuvent être recommandées aux sportifs exerçant des activités d'endurance ;
- **Sulfates** : les eaux riches en sulfates (**>300 mg/L**) ont des effets diurétiques et laxatifs. Elles seront donc préconisées lors de certains dysfonctionnements rénaux ou bien lors d'épisodes de constipation (**LAINE, 2009**).

## 2- L'eau et nos reins

Une des fonctions des reins est la régulation de l'équilibre hydrique de notre corps, soit l'équilibre entre les entrées et les sorties journalières d'eau.

Les reins assurent plusieurs fonctions dans l'organisme. Une de leurs fonctions essentielles est l'élimination des déchets toxiques transportés par le sang. Autre rôle : maintenir le volume d'eau dans l'organisme, en équilibrant les entrées et sorties d'eau. Les reins régulent également les substances minérales indispensables à l'organisme : potassium, sodium, calcium, magnésium, chlore et phosphore.

Enfin, le rein intervient dans la production et la sécrétion d'hormones : la rénine, intervenant dans la régulation de la tension artérielle, l'érythropoïétine (EPO) qui agit sur la moelle osseuse pour produire des globules rouges et le calcitriol, qui permet l'absorption du calcium par l'intestin et sa fixation dans les os (**SOPHIE et BONDEAU, 2011**).

### III-4 Principales maladies causées par la consommation des eaux (voire Annexe)

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie, loin s'en faut. Elle véhicule en particulier nombre de micro-organismes, bactéries, virus et protistes en tout genre, qui y vivent et s'y développent, ainsi que nombre de parasites dont les hôtes ont besoin d'eau pour vivre ou se reproduire. Or de tels organismes peuvent engendrer des maladies parfois graves lorsqu'ils pénètrent dans le

corps humain. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de ces maladies que l'on dit hydriques. Les micro-organismes abondent dans les eaux souillées par les déjections animales et humaines, et leur transmission à l'homme se fait par simple ingestion d'eau infectée. Ils se propagent donc rapidement dans les pays qui ne disposent pas de bonnes conditions d'hygiène **(CNRS,2009)**.

### **III- 5. La désinfection**

La désinfection a pour but d'éliminer les microorganismes pathogènes et de garantir l'absence de tout germe infectieux (bactérie ou virus) dans les eaux distribuées. Au contraire de la stérilisation, qui permet une destruction totale des germes présents, la désinfection peut laisser subsister quelques germes banals, sans risque pour la santé publique.

Les produits ou procédés de désinfection choisis devront selon les cas posséder un effet bactéricide et/ou virulicide leur permettant de détruire des germes, et éventuellement un effet rémanent qui repose sur le maintien d'une concentration en désinfectant, assurant la continuité de la désinfection dans les réseaux de distribution d'eaux potables ou dans les circuits d'eaux industrielles et limitant les risques de recroissance bactérienne.

Pour certaines applications, on pourra encore rechercher un effet bactériostatique, qui empêche la multiplication des bactéries, sans les détruire.

Cette réduction des germes peut être obtenue par des procédés d'enlèvements physiques, tels que la coagulation/floculation ou la filtration (sur sable, anthracite, charbons actifs, diatomées ou sur membranes), ou encore par des procédés d'inactivation chimiques, faisant appel à des réactifs chimiques, comme les oxydants (chlore, ozone, dioxyde de chlore...) ou à différentes molécules à caractère non **(Rodier, 2009)**.

## Chapitre I : Matériel et méthodes.

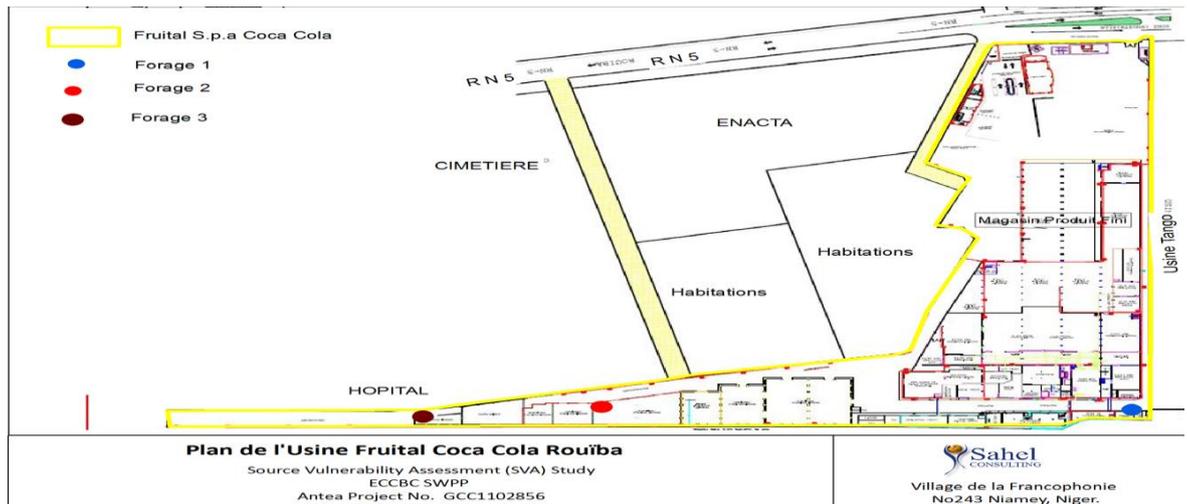
### I-1 Matériel

L'étude réalisée au niveau de l'unité **Fruital Coca-cola** à porté sur le contrôle de la station des traitements des eaux conventionnelles.

On procède à un contrôle physicochimique, microbiologique et toxicologique de l'eau de l'unité **Fruital Coca-Cola** comme matière première à partir de forage jusqu'à leur déminéralisation avec essai de produire d'une eau de table.

#### I-1.1 Présentation de l'usine Fruital Coca Cola

<b>Nom de l'usine</b>	Fruital Coca Cola de Rouïba
<b>Localisation de l'usine</b>	L'usine Fruital Coca Cola (figure 06) est située dans la commune de Rouïba à une trentaine de kilomètres de la capitale Alger.
<b>Date de création</b>	1996
<b>Superficie de l'usine :</b>	51 000 m <sup>2</sup>
<b>Nombre de lignes de production</b>	Actuellement l'usine dispose au total de six lignes d'emballage (deux lignes verre 0.3 L et 1 L., trois ligne PET et une ligne cannet). Une siroperie et une ligne fabrication caisses plastique.
<b>Marques produites.</b>	Coca Cola, Coca Cola light, Coca Cola zero, Fanta, Sprite, Schweppes, Burn et Minute Maid Pulpy
<b>Activités principale</b>	Fabrication, emballage et commercialisation des produits de la compagnie Coca Cola avec la licence d'emballageur exclusif de Coca Cola
<b>Marché</b>	Algérie
<b>Employés</b>	Environ 900 employés
<b>Heures d'Opération</b>	L'usine fonctionne 24/24 heures grâce à une rotation de shift de 8 heures 06h-14h ; 14h-22h ; 22h-06h et l'équipe de gestion et bureaux : 08h-14h



**Source:** Départements Projets et Travaux Neufs, Fruitall Coca Cola Rouïba  
**Fig.19.** Plan de l'usine Fruitall Coca Cola Rouïba .

### I-1.2 Description de la zone d'étude (Fruitall Coca-Cola)

**Occupation des terres environnantes** Fruitall Coca Cola est située dans la zone industrielle la plus importante d'Algérie voir (figure 07) au bord de la ville de Rouïba dans un lieu à forte agglomération urbaine

**Occupation des terres avoisinantes** L'environnement immédiat de l'établissement Fruitall Coca Cola est constitué par des entreprises telles que Pepsi Cola, Enacta, la route nationale RN5, la voie de chemin de fer, des habitations et un hôpital public.

L'usine Fruitall Coca Cola Rouïba est limitée :

- au Nord par la RN n°05 ;
- à l'Est par Pepsi Cola et Tango ;
- au Sud par la ligne ferroviaire reliant Alger à Thénia (secteur Est) ;
- à l'Ouest par des Habitations, ENACTA et Hôpital



Source: Google Map

**Fig. 20. Plans de Localisation de l'Usine Fruitale Coca Cola**

### **I-1.3 Historique de fruitale *Coca Cola***

Fruitale *Coca Cola* est créée en 1993, elle disposait alors d'une usine (fruitale1) khemis El khechna spécialisée dans la production des canettes et des bouteilles PET.

Dotée alors d'une capacité de production prodigieuse et de moyens à la pointe de technologie, ceci lui a valu d'être placée au rang de l'unité de fabrication la plus importante de l'Afrique du nord.

C'est alors la *Coca Cola* company fabriquant de boissons gazeuses, lui octroie une licence pour la production et la commercialisation de sa gamme de produits en Algérie. Avec ce succès garantissant une deuxième usine démarre son activité en juin 1997.

Le 15 mars 2006, le groupe espagnol E.C.C.B.C (Equatorial coca cola bottling company) entre dans l'actionnariat de la société Fruitale *Coca Cola*.

L'objectif principal étant développer l'activité de Fruitale.

## **I-2 Méthodes**

### **I-2.1. Échantillonnage**

Les échantillons sont recueillis à partir des robinets (robinet de forage, robinet de citerne de stockage de l'eau brute, robinet de filtre à sable, robinet filtre à charbon et robinet de l'eau osmosée):

Des bécans en polyéthylène de 1000mL de volume pour assurer les analyses physico-chimiques.

Des flacons stérilisés, en verre, de 250 mL de volume pour assurer les analyses bactériologiques. Le récipient utilisé doit assurer, une fois bouché, une

protection totale contre toute contamination. Il ne doit pas céder à l'échantillon de substances toxiques vis-à-vis des bactéries.

**Tableau 03: Techniques des différents échantillons analysés**

Echantillon	Lieu de prélèvement	Echantillonnage	Analyse effectuée/Fréquence
<b>Eau de process</b>	Forage/ Station de traitement	Nettoyage et désinfection de la vanne avec de l'alcool à 95 % puis flambage à plusieurs reprises sauf pour les robinets non résistant à la chaleur, leur désinfection et juste à l'alcool. Laisser couler un mince filet d'eau avant de remplir le flacon préalablement stérilisé à proximité de la flamme. On prélève environ 250ml. De chaque cuve de traitement on prélève 2 échantillons	<b>Microbiologique :</b> Chaque semaine <b>Physicochimique :</b> chaque quatre heures
<b>Etiquette</b>	Magasin	Pour chaque arrivage < 200000 étiquettes, on prélève 8 paquets	<b>Physicochimique :</b> à chaque arrivage
<b>Bouchon</b>	Magasin	Pour chaque arrivage < 50000, on prélève au hasard de chaque paquet 15 bouchons	<b>Physicochimique :</b> à chaque arrivage
<b>Préforme</b>		Pour chaque arrivage < 50000, on prélève au hasard de chaque paquet 10 préformes	
<b>Bouteilles PET soufflées</b>	Ligne de production	sur un tour complet de la souffleuse, prélever les bouteilles par numéro de moule. Prélever l'eau de rinçage des bouteilles avant soutirage	<b>Microbiologique :</b> une fois par semaine <b>Physicochimique :</b> chaque huit heures

### **I.2.2. Conditions de prélèvement**

Dans ce cas, la manipulation s'effectue dans les meilleures conditions de stérilité. Avant de procéder au prélèvement proprement dit :

- enlever les brise-jets et tuyaux de caoutchouc adaptés au robinet choisi, débarrasser celui-ci le cas échéant des concrétions calcaires, qui ont pu s'y déposer ;
- se laver très soigneusement les mains et avant-bras, les rincer à l'alcool, laisser sécher ;
- flamber le robinet pendant au moins 1 minute, en utilisant, par exemple, une lampe à souder portative au gaz butane ;
- ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement. Durant cette attente, et durant le prélèvement, il est utile qu'un assistant maintienne la lampe à souder allumée, un peu au-dessus du robinet ; l'opérateur, dans ses manipulations, pourra l'utiliser comme un bec bunsen au laboratoire.

Lorsque le prélèvement est fait par un manipulateur averti, disposant d'un récipient d'échantillonnage présenté dans le conditionnement normal décrit précédemment, procéder ainsi :

- dégager de l'emballage stérile, le sommet du flacon, ce qui libère le paquet spécial du bouchon ;
- vérifier que ce paquet est intact, tenir le bouchon de la main gauche par la partie ronde que l'on sent à travers le papier, déchirer celui-ci pour saisir le méplat par le petit doigt replié de l'autre main, selon le geste bactériologique habituel, dégager complètement le bouchon de son enveloppe, le maintenir de cette façon, rodage en bas, si possible près de la flamme durant tout le prélèvement ;
- prendre le flacon de la main gauche, l'approcher des doigts libres de la main droite, enlever avec ceux-ci le coton bouchant le goulot ;
- flamber rapidement le bord de ce goulot ; remplir presque entièrement le flacon, flamber à nouveau rapidement le bord du goulot, et mettre le bouchon (Rodier, 2009).

## I-2.3 Prélèvements à partir de forage et de station de traitement

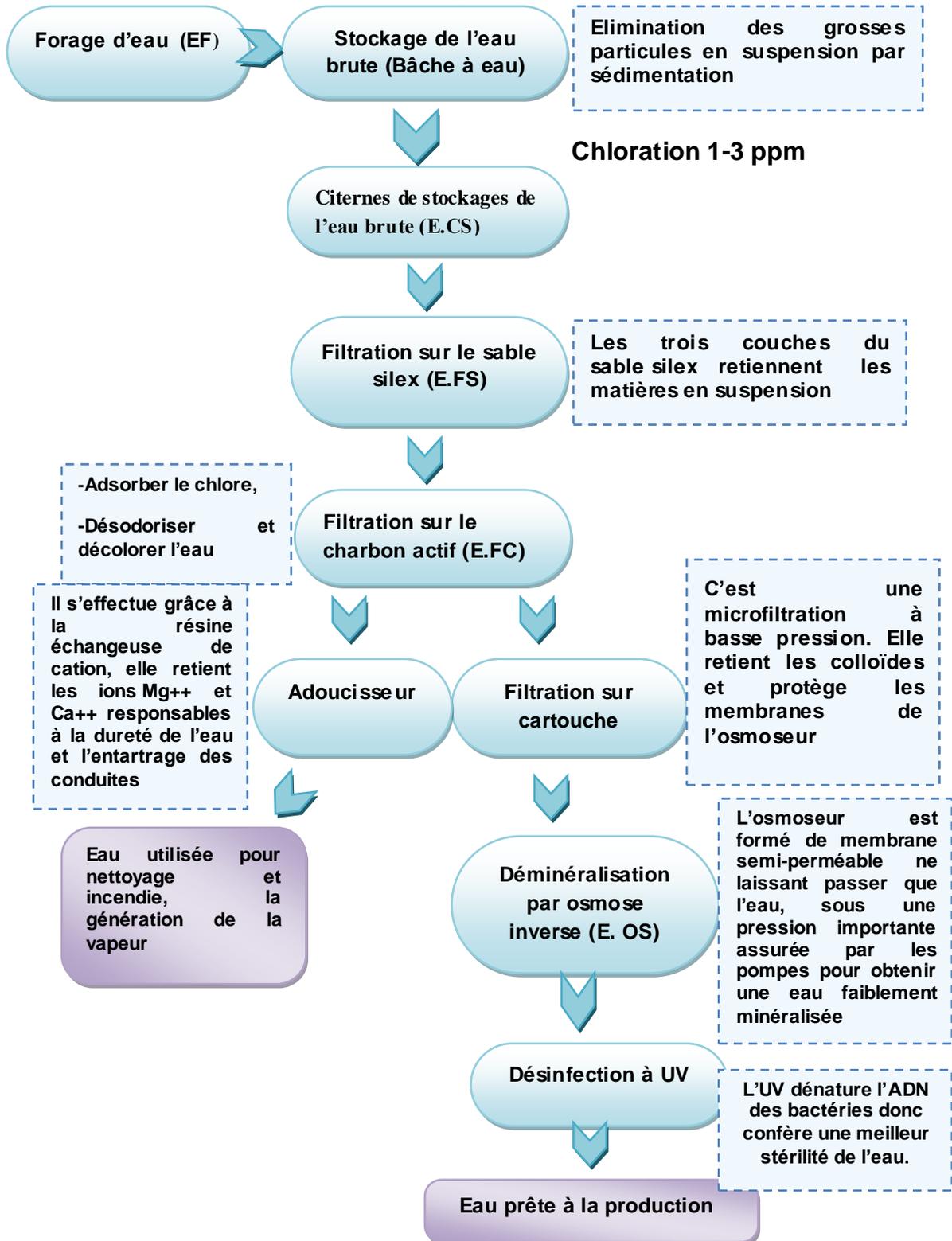
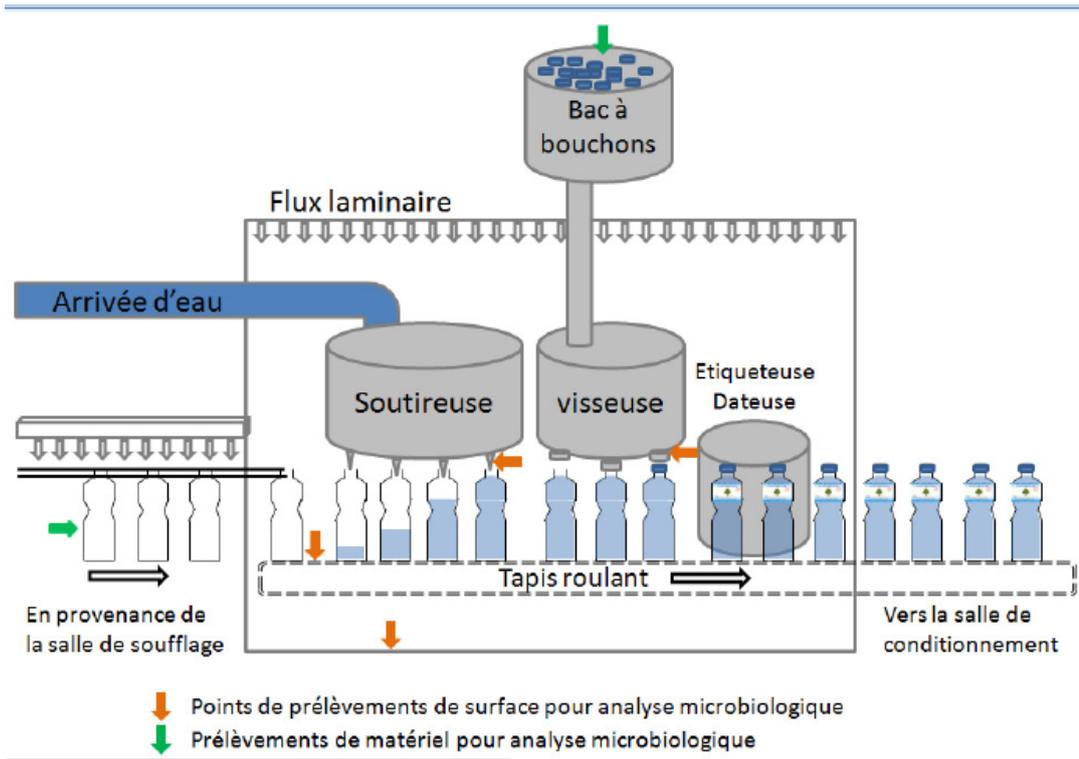


Fig.21. Diagramme de traitement de l'eau à la station de Fruitful Coca Cola.

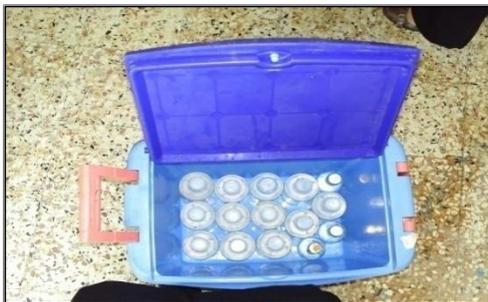
### I-2.4. Prélèvement dans la zone de conditionnement



**Fig.22.** Schéma représentatif des points d'échantillonnage dans la zone d'embouteillage.

### I-2.5. Transport et conservation des échantillons

Sachant que la stabilité de la composition microbiologique des échantillons lors de leur transport est très importante pour la détermination de la bonne ou la mauvaise qualité du produit. Les échantillons ainsi prélevés sont acheminés aux laboratoires le plus temps possible, afin de procéder aux différentes analyses tout en ayant les résultats les plus fiables.



**Fig.23.** Glacière pour le transport des échantillons.

Les différentes analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire **Fruital Coca Cola**.

### I-3. Analyses physico-chimiques

Les analyses qui ont été réalisées au niveau de laboratoire physicochimique Fruital Coca Cola concernent les paramètres physico-chimiques sont les suivantes :

- La température, le pH (potentiel d'hydrogène), la conductivité, Clore, Turbidité, le Fer et TDS sont mesurés *in situ*.
- Le dosage de TH, TAC et TA par titration.
- Le dosage des substances indésirables et de pollutions (nitrites, des nitrates, sulfate, chlorure et du phosphate) à l'aide **photomètre à filtres PF-11**.

#### 1- TEMPERATURE

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle ci joue un rôle 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.

#### 2- pH (Potentiel d'hydrogène)

- **Principe**

Le p H est mesuré directement à l'aide d'un pH – mètre.

- **\*Mode opératoire :**

- mise sous tension du pH –mètre.
- mettre l'appareil sur pH.
- introduire l'électrode dans la solution à contrôler.
- Laisser la valeur indiquée se stabilisée.
- faire la lecture de p H directement sur l'écran.
- rincer l'électrode par eau distillée après chaque utilisation.

- **\*Résultat :**

- -lecture de p H directement sur l'écran (Rodier, 2009).

#### 3- Turbidité

- **Principe**

La néphélométrie indique la mesure de l'intensité de la lumière incidente diffusée à un angle de 90.

- **Mode opératoire**

Remplir la cuvette du turbidimètre, l'essuyer à l'huile de la silicone, la placer dans l'appareil, et lire le résultat affiché. L'unité c'est NTU (unité de turbidité néphélométrie)

#### 4- Conductivité et TDS

- Principe

C'est la capacité de l'eau à conduire le courant électrique via les sels minéraux dissouts exprimé par le TDS. La conductivité électrique d'une eau ( $\gamma$ ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique ( $\rho$ ).

$$\gamma = 1/\rho = (1/R). (L/S)$$

$\gamma$  : conductivité (en  $\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$  ou  $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$ ).

$\rho$  : résistivité (en  $\Omega \cdot \text{m}$ ).

R : résistance (en  $\Omega$ ).

L : distance entre les deux électrodes (en m).

S : surface de chaque électrode (en  $\text{m}^2$ ) (Rodier, 2009).

- Mode opératoire

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau permutée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner (Rodier, 2009) et lire directement sur l'écran du conductimètre la Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{m}$ ) et TDS (ppm).

#### 5- Titre alcalimétrique (TA)

- Principe

Basé sur la neutralisation d'un volume d'eau pour un acide minérale diluée en présence d'un indicateur coloré. Le TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes alcalins et la moitié des ions carbonates

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^{2-}]$$

- Mode opératoire/Lecture

Prélever 100ml de l'eau puis rajouter la phénophtaléine, l'absence de coloration indique un  $\text{TA}=0$ , mais si une coloration rose apparaît titrer à l'acide  $\text{H}_2\text{SO}_4$  N 0.02 jusqu'à décoloration ( $\text{pH}=8,3$ ), le résultat est exprimé selon la relation :

$$\text{TA} = 10 \times V_{\text{titré}} (\text{mg/l})$$

#### 6- Titre alcalimétrique complet (TAC)

- Principe

Mesure la teneur en alcalins libres, en carbonates et en bicarbonates

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

- Mode opératoire/Lecture

Prélever 100ml de l'eau à analyser puis rajouter 4 gouttes du méthylorange et titrer à l'acide  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02N jusqu'au virage du mauve au vert ( $\text{pH}=4,3$ ). Même lecture que celle du TA

### 7- Titre hydrométrique (TH)

- Principe

Mesure globale des concentrations calcique et magnésique

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{++}] + [\text{Mg}^{++}]$$

Par la titration de ces deux ions en présence d'un indicateur coloré le N.E.T

- Mode opératoire/Lecture

Ajouter à 100ml de l'eau à analyser 4ml d'une solution tampon de pH=10 et 4 gouttes du N.E.T si on obtient une coloration bleu, le TH=0, si on obtient une coloration rouge, on titre à l'EDTA N 0,02 jusqu'au virage au bleu. Le **TH= V** titré (°F)

### 8- Chlore (Méthode colorimétrique)

- Principe

Le chlore réagit avec le réactif DPD (N, N- Diéthylphénylène-1,4 diamine) pour former un complexe de couleur rose.

- Mode opératoire/Lecture

Introduire une pastille DPD dans un volume de 10ml d'eau tout en agitant, et à l'aide d'un comparateur, on compare la couleur rose de l'échantillon pris à celle des disques étalon.

### 9- Le Fer (Méthode colorimétrique)

- Mode opératoire :

- 1- Rincer et remplir les 2 tubes avec l'eau à analyser
- 2- Placer les 2 tubes dans le comparateur
- 3- Ajouter une ampoule ferover dans le tube de droite, bien agiter.
- 4- Comparer la couleur de l'échantillon avec celle de l'appareil et effectuer la lecture du fer en mg/L

## I.4. Analyses bactériologiques

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui sont indicatrices de contamination fécales.

L'analyse débute par l'acte de prélèvement qui doit mettre en œuvre des méthodes assurant l'absence de contamination et la survie bactérienne. Sont indiquées ensuite les méthodes générales d'examen bactériologique des eaux. Toutes les opérations et manipulations concernant les analyses microbiologiques ont été réalisées dans des conditions d'asepsie assurées par : la stérilisation du matériel, le flamage et la désinfection à l'alcool, l'utilisation de la hotte microbiologique.

**I-4.1. Recherche et dénombrement des différentes germes**

Les germes recherchés sont préconisés par les normes de l'entreprise *Coca-Cola*. Ces germes sont recherchés selon le plan suivant :

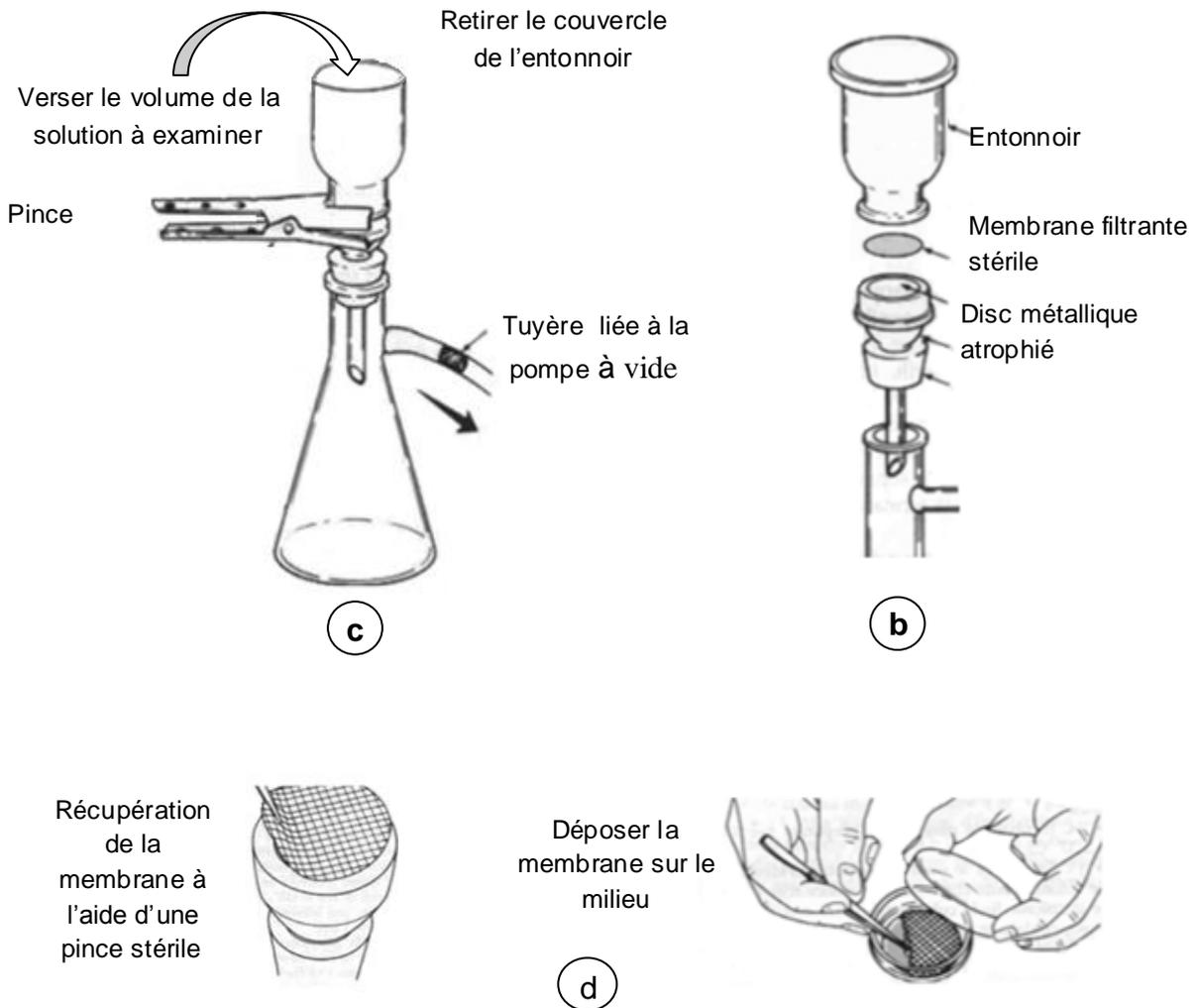
**Tableau 04: Germes recherchés dans différents échantillons.**

Echantillon	Germes recherchés	Le temps d'échantillonnage
<b>Eau de process</b>	Les germes totaux (FAMT) /1 mL Les coliformes totaux /100mL	Une fois par semaine
<b>Eau des forages (Voire Annexe)</b>	Les germes totaux (FAMT) /1 mL Les coliformes totaux /100mL Streptocoques D /50 mL Salmonella/25 mL Anaérobies sulfitoréducteur /1mL Anaérobies sulfitoréducteur /20 mL	Une fois par 6 mois Les analyses sont effectuées au niveau d'un laboratoire extérieur (voir annexe)
<b>Bouteilles soufflée PET</b>	Les germes totaux (FAMT) /1 mL Les coliformes totaux /100mL	Une fois par semaine

**I.4.2. Recherche et dénombrement des germes par Méthode de filtration**

Pour toutes les analyses microbiologiques effectuées au laboratoire **Fruital Coca-Cola**, on réalise l'ensemencement d'après les étapes suivantes :

- Inscrire sur la boîte de Pétri le numéro de l'échantillon et la date de l'ensemencement.
- Stériliser le matériel de la rampe puis le placer à l'intérieur de la hotte microbiologique.
- Placer aseptiquement les membranes filtrantes 0.45µm millipore dans la rampe de filtration.
- Filtrer le volume approprié de l'échantillon sur la membrane stérile 0,45µm à l'aide de la rampe liée à une pompe à vide.
- Retirer la membrane avec une pince préalablement flambée et la déposer sur le milieu de culture coulé dans les boites pétri.



**Fig.23. Les étapes de la recherche microbiologique par la méthode de filtration**

#### I-4.2.1 Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (FMAT)

**Tableau 05: Recherche et dénombrement des germes aérobie mésophiles totaux.**

<b>Milieu de culture</b>	MTGE (milieu gélosé)
<b>Volume de l'échantillon filtré</b>	- Eau de process : 1ml - Eau de rinçage d'une bouteille PET
<b>Incubation</b>	à 35°C, mettre les boîtes inversées, dans l'incubateur durant 72h
<b>Lecture</b>	Des colonies apparaissent sous différentes formes et couleur
<b>Expression des résultats</b>	Comptage directe des colonies sur membrane

## I-4.2.3. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux

Tableau 06: Recherche et dénombrement des coliformes totaux

<b>Milieu de culture</b>	Gélose m-Endo LES
<b>Volume de l'échantillon filtré</b>	100ml
<b>Incubation</b>	Placer les boîtes de Pétri en position inversée dans un incubateur à 35 °C ± 0,5 °C pendant 24 heures ± 2 heures le plus tôt possible après la filtration.
<b>Lecture</b>	<p>Des colonies vertes brillantes apparaissent sous deux formes : rondes et étalées.</p> <p>De façon générale, choisir la ou les membranes avec le nombre de colonies acceptables, de préférence à l'intérieur des limites de quantification, et exprimer le résultat en unités formant des colonies (UFC) par 100 ml d'échantillon selon l'équation générale suivante :</p> $UFC/100\ ml = \frac{\text{Nombre de colonies de coliformes totaux}}{\text{Volume d'échantillon analysé en ml}} \times 100$

## I-5. Analyse de l'emballage

Tableau 07: Analyse des préformes, bouchons, Etiquettes.

Echantillon	Mode opératoire/ Lecture
<b>Préforme</b>	<p>On effectue que des tests physiques qui comprennent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-la mesure du poids à l'aide d'une balance</li> <li>-contrôler la présence de bulles d'air dans la paroi, de rayures, de taches à la surface, de résine non mélangée.</li> <li>-le goulot ne doit pas être endommagé ni contenir des bulles d'air.</li> <li>-la mesure des dimensions d'une préforme, commençant par sa longueur, son diamètre intérieur et extérieur et son épaisseur à l'aide d'un pied à coulisse.</li> </ul>
<b>Bouchon</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Le bouchon doit être identique à l'échantillon standard approuvé y compris le texte.</li> <li>-sur 80 échantillons, examiner la présence de poussière, de roille surtout au niveau d'ondulation, d'éraflures (sous forme de stries ou de taches blanches ou noirs).</li> <li>-la matière formant le joint ne doit pas être déformée.</li> <li>-la mesure des dimensions : hauteur, diamètre intérieur et extérieur</li> </ul>

<b>Etiquette</b>	<p>Pour l'étiquette, on effectue le test à la soude, qui renseigne sur la qualité du papier.</p> <p>-préparer une solution à la soude à 5%.</p> <p>-prélever la quantité nécessaire de la solution de soude à faire tremper une vingtaine d'étiquettes.</p> <p>-introduire les étiquettes sur un agitateur chauffant, porter à 80°C puis activer l'agitateur durant 15 minutes. Les étiquettes ne doivent pas former une bouillie ni se décomposer le long de ces 15 minutes</p>
------------------	--

**Tableau 08 : Analyse des bouteilles PET.**

	Tests	Mode opératoire/ Lecture
<b>Bouteille soufflée</b>	<b>Epaisseur</b>	En utilisant l'appareil de mesure de l'épaisseur, introduire la bille à l'intérieur de la bouteille, placer la bouteille sur la sonde et faire coulisser la bille jusqu'aux points de contrôle suivant : le point de cristallisation, la base, le talon, le corps, l'épaule inférieure et supérieure. Lire la valeur sur l'écran digital
	<b>Diamètre</b>	Placer le circomètre autour de la bouteille au niveau de: l'épaule, le corps, talon.
	<b>Hauteur</b>	Etalonner le zéro de l'appareil Trusquin, positionner la bouteille et lire la hauteur
<b>Bouteille remplis</b>	<b>Contrôle du couple de vissage</b>	Placer la bouteille sur le torque mètre et l'immobiliser entre les supports. Après avoir réglé les aiguilles sur le zéro, faire tourner le bouchon pour l'ouvrir, jusqu'au moment où il est possible de tourner sans effort. Lire la valeur indiquée par l'aiguille.

## I-6. Analyses des paramètres indésirables et de pollution

Pour déterminer la quantité des substances toxiques (chlorure, phosphate, nitrite, nitrate et sulfite) dans l'eau on a utilisé le **photomètre à filtre PF-11**.

### I-5.1 Détermination de chlorure (Cl<sup>-</sup>)

- **Principe**

La détermination colorimétrique des ions de chlorures dans les eaux. Les ions de chlorure réagissent avec le thiocyanate de mercure (II) pour former de chlorure(II) non dissocié. Le thiocyanate libre développe par réaction avec des ions Fe(II) une coloration orange.

- **Mode opératoire**

- 1- Rincer les tubes A et B.
- 2- Verser 5mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B.
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil.

- 4- Choisir le filtre N° 3 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil. N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B.
- 5- Ajouter 10 gouttes de cl<sup>-</sup> 1 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 6- Ajouter 10 gouttes de cl<sup>-</sup> 2 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 7- Nettoyer le tube mesure B.
- 8- Laisser reposer pendant 1 minute
- 9- Maitre l'échantillon dans l'appareil PF-11 pour mesurer le chlorure. Puis click sur le bouton M.
- 10- Lire la valeur sur l'écran de l'appareil.

### I-5.2 Détermination de Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

La détermination colorimétrique des ions de Phosphate dans les eaux.

- **Principe**

Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former de l'acide phosphomolybdique lequel sera réduit en bleu de molybdène.

- **Mode opératoire**

- 1- Rincer plusieurs fois les 2 tubes A et B.
- 2- Verser 10 mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B.
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil.
- 4- Choisir le filtre N° 6 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil. N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B.
- 5- Ajouter 10 gouttes de Phosphate<sup>-</sup> 1 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 6- Ajouter 10 gouttes de Phosphate<sup>-</sup> 2 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 7- Nettoyer le tube mesure B.
- 8- Laisser reposer pendant 10 minutes
- 9- Maitre l'échantillon dans l'appareil PF-11 pour mesurer le Phosphate. Puis click sur le bouton M.
- 10- Faire le lecteur sur l'écran de l'appareil.

### I-5.3 Détermination des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

- **Principe**

On milieu acide les ions nitrites forment avec la sulfanilamide un sel de diazonium qui couplé avec amine de naphthyle forme un colorant rouge violet

- **Mode opératoire**

- 1- Rincer plusieurs fois les 2 tubes A et B.

- 2- Verser 05 mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B.
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil.
- 4- Choisir le filtre N° 4 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil. N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B.
- 5- Ajouter 04 gouttes de  $\text{NO}_2^-$  1 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 6- Ajouter une cuillère de  $\text{NO}_2^-$  2 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 7- Nettoyer le tube de mesure B.
- 8- Laisser reposer pendant 10 minutes
- 9- Maitre l'échantillon dans l'appareil PF-11 pour mesurer les Nitrites. Puis click sur le bouton M.
- 10-Lire la valeur sur l'écran de l'appareil

#### I-5.4 Détermination des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

- **Principe**

Les ions nitrates sont réduits en ions nitrites en milieu acide ceux-ci forment un colorant azoïque jaune orange.

- **Mode opératoire**

- 1- Rincer plusieurs fois les 2 tubes A et B.
- 2- Verser 05 mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B.
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil.
- 4- Choisir le filtre N° 3 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil. N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B.
- 5- Ajouter 05 gouttes de  $\text{NO}_3^-$  1 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 6- Ajouter une cuillère de  $\text{NO}_3^-$  2 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 7- Nettoyer le tube mesure B.
- 8- Laisser reposer pendant 5 minutes
- 9- Maitre l'échantillon dans l'appareil PF-11 pour mesurer les Nitrates. Puis click sur le bouton M.
- 10-Lire la valeur sur l'écran de l'appareil

### I-5.5 Détermination des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

La détermination des ions sulfates est particulièrement importante pour l'appréciation de l'agressivité d'une eau sur le béton. Le sulfate, un composant naturel de l'eau, se forme dans de nombreux processus de fabrication et parvient dans les eaux usées même après neutralisation.

- **Principe**

Le sulfate réagit avec les ions baryum pour former un précipité de sulfate de baryum. Dans des conditions particulières, on tire profit de cette turbidité pour déterminer la concentration.

- **Mode opératoire**

- 1- Rincer plusieurs fois les 2 tubes A et B.
- 2- Verser 10 mL d'échantillon d'eau dans chacun des 2 tubes de mesure A et B.
- 3- Placer le tube de mesure témoin A dans l'appareil.
- 4- Choisir le filtre N° 2 puis cliquer sur le bouton nul Zéro pour étalonner l'appareil. N'ajouter du réactif qu'au tube de mesure B.
- 5- Ajouter 10 gouttes de sulfate<sup>-</sup> 1 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 6- Ajouter une cuillère de sulfate<sup>-</sup> 2 au tube de mesure B. Fermer le récipient et mélanger.
- 7- Nettoyer le tube mesure B.
- 8- Laisser reposer pendant 1 minute
- 9- Maitre l'échantillon dans l'appareil **PF-11** pour mesurer les sulfates. Puis click sur le bouton M.
- 10- Lire la valeur sur l'écran de l'appareil

## Chapitre II : Résultats et discussions

### II- Résultats

E. F : Eau de forage // E.O.I : Eau de l'Osmose Inverse.

E. F .CH : Eau de Filtre à charbon // E. F. S : Eau de Filtre à sable.

#### II-1. Résultats des analyses physicochimiques

##### II-1.1. Résultats des analyses physicochimiques de l'eau (voir annexe).

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau de Forage et de l'eau de process de l'unité **Fruital Coca Cola** sont représentés sous forme des tableaux, et regroupés en annexe I, Nous traiterons séparément les différents paramètres comme suit :

##### II-1.1.1. Résultats des analyses organoleptiques.

✚ D'après les résultats obtenus on a remarqué que les caractères organoleptiques de l'eau avant traitement par osmose inverse sont bons, mais après usage par l'osmose inverse l'eau elle présente un goût fade et désagréable.

- Selon les normes de l'unité **Fruital Coca Cola** l'eau doit être présente une apparence normale et ne présente ni goût ni odeur anormale. Donc les résultats obtenus sont conforme aux normes vis-à-vis des usages industrielles.
- L'eau avant traitement est conforme aux normes comme eau de boisson, mais l'eau osmosée n'est pas conforme à la norme pour leur utilisation comme eau de table.

**Tableau 09 : Résultats des analyses organoleptiques.**

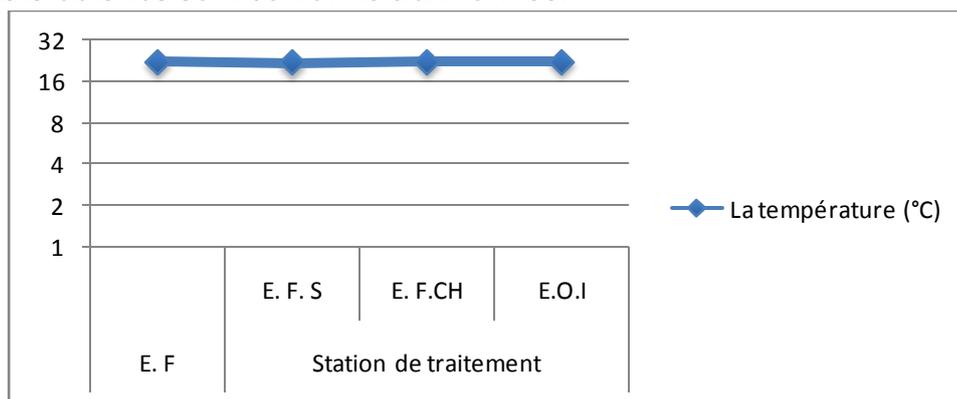
Les paramètres physico-chimiques	Essai N°	E. F	Eau de la station			E.O.I Pour utiliser comme eau de boisson	Normes De potabilité
			E. F. S	E. F.CH	E.O.I Pour usage industrielle		
Le Gout, Odeur et Aspect.	1	BON	BON	BON	BON	Goût fade et désagréable	doit avoir une saveur faible et agréable.
	2	BON	BON	BON	BON		
	3	BON	BON	BON	BON		
	4	BON	BON	BON	BON		
	5	BON	BON	BON	BON		

	6	BON	BON	BON	BON			
<b>Normes De l'unité Fruital Coca Cola</b>		Pas de mauvais goût, Odeur et aspect: Néant						

### II.1.1.2 .La température (°C)

Dans la zone d'étude, nous avons remarqué que cette température ne présente pas de grandes variations d'un point de prélèvement à l'autre (**Figure 24**) et reste toutefois voisine de la température moyenne  $22,09 \pm 0,13$  °C avec un minimum de  $21,82 \pm 0,13$  °C et un maximum de  $22,25 \pm 0,43$  °C. La température de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement est stable.

- **Selon le JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°34 (Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011)** concernant les eaux souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations la température ne doit pas dépasser **25°C** donc les résultats obtenus sont conforme aux normes.



**Fig.24 : Variation de la température de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement.**

### II.1.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

On a enregistré d'après les résultats obtenus que le pH de l'eau de forage, de l'eau de filtre à sable et de l'eau de filtre à charbon est stable et tend vers la neutralité avec un pH moyen de  $7,13 \pm 0,15$  durant tous les trois premières prélèvements. Par contre on à enregistré une diminution notable de pH de l'eau provenant de l'osmose inverse qui tend vers l'acidité avec une valeur de  $5,23 \pm 0,37$ .

- Selon le **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°34 (Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011)** concernant les eaux de source le **pH** (Concentration en ions hydrogène) est compris entre  $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$  donc l'eau obtenu par osmose inverse n'est pas

conforme aux normes comme eau de table par contre l'eau de forage, de filtre à sable et de filtre à charbon sont conforme aux normes comme eau de table.

- Selon les normes de l'unité **Fruital Coca Cola** concernant l'eau de process:
  - ❖ Le pH de l'eau de la sortie de filtre à sable est compris entre **6,5 et 7,5**.
  - ❖ Le pH de l'eau de la sortie de l'osmose inverse est **≥ 4,9**.

Les résultats obtenus sont conforme aux normes seulement pour des usages industriels (la reconstitution des aliments).

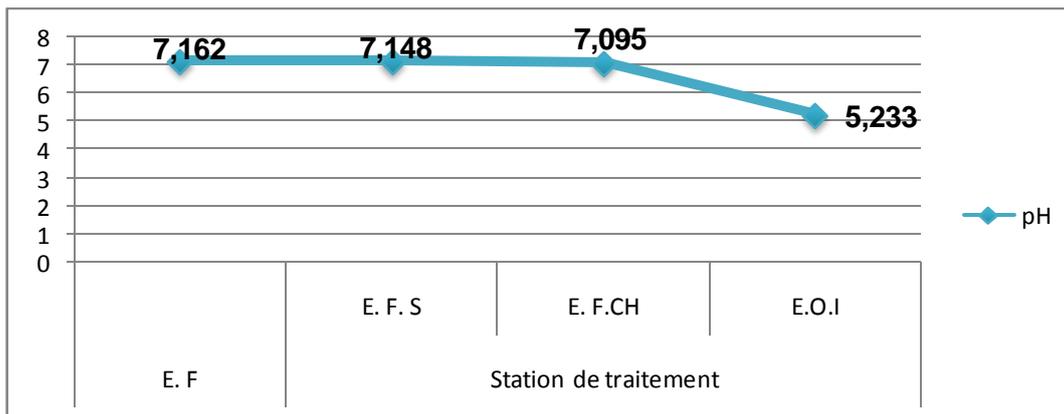
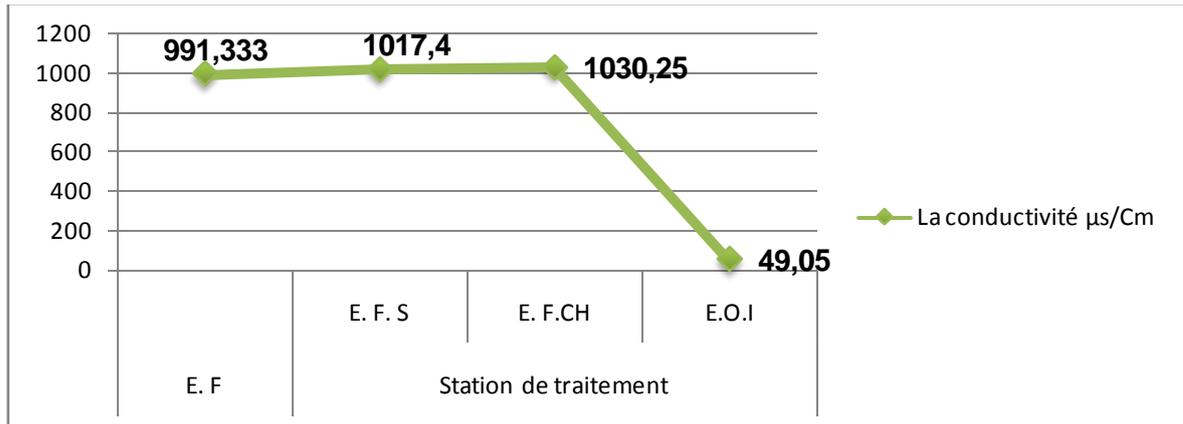


Fig.25 : Variation du pH de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement.

#### II.1.1.4. La conductivité électrique.

D'après les résultats obtenus on a enregistré une légère variation de la conductivité électrique au niveau de l'eau de forage, de l'eau de filtre à sable et de l'eau de filtre à charbon mais ne montrent pas des variations notables avec une valeur moyenne de **1012,99± 18,93 µs/Cm**. Par contre on a enregistré une diminution notable de la conductivité électrique de l'eau provenant de l'osmose inverse avec une valeur de **49,05± 20,62 µs/Cm**.

- Selon le **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°34 (Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011)** concernant les eaux de source, la conductivité électrique ne doit pas dépasser **2800 µS/cm à 20°C**. L'eau avant traitement par l'osmose inverse est conforme à la consommation humaine comme eau de table, par contre l'eau osmosée n'est pas conforme à la consommation humaine comme eau de table.
- Les résultats obtenus sont conformes aux normes exigées par l'entreprise **Fruital Coca Cola**.

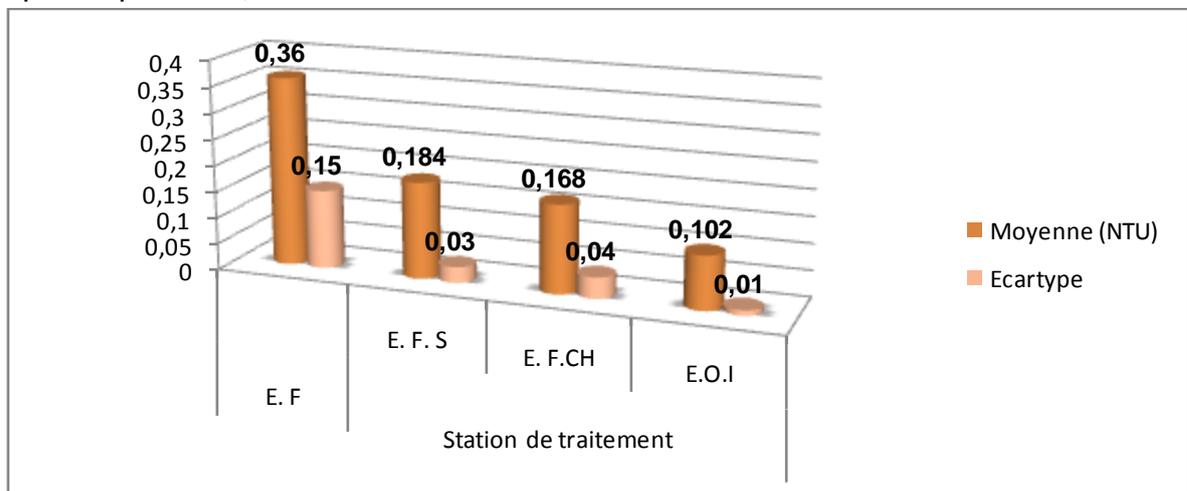


**Fig.26 : Variation de la conductivité de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement.**

### II.1.1.5. La turbidité.

D'après nos résultats, on a marqué une diminution notable de la turbidité dans un traitement à l'autre où on a enregistré une valeur moyenne maximale de la turbidité au niveau de l'eau de forage qui est de  $0,36 \pm 0,15$  NTU, par contre dans l'eau osmosée on a enregistré une valeur moyenne minimale de la turbidité qui est de  $0,102 \pm 0,01$  NTU.

- Selon les normes de l'unité **Fruital Coca Cola** concernant la turbidité ne doit pas dépasser **0,5 NTU**, donc les résultats obtenus sont conformes aux normes.



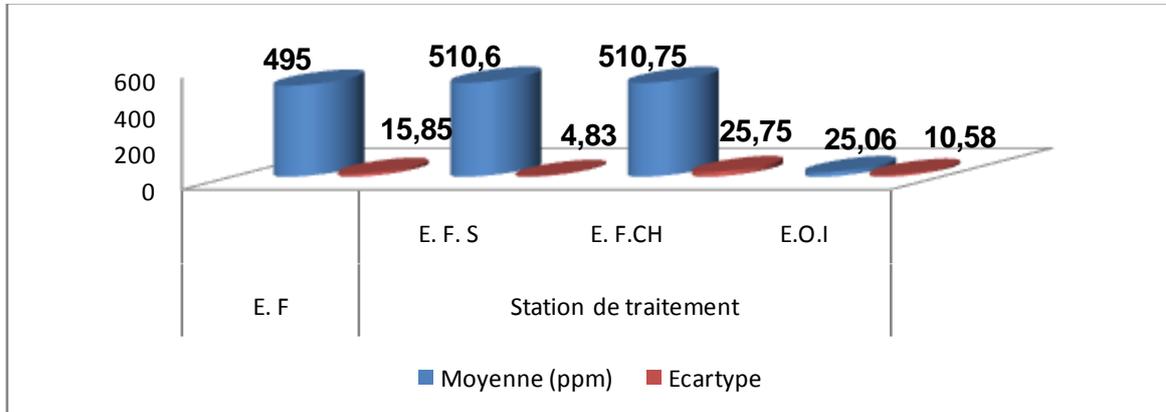
**Fig.27 : Variation de la Turbidité de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement.**

### II.1.1.6. Taux des sels dissouts (TDS).

On remarque d'après les résultats obtenus que le **TDS** au niveau de l'eau de forage, de l'eau de **F. S** et de l'eau de **F.CH** est stable avec une valeur moyenne maximale de  $505,45 \pm 15,47$  ppm par contre on a enregistré une valeur moyenne minimale au niveau de l'eau de **O.I** qui est de  $25,06 \pm 0,58$  ppm.

➤ Selon les normes de l'unité **Fruital Coca Cola** concernant le taux des sels dissouts (**TDS**) de l'eau de sortie de l'osmose inverse ne doit pas dépasser **500 ppm**. Donc les résultats obtenus sont conformes aux normes.

➤ Selon le **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°34 (Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011)** concernant les eaux souterraines, la conductivité électrique ne doit pas dépasser **2000mg/L**. L'eau osmosée n'est pas conforme aux normes comme eau de table.



**Fig.28: Variation de la TDS de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement des eaux.**

### II.1.1.7. Titre hydrométrique (TH)

On remarque d'après les résultats obtenus que le **TH** au niveau de l'eau de forage, de l'eau de **F. S** et de l'eau de **F.CH** est presque stable avec une valeur moyenne maximale de **34,69 ± 1,51 °F (346,9 mg/L de CaCO<sub>3</sub> °F (138,76mg/L de Ca<sup>2+</sup> et 83,26mg/L de Mg<sup>2+</sup>)** par contre on a enregistré une valeur moyenne minimale de **TH** au niveau de l'eau de l'**O.I** qui est de **2,88± 1,84 °F (28,8 mg/L de CaCO<sub>3</sub> (11,52mg/L de Ca<sup>2+</sup> et 9,91 mg/L de Mg<sup>2+</sup>))**

- Selon le **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°34 (Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011)** concernant les eaux de sources, le **TH** doit être compris entre **100 et 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub> (75 à 200 mg/L en calcium et 150 mg/L en Magnésium)**. Donc les résultats obtenus avant traitement de l'eau par osmose inverse sont conformes aux normes comme eau de table, par contre l'eau osmosée n'est pas conforme aux normes comme eau de table.
- Les résultats obtenus sont conformes aux normes exigées par l'entreprise **Fruital Coca Cola**.

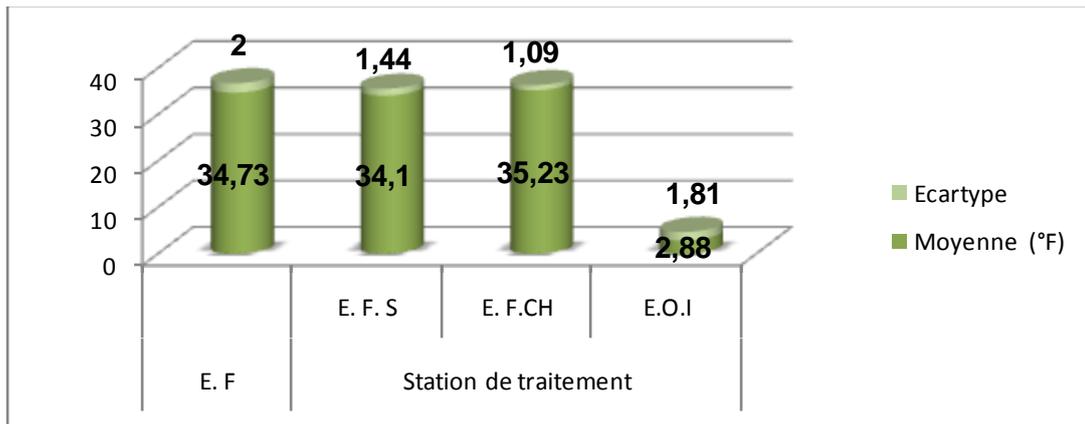


Fig.29: Variation de TH de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement des eaux.

### II.1.1.8. Titre alcalimétrique simple et complet (TAC).

Les résultats de **Titre Alcalimétrique Complet** obtenus au niveau de l'eau de forage, de l'eau de Filtre à Sable et de l'eau de Filtre à charbon sont stables avec une valeur moyenne de **249,33 ±16,05 mg/L**. Par contre on marque une diminution remarquable de **TAC** au niveau de l'eau osmosée avec une valeur moyenne de **33,33±5,16 mg/L**.

On même temps on à enregistré une absence totale de titre alcalimétrique simple **TA=0 mg/L**

- Selon les normes de l'unité **Fruital Coca Cola** concernant le **TAC** de l'eau de sortie de l'osmose inverse doit être **<8,5°F (85mg/L)**. Donc les résultats obtenus sont conformes aux normes.

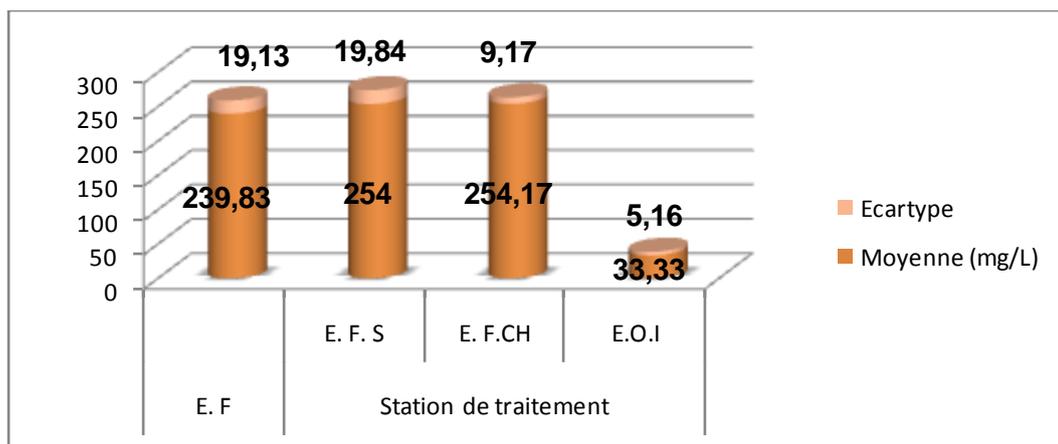
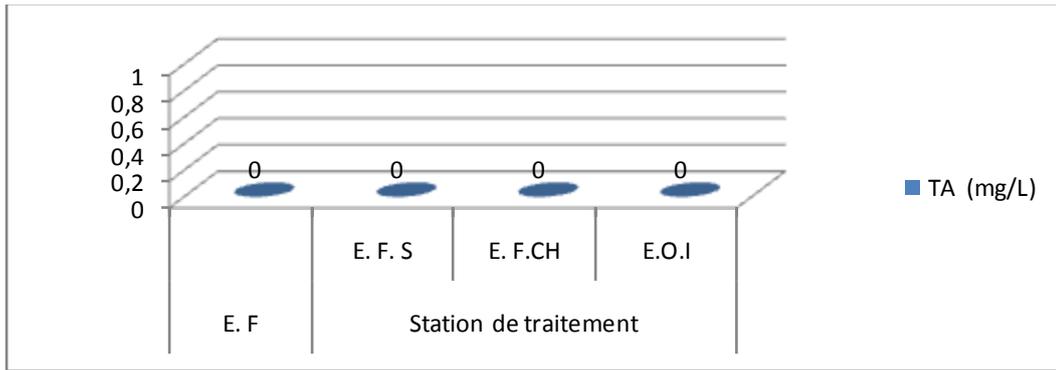


Fig.30: Variation de TAC de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement des eaux.



**Fig.31: Variation de TA de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement des eaux.**

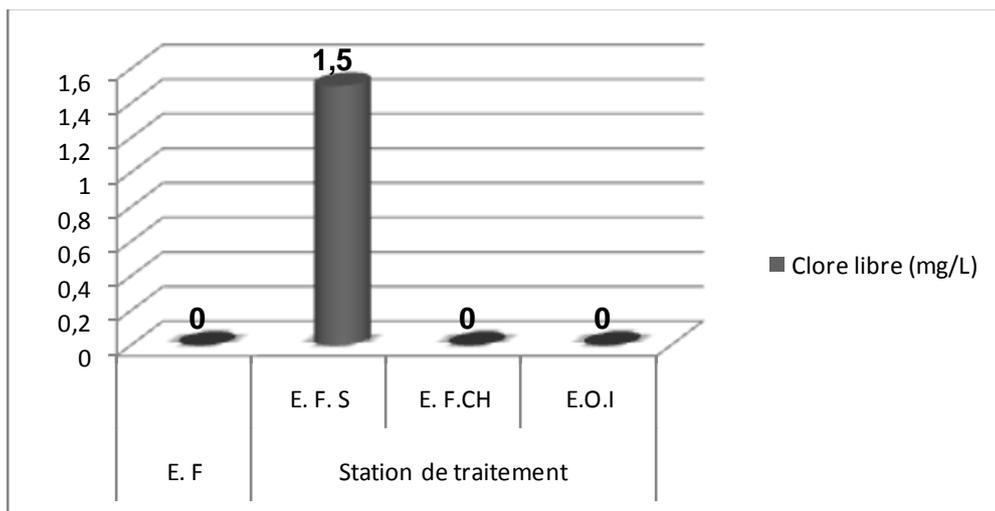
### II.1.1.9. Chlore libre et total

Les résultats de dosage de chlore libre obtenus nous montrent l'absence totale de chlore libre au niveau de l'eau de forage, de l'eau de filtre à charbon et au niveau de l'eau osmosée, mais on a enregistré une valeur de **1,5 mg/L** au niveau de l'eau de filtre à sable. On a enregistré aussi l'absence totale de chlore total au niveau de l'eau de filtre à charbon.

➤ Selon les normes de l'unité **Fruital Coca Cola** concernant :

- ❖ Le chlore libre de l'eau de filtre à sable doit être compris entre **1 et 3 ppm**.
- ❖ Le chlore total de l'eau de filtre à charbon doit être **0 ppm**.

Donc les résultats obtenus sont conformes aux normes.



**Fig.32: Variation de chlore libre et de chlore totale de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement des eaux.**

### II-1.2. Analyse physicochimique de l'emballage

On à enregistré d'après les tests réalisés sur les préformes l'absence des éraflures et des bulles d'air, la conformité des dimensions (hauteur, diamètres) et de la masse, donc les résultats obtenus sont conformes aux normes exigées par **Fruital Coca Cola**.

En c'est concerne les bouchons, on remarque seulement une masse légèrement supérieur à la norme cela est peut être dû à une densité peu élevé de la matière des bouchons, mais ça ne pose pas problème tant que le reste des paramètres est acceptables.

Le test à la soude révèle l'absence de bouilli et de la décomposition du papier ce qui assure la qualité satisfaisante de ce papier.

**Tableau 10 : Résultats des analyses physicochimie de l'emballage**

Produits analysés	Tests effectués	Essai 1	Essai 2	Essai3	Normes
<b>Préforme</b>	Eraflures	Abs	Abs	Abs	<b>Absence</b>
	Bulles d'air	Abs	Abs	Abs	<b>Absence</b>
	Hauteur	147.98	148.20	147.44	<b>148±0.7mm</b>
	Ø intérieur	21.80	21.79	21.83	<b>21.75±0.1 mm</b>
	Collerette	33.04	33.09	33.07	<b>33±0.3 mm</b>
	Masse	49.82	49.93	50.36	<b>50 ±0.5 g</b>
<b>Bouchon</b>	Lithologie	<b>correcte</b>	<b>correcte</b>	<b>correcte</b>	-
	Rouille	Abs	Abs	Abs	<b>Absence</b>
	Corrosion	Abs	Abs	Abs	<b>Absence</b>
	Hauteur	20,05	19,99	20,05	<b>20±0.3mm</b>
	Ø interne	29,80	29,96	29,96	<b>29.9±0.4mm</b>
	Ø externe	30,94	30,99	30,99	<b>30.8±0.3mm</b>
	Masse	3,29	3,30	3,15	<b>3±0.1g</b>
<b>Etiquette</b>	Test à la soude	Abs	Abs	Abs	<b>Absence de bouillis et de décomposition</b>

### II-1.3. Analyses physicochimies des bouteilles soufflées.

D'après les résultats obtenus au niveau de **tableau 11** on remarque que l'épaisseur et le diamètre des deux premiers essais sont conformes à la norme

tandis que la partie talent du troisième essai présente une épaisseur supérieure et un diamètre inférieur à la norme ; cette non-conformité due à une mauvaise répartition de la température des préformes (partie talent plus froide que le reste des zones), ceci avait entraîné l'éclatement des bouteilles lors du remplissage à la soutireuse.

Le moyen de correction de cet éclatement consiste à substituer ces préformes par d'autres, dont leurs répartition de T° est homogène, ou alors augmenter la température émise vers la zone talon.

Pour la hauteur des bouteilles soufflées, les résultats obtenus sont conformes à la norme se qui confirme la bonne répartition de la matière le long de la bouteille lors du soufflage ainsi que la bonne qualité des préformes au préalable.

**Tableau 11 : Résultats des analyses physicochimies des bouteilles soufflées.**

	Mesures effectuées		Essai 1	Essai 2	Essai 3	Normes
<b>Bouteille soufflée</b>	Diamètres	Epaule sup	82.5	82.7	82	<b>84±0.64</b>
		Corps	82	82	82	<b>82±0.64</b>
		Talent	84.3	84.4	<b>83.45*</b>	<b>84±0.64</b>
	Epaisseurs	Epaule supérieure	0.39	0.38	0.37	<b>0.30±0.05</b>
		Epaule inférieure	0.19	0.20	0.17	<b>0.29±0.05</b>
		Corps	0.17	0.15	0.14	<b>0.29±0.05</b>
		Fond	0.22	0.24	0.31*	<b>0.29±0.05</b>
		Point inj	2.70	2.68	2.50	<b>1.55±0.05</b>
	Hauteur		274.69	274.98	274.55	<b>±</b>

## **II-2. Résultats des analyses des substances de pollutions et des substances indésirables.**

### **II-2.1. Dosage de la concentration des substances de pollutions.**

D'après les résultats obtenus on à remarqué :

- ❖ Une concentration stable des sulfates au niveau de l'eau de forage et de l'eau de charbon actif (**118 et 119 mg/L**), on à enregistré aussi une faible valeur des sulfates au niveau de l'eau osmosée qui est **<20 mg/L**.
- ❖ Une concentration maximale de chlorure à été enregistrée au niveau de l'eau de forage qui est de **55 mg/L** et une concentration minimale qui à été enregistrée au niveau de l'eau de charbon actif qui est **<1 mg/L**. on à

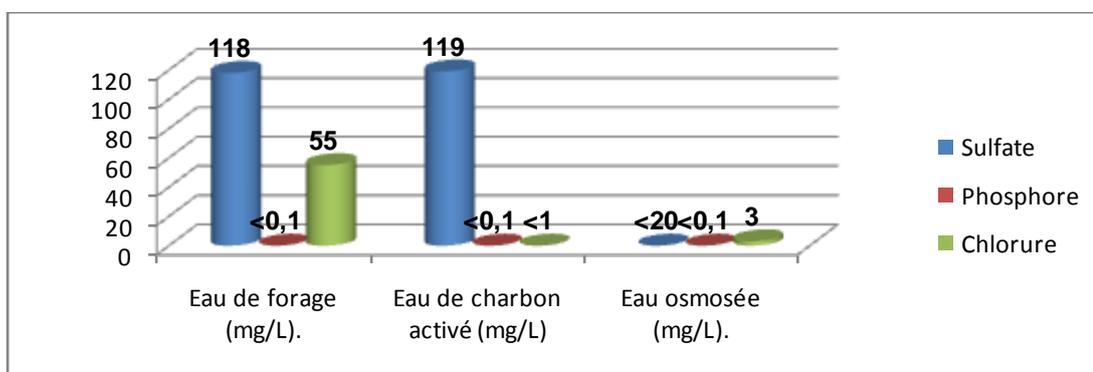
enregistré aussi une augmentation de chlorure au niveau de l'eau osmosée (**3mg/L**).

- ❖ Une concentration stable de phosphore qui est **<0,1mg/L**.

Selon le **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°34 (Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011)** concernant les eaux de source, les concentrations doivent être comprises entre :

- ❖ **200 et 400 mg/L** de Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).
- ❖ **200 et 500 mg/L** de Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).

Selon les normes de l'unité **Fruital Coca Cola** concernant les concentrations en sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et en Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) de l'eau de sortie de filtre à charbon doivent être **<250mg/L** soit en Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) ou soit en sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Donc les résultats obtenus sont conformes aux normes.



**Fig.33: Dosage de la concentration de Sulfate, de Phosphore et de chlorure dans l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement des eaux.**

## II-2.2. Dosage de la concentration des substances indésirables.

D'après les résultats obtenus on a remarqué :

- ❖ Une concentration stable des nitrites au niveau de l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement des eaux qui est **<0,02 mg/L**.
- ❖ Une concentration maximale de nitrate a été enregistrée au niveau de l'eau de forage qui est de **28mg/L** et une concentration minimale qui a été enregistrée au niveau de l'eau osmosée qui est de **4 mg/L**.
- ❖ Absence totale de Fer dans l'eau qu'on a analysé.

➤ Selon le **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°34 (Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011)** concernant l'eau de forage la concentration en Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), en Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et en Fer ne doivent pas dépasser:

- ❖ **50 mg/L** de Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).
- ❖ **0,1 mg/L** de Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).
- ❖ **0,3 mg/L** de Fer (Fe).

Donc les résultats obtenus sont conformes aux normes.

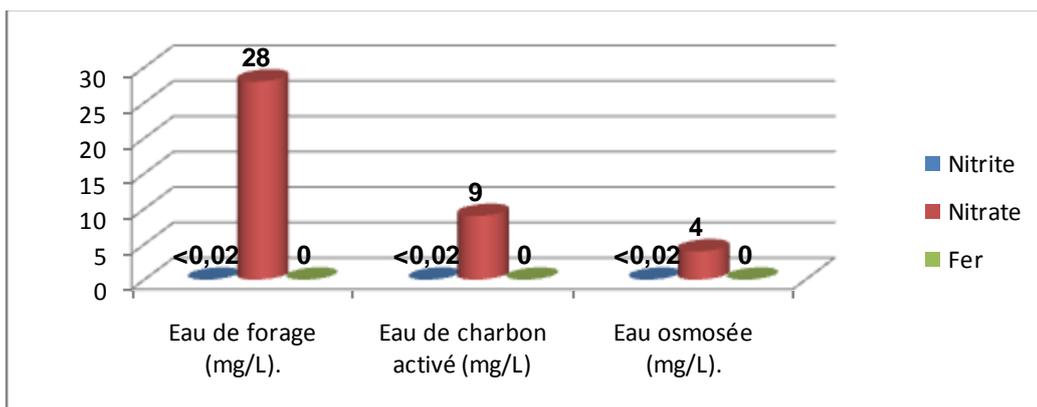


Fig.34: Dosage de la concentration des Nitrates, des Nitrites et de Fer dans l'eau de forage et de l'eau de la station de traitement des eaux.

### II.3. Résultats des analyses microbiologiques de l'eau

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process obtenues à partir des contrôles hebdomadaire de tout type d'eau, sont présentés dans des tableaux.

#### II.3.1. L'eau des forages

Le tableau suivant représente les résultats des analyses microbiologiques de l'eau des forages I et II de l'unité **Fruital Coca Cola**.

D'après les résultats obtenus on remarque l'absence totale des coliformes totaux dans les deux forages de l'unité **Fruital Coca Cola**, mais on a enregistré la présence des germes totaux dans les deux forages qui varie de **1 à 4 colonies** pour **100 mL** de l'eau, ce qui implique que les eaux de forages sont potables et sains de point de vue bactériologique.

Tableau 12: Résultats des analyses microbiologiques de l'eau des forages.

Echantillons	Germes totaux Norme : <25UFC/1ml			Coliformes totaux Norme : 0UFC/100ml		
	Essai1	Essai 2	Essai 3	Essai1	Essai 2	Essai 3
Eau de forage I	3	1	2	abs	abs	abs
Eau de forage II	3	2	4	abs	abs	abs

UFC : Unité formant colonie

#### II.3.2. L'eau de process

Le tableau suivant représente les résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process de l'unité **Fruital Coca Cola**.

D'après les résultats obtenus on remarque l'absence totale des coliformes totaux dans tous les types d'eau de l'unité **Fruital Coca Cola**, mais on a enregistré la présence des germes totaux dans les tous les types d'eau où on a noté **1 à 3** colonies pour **100 mL** de l'eau et l'absence totale des germes totaux dans l'eau après UV.

Les résultats obtenus sont conformes à la norme tolérée par l'unité **Fruital Coca Cola**.

**Tableau 13: Résultats de l'analyse microbiologique de l'eau de process.**

Echantillons	Germes totaux Norme : <25UFC/1ml			Coliformes totaux Norme : 0UFC/100ml		
	Essai1	Essai 2	Essai 3	Essai1	Essai 2	Essai 3
Eau du filtre à sable	1	0	2	abs	abs	abs
Eau du filtre à charbon	0	3	2	abs	abs	abs
Eau osmosée	0	1	0	abs	abs	abs
Eau après UV	0	0	0	abs	abs	abs

**UFC** : Unité formant colonie.

### II.3.3. Résultats du contrôle microbiologique de l'emballage

Selon la méthode de dénombrement par filtration de l'eau de rinçage des bouteilles, on avait trouvé des résultats satisfaisants concernant la FMT (<50 UFC).

**Tableau 14: Résultats de l'analyse microbiologique de l'eau de rinçage des bouteilles PET.**

	Eau de rinçage des bouteilles PET			Normes
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	
<b>FAMT</b>	4	1	2	<b>&lt;50 UFC</b>

## II- 4. Discussion

✚ Au vu des résultats obtenus, on remarque sur le plan bactériologique pour ce qui est des analyses de l'eau de l'unité **Fruital Coca Cola**, pas de nette différence dans les teneurs pour les différents germes recherchés entre l'eau de forages et l'eau de process cela peut s'expliquer :

Pour l'analyse de l'eau issue du forage, filtre à sable, filtre à charbon, de l'osmose inverse, l'eau désinfectée aux UV et de l'eau de rinçage des bouteilles révèlent des valeurs tolérables en germes de la flore aérobie mésophile totale (**entre 0 et 4 germes**) absence totale des coliformes totaux et germes

pathogènes (bulletins d'analyse externe Voir Annexe) donc les résultats obtenus sont dus :

- Aux conditions hygiéniques respectées dans l'entreprise.
- A l'efficacité de désinfectant utilisé (chlore).
- Exposition des bouteilles lors du soufflage à des températures supérieures à **100°C**.
- Absence des sources de pollution (rejets domestiques) dans la zone étudiée.

Selon Rodier (2009), Les exigences réglementaires portant en particulier sur des témoins de pollution fécale constituent des signaux d'alarme extrêmement précoces. *Après le traitement*. Le risque est essentiellement fonction de la qualité de l'eau brute et de la filière. En effet, lors de l'utilisation d'une eau de bonne qualité, il est difficile d'appréhender les dysfonctionnements, ces derniers ne se traduisant pas par une augmentation des indicateurs. Toute défaillance devient inacceptable, même si elle se traduit par des signes mineurs, comme une simple élévation anormale des dénombrements bactériens.

L'eau embouteillée est soumise, selon les directives du Conseil des communautés européennes, à des exigences très sévères de qualité, concernant notamment les dénombrements bactériens.

Selon Hartemann et Moll (1992), les bouteilles en plastiques sont extrudées à chaud, sont certainement stériles au sortir de la machine et se contaminent à l'air avant d'arriver à la soutireuse lors de l'aspiration et de stockage. Les germes trouvés sont principalement des moisissures.

✚ Sur le plan physico-chimique pour le goût l'eau de l'osmose inverse elle présente un goût fade et désagréable puisque l'eau est déminéralisée par l'osmose inverse. La minéralisation de l'eau suivant qu'elle est faible ou importante introduit un goût plus ou moins accentué et on peut distinguer par conséquent certains crus d'eau. Une eau potable de bonne qualité doit avoir une saveur faible et agréable. Pour que l'eau soit considérée comme n'ayant pas de goût particulier, certains sels tels que le chlorure de calcium, l'hydrogénocarbonate de sodium, doivent être présents à une concentration voisine de celle de la salive (Rodier, 2009).

✚ Pour le facteur température les valeurs enregistrées soit au niveau de l'eau de forage ou soit au niveau de l'eau de la station de traitement sont stables. La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air. Pour que l'eau potable soit désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15 °C ; entre 20 et 25 °C, elle désaltère mal. À titre indicatif, les anciennes directives du Conseil des communautés européennes fixaient à 12 °C le niveau guide de la température de l'eau destinée à la consommation humaine, et à 25 °C, la température à ne pas dépasser.

✚ L'OMS ne recommande aucune valeur. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant, une

température élevée (supérieure à **20 °C**) favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs. Par contre, une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier, 2009). Pour éviter ces inconvénients ils ont utilisés le chlore comme désinfectant à partir de la bâche à eau jusqu'à filtre à charbon.

✚ Pour le pH de l'eau provenant de l'osmose inverse la diminution notable enregistré (**5,23 ±0,37**) est due à la déminéralisation de l'eau à l'aide de l'osmose inverse donc le pH correspond à la dureté (**TH**) et **TDS** de l'eau, il augment avec l'augmentation de **TH** et **TDS** et diminue avec la diminution de **TH** et **TDS**.

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans ces phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la dureté, le dioxyde de carbone, l'alcalinité et la température. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par exemple : Un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution (Rodier, 2009). Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (Chapman et al., 1996).

✚ Pour la conductivité électrique la diminution enregistré de l'eau provenant de l'osmose inverse (**49,05± 20,62 µS/cm**), est due à la déminéralisation de l'eau à l'aide de l'osmose inverse. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm (DE VILLERS et al, 2005).

✚ Pour la turbidité de l'eau la diminution enregistrée au cours de tous les stades de la station de traitement montre l'efficacité des traitements effectués c-à-d la diminution de la quantité des particules en suspensions dans l'eau. Selon Rodier (2009), l'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

✚ Pour le **TDS** de l'eau provenant de l'osmose inverse la diminution notable enregistrée (**10,58±25,06**) est due à la déminéralisation de l'eau à l'aide de l'osmose inverse (élimination de **Ca<sup>2+</sup>** et **Mg<sup>2+</sup>**). Une eau dont la minéralisation est inférieure à **600 mg/L** est généralement considérée comme bonne ; au-delà de 1 200 mg/L, elle devient, sauf accoutumance, assez désagréable (Rodier, 2009).

✚ Pour le **TH**, **TAC** et **TA** de l'eau provenant de l'osmose inverse des diminutions notables enregistrées (**TH (2,88± 1,84 °F)**, **TAC (33,33±5,16 mg/L)** et **TA (0 mg/L)** avec un **pH < 8,3 (5.23)**) sont dues à la déminéralisation de l'eau à l'aide de l'osmose inverse (élimination surtout les cations **Ca<sup>2+</sup>** et **Mg<sup>2+</sup>**).

- On peut considérer qu'une eau ayant une teneur inférieure à **75 mg/L de CaCO<sub>3</sub>** (c'est-à-dire **7,5 ° F** de TH calcique) ou à **30 mg/L** de Ca est une eau douce et qu'au-dessus, il s'agit d'une eau dure. Selon Rodier (2009), la productivité des eaux douces est assez nettement liée à la teneur en sels de calcium et de magnésium ; son maximum correspondrait à une alcalinité totale en calcium de **25 mg/L**. La directives du Conseil des communautés européennes indiquaient comme teneur du calcium dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de **100 mg/L**. Elles précisait aussi une concentration minimale requise de **60 mg/L** de calcium ou cations équivalents pour l'eau livrée à la consommation humaine et ayant subi un traitement d'adoucissement (Rodier, 2009).
- Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS ne recommande pas de valeur mais indique qu'une dureté élevée peut provoquer la formation de dépôts tandis qu'une faible dureté peut engendrer des problèmes de corrosion (Rodier, 2009).
- Les eaux potables de bonne qualité renferment de **100 à 140 mg/L** de calcium soit **150 à 200 mg** en **CaO** ou **250 à 350 mg** en **CaCO<sub>3</sub>**.

✚ Dans les eaux naturelles, l'alcalinité, exprimée en **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**, varie de **10 à 350 mg/L**. Pour une eau ne contenant que des hydrogénocarbonates (cas le plus fréquent), **TA = 0**, **TAC = HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**. Une alcalinité comprise entre **25 et 50 mg/L** se rencontre dans la plupart des cours d'eau en région à substrat acide. Dans les régions calcaires l'alcalinité varie de **100 à 250 mg/L**. Pour les eaux adoucies ou déminéralisées livrées à la consommation humaine, il est conseillé que l'alcalinité ne doit pas être inférieure à **2,5** degrés français (Rodier, 2009).

✚ La valeur trouvée au niveau de l'eau de filtre à sable (**1,5 mg/L**), représente le volume de chlore utilisé pour la désinfection de l'eau pour éviter les risques de contamination au cours de transfert de l'eau de la bêche à eau vers la station des traitements des eaux, et l'absence de chlore totale au niveau de filtre à charbon signifie que le filtre à charbon il est très efficace. Selon Rodier (2009), le chlore lorsqu'il est présent dans le bon dosage, il détruit les micro-organismes nocifs, il élimine de nombreux polluants et empêche l'eutrophisation. Cependant, il est indispensable de contrôler continuellement la teneur en chlore, puisqu'un excès en chlore porte préjudice au goût et à l'odeur de l'eau et agit en plus de manière dangereuse. On fait la distinction entre le chlore libre et le chlore lié (chloramines); la somme des deux donne le chlore total.

✚ La diminution de la concentration des sulfates et des Nitrates dans l'eau osmosée par rapport à l'eau de forage, de filtre à sable et de l'eau de filtre à charbon, elles sont expliquées par l'élimination de la grosse quantité de ces substances par l'osmose inverse.

Selon Rodier (2009), la concentration de sulfates de l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles

d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, corrosion), l'OMS recommande comme valeur limite **250 mg/L**. En ce qui concerne l'écotoxicité éventuelle des sulfates, certains auteurs qualifient de « normales » les eaux présentant une concentration en sulfates inférieure ou égale à **20 mg/L** et de « particulières, plus ou moins séléniteuses ou polluées » les eaux de concentration comprise entre **20** et **120 mg/L**.

L'OMS recommande pour les eaux destinées à la consommation humaine une valeur limite de **50 mg/L** ( $\text{NO}_3^-$ ) et précise qu'il doit être tenu compte aussi de la concentration en nitrites de telle façon que la somme des rapports des concentrations (en nitrates et nitrites) par rapport à leurs valeurs guides respectives doit être inférieure à **1** (Rodier, 2009).

✚ La concentration de Fer (**0 mg/L**), de nitrite (**<0,02 mg/L**) et de phosphore (**<0,1 mg/L**) sont stables dans l'eau.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, en raison de risques de taches sur les appareils sanitaires, l'OMS recommande une valeur de Fer guide de **0,3 mg/L**. Les directives du Conseil des communautés européennes indiquent un niveau guide de **0,2 mg/L** (Rodier, 2009).

Selon Rodier (2009), En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active ; les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (de l'ordre de **0,01 mg/L**). En dessous d'un centième de mg/L, les eaux peuvent être considérées comme pures ou se trouvant sous l'action d'une autoépuration active.

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à **0,5 mg/L** doivent constituer un indice de pollution (Rodier, 2009).

✚ La diminution notable de la concentration des chlorures dans l'eau de charbon actif est due à l'efficacité de charbon actif d'éliminer le chlorure de **55mg/L** jusqu'à **<1 mg/L** et l'augmentation de la concentration de chlorure dans l'eau osmosée (**3 mg/L**) est due à l'injection des réactifs utilisés dans les prétraitements de l'osmose inverse tel que l'injection de l'acide chlorhydrique et bisulfate de sodium et hexamétaphosphate de sodium.

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à **25 mg/L** (Rodier, 2009).

---

## Conclusion

L'eau dans l'industrie agroalimentaire, ne peut être utilisée à l'état brut, car l'admission de cette eau directement dans le produit fini peut avoir des conséquences néfastes, d'où l'importance de traitement de cette eau. Dans ce cadre vient notre objectif qui avait porté sur les études de la qualité physicochimiques, microbiologiques et analyse des substances indésirables et de pollutions de l'eau de process de l'entreprise **Fruital Coca Cola** en vue de leur commercialiser comme eau de table. Les différentes analyses effectuées sur les échantillons de l'eau nous à permis de conclure que :

Les valeurs d'analyses microbiologiques de l'eau brute, de l'eau de process et de l'eau de rinçage de l'emballage **PET** enregistrées nous permettent d'affirmer qu'ils sont satisfaisants et conformes aux normes recommandées (réglementation Algérienne et réglementation propre à l'entreprise).

Les valeurs d'analyses physicochimiques de l'eau brute, de l'emballage **PET** enregistrées et des substances indésirables et de pollution nous permettent d'affirmer qu'ils sont satisfaisants et conformes aux normes recommandées (réglementation Algérienne et réglementation propre à l'entreprise).

Les valeurs physicochimiques de l'eau osmosée enregistrées, nous permettent d'affirmer qu'ils sont satisfaisants et conformes aux normes recommandées (réglementation propre à l'entreprise), mais ne sont pas conformes aux normes pour destiner à l'alimentation en eau potable des populations comme eau de table.

Une mauvaise qualité organoleptique de l'eau osmosée (goût fade et désagréable) liée à leur pH acide.

La déminéralisation de l'eau par l'osmose inverse diminue le **pH, TDS, TH, TAC**, la turbidité et la conductivité électrique de l'eau.

L'eau osmosée leur conductivité est **<100 µS/cm** : donc leur minéralisation est très faible.

L'eau osmosée ne contient pas de chlore.

L'eau étudiée contient que des hydrogénocarbonates (cas le plus fréquent), **TA = 0, TAC = HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

D'après notre étude on peut constater les recommandations suivantes :

- Reminéralisation de l'eau osmosée soit par addition directe des sels minéraux, soit par le mixage avec de l'eau brute de la sortie de filtre à charbon pour avoir les valeurs exigées par les réglementations (correction en sels minéraux) concernant les eaux de table.
- Utilisation de chlore pour la désinfection de l'eau brute à partir de l'eau de la bûche à eau jusqu'à filtre à charbon avec le respect de la dose (**1 à 3 ppm**).
- Eviter les risques de la contamination de l'eau après UV.
- Préservation de la propreté des machines et des locaux de production pour éviter la contamination par le nettoyage et désinfection.
- Définir les points critiques pour les interventions préventives et curatives.

Protéger la zone de captage de l'eau contre les risques qui peuvent contaminer l'eau souterraine qui sont :

- ✓ Les rejets industriels de la zone qui connaitre des activités industrielles très intenses.
- ✓ Rejet des eaux usées des habitations voisines. La commune de Rouïba, où se situe l'usine **Fruital Coca Cola**, comporte **62 000 habitants** avec une densité de **1 290 ha/km<sup>2</sup>** selon le dernier recensement (R.G.P.H, 2004).
- ✓ L'utilisation raisonnable des engrais et des pesticides par les agricultures.

En perspective, il serait intéressant pour continuer notre travail par la reconstitution de l'eau de table avec la reminéralisation de l'eau osmosée soit par addition directe des sels minéraux, soit par le mixage avec de l'eau brute de la sortie de filtre à charbon pour avoir les valeurs exigées par les réglementations (correction en sels minéraux)

Par ailleurs, il serait également intéressant d'analyser et recherche les métaux lourds et les germes suivants **Salmonelles**, **Staphylocoques**, **vibrions** et **Pseudomonas aérogénosa** dans l'eau des forages et étudier le contrôle de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de table après reconstitution en fin poursuivre leur stabilité lors de stockage et conservation.