

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSENGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université SAAD DAHLAB à BLIDA
Faculté Des Sciences Agro –Vétérinaires et Biologiques
Département des Sciences Agronomiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE
L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE EN SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE
Option : Nutrition et Contrôle des aliments

Thème

Effet de l'emballage (verre, plastique, aluminium) sur la stabilité des paramètres physico-chimiques et microbiologiques d'une boisson gazeuse Coca-Cola au cours du stockage à trois différentes températures (4c°, ambiante, 45c°)

Présenté par:

OUCHABANE Yasmina

Devant les membres de jury :

MR RAMDANE S	MMA	USDB	Président
MR.KHALI M	MCA	USDB	Promoteur
MME.BOUTEKRABT L	MCA	USDB	Examinatrice
MR HAJ SADOK T	MCB	USDB	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE :
2012/2013



Remerciement

Avant de commencer, je tiens d'abord à remercier le bon dieu pour m'accorder la patience et la sérénité pour la réalisation de ce travail

Je remercie tout d'abord les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.

Je tiens à remercier mon promoteur Mr Khali Mustapha, MCA au département de biologie (USDB) qui m'a encadré et encouragé pour accomplir ce travail.

Je remercie mon Co-promoteur Mr Ghemari Redha et Mr kaci karim d'avoir me guidé afin de réaliser un travail de qualité, ainsi de leur soutien lors des moments durs.

Je remercie également, toute l'équipe de laboratoire contrôle qualité de l'unité Fruitale Coca-Cola avec qui j'ai eu la chance de travailler, pour leur gentillesse, leurs conseils techniques.

En fin, je saisis cette occasion pour éprouver ma gratitude envers toute personne ayant collaboré à l'élaboration de ce travail avec des conseils précieux et le soutien moral.

Yasmina.

Dédicace

En premier, je dédie ce travail à ceux que j'ai de plus cher dans vie :

A mon père qui reste toujours vivre dans nos cœurs

A ma mère qui nous a aidés énormément grâce à ces conseils sa tendresse et sa lucidité.

A mon très cher frère « Abdelghani » et ma belle sœur « Mahira »

A ma chère sœur (Nadia) et son mignon et charment fils (Abdellah) et mon beau frère

« Ammar »

A mon très cher frère « Mohammed » et ma belle sœur « Saidia » et sa belle fille « Rania »

et son mignon fils « Mohammed »

À toute la famille « OUCHABANE » et « HAMMOUM »

À mon amie, sœur, copine, voisine, qui m'a accompagné toutes ces années dans les bons et mauvais moments de ma vie « Halima » et à toute sa famille

À mes chères copines : Nassima, Dalila, Samira, Meriem, Asma, Zineb, Lydia, Salma

A tous mes collègues de ma promotion Master II nutrition et contrôle des aliments qui j'ai passé avec eux des moments inoubliables

Merci pour vous tous, pour le courage qui vous m'avez donné, pour les bons moments qui vous m'avez offert, pour tous les meilleurs souvenirs que j'ai vécu avec vous. Merci.

Yasmina

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les boissons gazeuses et sur l’emballage

I.1.Généralités sur les boissons gazeuses.....	2
I.1.2.Définition.....	2
I.1.3.Classification des boissons gazeuses.....	2
I.1.4. Que sont les boissons à base de cola.....	4
I.1.5.Composition chimique da la boisson gazeuse Coca Cola.....	4
I.1.6.Matières premières et additifs.....	4
I.2.Généralités sur l ’emballage.....	10
I.2.1.Introduction.....	10
I.2.2.Définition.....	11
I.2.3.Les fonctions d’emballage.....	11
I.2.4.Matériaux pour le conditionnement des boissons.....	13
I.2.5.Les différents facteurs du milieu extérieur qui jouent un rôle dans l'altération.....	16

Chapitre II : Technologie de fabrication

II.1.Technologie de fabrication de la boisson gazeuse Coca-Cola à l’unité Fruitale.....	18
II .1.1.Traitement de l’eau de forage.....	18
II.1.2.Préparation de la boisson.....	21
II.1.3.Conditionnement.....	22
II.2.Nettoyage et désinfection.....	26
II.3.Défauts et altérations.....	28

Chapitre III : Matériels et méthode

III.1.Matériels.....	29
III.1.1.Matériel biologique.....	29
III.1.2.Matériel non biologique.....	29
III.2. Méthodes.....	29

III.2.1. Méthode d'échantillonnage.....	29
III.2.2. Analyses physicochimiques.....	31
III.2.2.1. Matière première.....	31
III.2.2.1.1. L'eau de process.....	31
III.2.2.1.2. Sucre.....	33
III.2.2.1.3. Le dioxyde de carbone.....	34
III.2.2.1.4. Analyse de l'emballage.....	35
III.2.2.2. Produits intermédiaire.....	37
III.2.2.2.1. sirop.....	37
III.2.2.3. Produit finis.....	37
III.2.2.3.1. La boisson Coca cola.....	37
III.2.2.3.2 Le produit fini au cours de stockage.....	40
III.2.3. Analyses microbiologiques.....	41
III.2.3.1. Préparation des échantillons.....	41
III.2.3.2. Recherche et dénombrement des différents germes.....	41
III.2.3.3. Recherche microbiologique par méthode de filtration.....	42
III.2.3.4. Les analyses microbiologiques de l'ambiance.....	42
III.2.3.5. Les analyses microbiologiques des équipements de production.....	43
III.2.3.6. Le produit fini au cours de stockage.....	45

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Résultats des analyses physicochimiques.....	46
IV.1.1. L'eau de process.....	46
IV.1.2. Le sucre.....	49
IV.1.3. Le dioxyde du carbone.....	49
IV.1.4. Les résultats des analyses du sirop simple et sirop fini.....	49
IV.1.5. Résultats des analyses de produit fini au cours de stockage.....	51

IV.2 Résultats des analyses microbiologiques.....	62
IV.2.1 Eau de process.....	62
IV.2.2. Le sucre.....	63
IV.2.3. Produits intermédiaires.....	63
IV.2.4.Produits finis.....	63
IV.2.5.Emballage.....	64
IV.2.6. Air ambiant.....	64
IV.2.7.Matériels de production.....	65
IV.2.8. produit fini au cours de stockage à différente température (4°C, ambiante, 45°C).....	65
Conclusion.....	67
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Techniques des différents prélèvements analysés	30
Tableau 2: Démarche expérimentale pour le produit fini ou cours de stockage.....	40
Tableau 3: Germes recherchés dans différents échantillons.....	41
Tableau 4: Démarche expérimentale pour le produit fini ou cours de stockage.....	45
Tableau 5: Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau de forage (eau brute).....	46
Tableau 6 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau du filtre à sable.....	46
Tableau 7 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau du filtre à charbon.....	47
Tableau 8: Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau adoucie.....	47
Tableau 9 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau osmosée.....	48
Tableau 10 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur le sucre.....	49
Tableau 11 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur le CO ₂	49
Tableau 12: Résultat de l'analyse physicochimique du sirop simple.....	50
Tableau 13 : Résultats de l'analyse physicochimique du sirop fini.....	50
Tableau 14: Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process.....	62
Tableau 15 : Résultats des analyses microbiologique du sucre.....	63
Tableau 16: Résultats des analyses microbiologiques du sirop simple et du sirop fini.....	63
Tableau 17: Résultats des analyses microbiologiques du produit fini.....	64
Tableau 18 : Résultats de l'analyse microbiologique de l'eau de rinçage des bouteilles et des canettes.....	64
Tableau 19: Résultats des analyses microbiologiques de l'air ambiant.....	65
Tableau 20 : Résultats des analyses microbiologiques du process de production.....	65
Tableau 21 : Résultats des analyses microbiologiques de la boisson gazeuse.....	66

Liste des figures

Figure 1 : Schéma des différents types de boissons gazeuses.....	3
Figure 2 : Structure de la caféine.....	10
Figure 3 : structure chimique de PET.....	15
Figure 4: Facteurs extrinsèques des denrées alimentaires.....	17
Figure 5 : Diagramme de traitement des eaux à la station de Fruital.....	20
Figure 6: Diagramme de fabrication de la boisson gazeuse conditionnée dans les bouteilles en PET (original).....	23
Figure 7: préforme	24
Figure 8 : Moule de soufflage.....	24
Figure 9: Bouteille PET.....	24
Figure 10: Schéma des quatre principes d'action en NEP.....	26
Figure 11: Diagramme du NEP suivi à l'unité de Fruital (Originale).....	26
Figure 12 : Procédé de filtration sur membranes.....	42
Figure 13: Les étapes du contrôle microbiologique de l'air par aspiration.....	43
Figure 14: les étapes de l'ensemencement de l'ATP métrie.....	44

Abréviations

Abs: Absence

ACPC : Appareil de Contrôle de la Pureté du CO₂.

CIP: clining in place=NEP : Nettoyage en place

CT: coliformes totaux

DMA: Density Meter A.

DPD: Diéthyle Phénylène Diamine

°F : degré Français.

GT : germes totaux

Linge 10/14 : ligne de production ayant une souffleuse à 10 fours et 14 moules

L&M : Levures et Moisissures

M.air.T : code de l'appareil du contrôle microbiologique de l'air

M±E : Moyenne, Ecartype

MTGE : Milieu Tryptone Glucose Extrait de levure

N : Normalité

NTU : Unité Nephelométrique de la Turbidité.

O.D.S : Opérateur De la Station du traitement de l'eau

OGA : Oxytetracycline Glucose Agar

PET : Polyéthylène Téréphtalate.

PPM : Particule par Million.

T° : Température

TA : Titre Alcalimétrique,

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TDS : Taux des sels dissous

UV : Ultra Violet.

V : volume

μS : Micro Siemens.

Glossaire

Amorphe : un composé amorphe est un composé dans lequel les atomes ne respectent aucun ordre à moyenne et grande distance.

Edulcorant : Est un produit ou substance ayant un goût sucré.

Xénobiotique : Est une substance qui est étrangère à l'organisme vivant.

Lipophile: Une substance lipophile (ou hydrophobe) est soluble dans un corps gras.

Hydrophile : Un composé peut être soluble dans l'eau (hydrosoluble) ou les solvants polaires.

Amphiphile : Une espèce chimique est lorsqu'elle possède à la fois un groupe hydrophile et un groupe hydrophobe.

Les alcaloïdes : sont des molécules organiques hétérocycliques azotées basiques pouvant avoir une activité pharmacologique.

Introduction

Les industries de l'agro-alimentaire doivent répondre aux préoccupations et exigences des consommateurs. Pour cela, ils cherchent à améliorer la qualité de la matière première tout en utilisant un procédé et un conditionnement qui préservent cette qualité (**Berlinet, 2006**).

Chez l'homme, le besoin en eau est un besoin vital puisque la diète hydrique maximale supportée par l'organisme est de 7 jours. Les apports nutritionnels conseillés en eau sont par conséquent de 2,5 à 3 L par jour et les boissons participent à plus de la moitié dans la couverture de ce besoin indispensable (soit 1 à 1,5 L par jour). Les boissons permettent donc d'étancher la soif mais on les consomme aussi pour leur goût, sucré, acidulé et leur fraîcheur (**Ferdot, 2005**).

La qualité des boissons est liée d'une part aux conditions d'hygiène et aux processus d'élaboration, et d'autre part aux conditions de stockage, de distribution et de commercialisation.

En effet, le choix d'un procédé de conditionnement implique le choix d'un emballage alimentaire adéquat et vice-versa, et ce, afin d'assurer la compatibilité contenant-contenu et la bonne conservation des denrées alimentaires emballées (**Aboutayeb, 2011**).

Cependant, dans les boissons gazeuses à forte teneur en eau, le produit peut être siège de différentes réactions d'altération physico-chimiques et microbiologiques et même l'emballage peut influencer comme source de contamination des produits emballés.

Dans cette optique on s'est proposé d'étudier l'influence de durées de stockage à différentes températures sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques, de la boisson gazeuse Coca Cola conditionnée en bouteille PET (50 cl), verre (100 cl) et aluminium (33cl) fabriquée à l'unité fruital (Coca Cola).

Chapitre I : Généralités sur les boissons gazeuses et sur l'emballage

I.1. Généralités sur les boissons gazeuses

I.1.1. Généralités

Les boissons rafraichissantes apportent une contribution non négligeable à la prise de liquides (eau) nécessaire à l'hydratation de l'organisme. Elles sont donc quantitativement une partie importante de la prise alimentaire quotidienne. Une formulation optimale de boissons rafraichissantes doit inclure à part l'eau, un produit sucrant (sucre ou édulcorant de synthèse), de l'acide, du jus de fruit, des arômes et éventuellement du dioxyde de carbone. D'autres ingrédients tels que des colorants, du caramel des extraits de plante et de la caféine peuvent rentrer dans la boisson rafraichissante (**Mathlouthi, 2007**).

I.1.2. Définition

Le nom de boisson gazeuse est réservé à l'eau gazéifiée sucrée additionnée de matières aromatiques et de colorants, acidulée et pouvant contenir des extraits de plantes (menthe, feuille de cola, noix de coca) (**Anonyme, 2005**).

Les boissons gazeuses font partie des boissons non alcoolisées, donc non fermentées ou ne comportant pas, à la suite d'un début de fermentation, de traces d'alcool supérieures à 5% degré d'alcool (**Boidin, 2005**).

I.1.3. Classification des boissons gazeuses

I.1.3.1 Boissons rafraichissantes à extraits naturels

I.1.3.1.1. Les limonades

L'appellation limonade est réservée aux boissons gazéifiées, sucrées, limpides et incolores, additionnées de matières aromatiques ou sapides provenant du citron et éventuellement d'autres agrumes, acidulées au moyen des acides citriques, tartrique ou lactique. L'emploi de sucre et de sirop de glucose comme édulcorant ainsi que d'acide ascorbique et phosphorique sont autorisés à des concentrations bien déterminés (**Boidin, et al., 2005**).

I.1.3.1.2. Les boissons aux fruits carbonatées ou gazeuses

Cette dénomination est réservée aux boissons préparées à partir d'eau potable et de jus de fruits, jus de fruits concentrés, fruits ou un mélange de ces composants dans une proportion égale ou supérieure à 10 % de jus et inférieure à 25% (**Boidin, et al., 2005**).

I.1.3.1.3. Les sodas

Dans cette famille des sodas, nous retrouvons les boissons à base d'extraits naturels de fruits ou de plantes et qui contiennent du gaz carbonique et du sucre, mais également des édulcorants ou faux sucre (Boidin, et al., 2005).

Dans la famille des sodas, on distingue :

▣ **les colas** : ils sont caractérisés par la présence de cola, de caramel comme colorant, d'acide ortho phosphorique et de caféine.

▣ **les tonics et bitters** : ils sont caractérisés par la présence d'extraits amers et de quinine ou sels. Ils peuvent être limpides (Schweppes) ou troubles (Gini).

Tonics et Bitters se distinguent par leur teneur en quinine, inférieure à 45 mg/L pour les Tonics, comprise entre 45 et 85 mg/L pour les Bitters (Boidin, et al., 2005).

Les variétés de boissons gazeuses sont subdivisées en quatre types, repartis sur le schéma suivant (Verling, 2003).

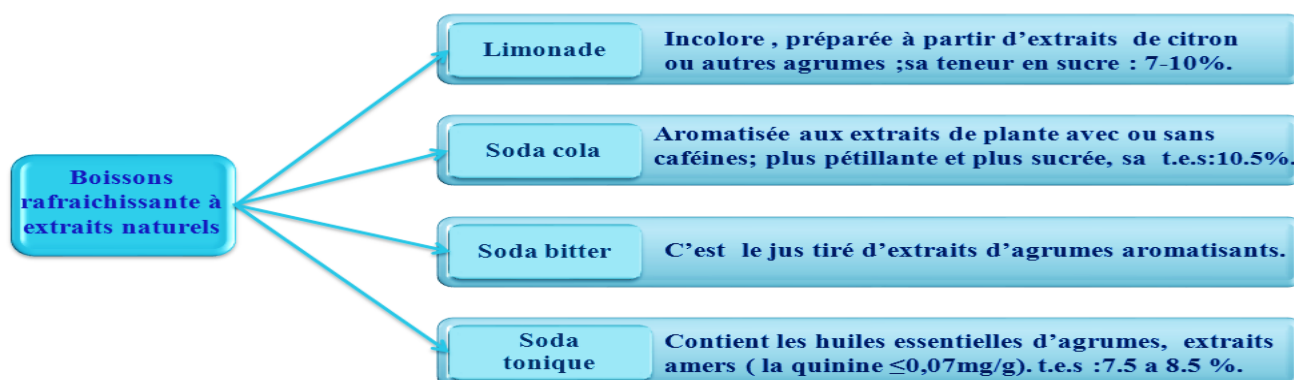


Figure 1 : Schéma des différents types de boissons gazeuses (Verling, 2003).

I.1.3.2. Boisson gazeuse non sucrée

La boisson gazeuse non sucrée est l'adjonction d'eau gazeuse aux extraits végétaux (citron, orange,...etc.) (Verling, 2003).

I.1.3.3. Boisson gazeuse aux édulcorants de synthèse

- ✓ **Boisson light** : Le terme light ou allégée désigne la réduction d'au moins 30% de la teneur en sucre des boissons ; cela par le remplacement du sucre par des édulcorants

intenses (tels que la saccharine, l'aspartame) autorisées par la commission européenne. Ces boissons sont conseillées aux diabétiques et aux personnes sous régime car elles assurent un rapport énergétique très faible d'environ 5 cal /100ml, avec un fort pouvoir édulcorant. Concernant les boissons light cola dépourvues de sucre ; il ya lieu de noter que les quelques calories proviennent du caramel (**Tordjman, 2008**).

I.1.4. Que sont les boissons à base de cola

Elles sont constituées d'eau gazéifiée et sucre, et contiennent des extraits végétaux, en particulier des extraits de feuilles de coca et de noix de cola. Le colorant utilisé est le caramel.

La coca est produite avec les feuilles d'un arbuste, le cocalier, qui pousse au Pérou, en Bolivie, en Équateur, au Brésil et au Chili. Extraite de la coca, la cocaïne est utilisée en médecine comme anesthésique, mais est aussi un stupéfiant, une drogue. Pour préparer la boisson, on utilise les feuilles mais après avoir retiré la cocaïne.

Le cola est le fruit d'un arbre, le colatier, qui pousse en Afrique de l'Ouest, en Inde et aux Antilles. Ce fruit, ou noix de cola ; il contient de la caféine. La présence de la caféine explique qu'il n'est pas bon de donner à boire aux enfants des quantités importantes de boissons à base de cola (**Glaude et Henri, 2000**).

I.1.5. Composition chimique de la boisson gazeuse Coca Cola

La formule du Coca-Cola serait tenue secrète. Elle demeure, depuis sa création, un mystère soigneusement entretenu. La composition du Coca-Cola est peut être le secret le mieux gardé du monde. Seules 3 personnes auraient accès à la liste des ingrédients entrant dans sa composition et aux règles spécifiques de sa préparation. Toutefois, sa saveur particulière provient principalement du mélange de sucre et des essences d'orange, citron et vanille. Les autres ingrédients (acide phosphorique.) interviendraient moins dans son goût (**Lach'heb, et al., 2006**).

I.1.6. Matières premières et additifs

Les deux matières premières principales utilisées pour les BG (boisson gazeuse) sont : l'eau et le sucre. Les additifs regroupent : l'arôme, le colorant, l'acidifiant, l'émulsifiant ainsi que le conservateur.

I.1.6.1. Eau

C'est le constituant majeur de la boisson (92%). L'eau est un élément essentiel pour l'organisme, elle intervient comme agent de dilution d'un concentré. Sa consommation importante implique une surveillance rigoureuse tant sur le plan organoleptique, physico-chimique et bactériologique (**Petitpain-Perrin, 2006**).

L'entreprise Coca-Cola exige des normes à respecter pour l'eau de fabrication de boisson gazeuse (Annexe I).

I.1.6.2. Sucres

I.1.6.2.1. Saccharose

C'est un disaccharide non réducteur d'origine végétale produit par les plantes saccharifères dont la betterave et la canne (**Grabkowski, 2006**).

Le sucre classique correspond au saccharose. Il se présente ordinairement sous l'aspect de sucre blanc, qui a été raffiné dans le but d'augmenter le goût sucré, ce qui a l'inconvénient de lui faire perdre la plupart de ses minéraux. Il doit être écarté au profit du sucre complet, beaucoup plus riche en potassium, en magnésium, en calcium, en phosphore, en fer et en vitamines (**Denjean, 1989**).

I.1.6.2.2. Dextrose

Aussi connu en tant que glucose, est un mono saccharide ou sucre simple qui est de 20% moins sucré que le saccharose, il est fabriqué à base de maïs, dont le nom chimique est D-GLUCOSE, disponible sous plusieurs formes, à savoir, sucre du dextrose brut, sucre du dextrose pressé, hydrate du dextrose ou anhydre. Au Etats-Unis toutes les boissons gazeuses sont fabriquées à partir du dextrose (**Morris, 1959**).

I.1.6.3. Dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone (CO₂) est un composant chimique composé de deux atomes d'oxygène liés par covalence à un atome de carbone ; c'est un gaz inodore, incolore, ininflammable et non toxique. Le CO₂ est l'élément rafraichissant qui donne pétilllement et

participe avec l'acide citrique à l'acidification de la boisson. Il est doué de pouvoir bactériostatique et antifongique (**Multon, 1992**).

Ses principales applications sont :(**Girardon, 2004**)

- la carbonatation des boissons gazeuses ;
- la régulation de pH en milieu aqueux (le dioxyde de carbone est un acide faible).

Les exigences de qualité du sucre et de CO₂ à l'unité de Fruitall sont résumées dans l'annexe II.

I.1.6.4. Additifs alimentaires

I.1.6.4.1. Définition

Substances d'origine naturelles ou synthétiques, sont ajoutées aux aliments pour en améliorer l'apparence, la consistance, la vapeur ou la conservation (**Roudaut et Lefrancq, 2005**).

Ils ont été recensés par CHAMBOLLE (1992) et sont extrêmement variés. Les plus employés sont les colorants, les conservateurs et les antioxygènes, en second lieu les émulsifiants, les épaississants, les gélifiants et les stabilisants (**Signalet et Joyeux, 2004**).

Ces composés, généralement xénobiotiques pour l'homme, sont métabolisés par des systèmes enzymatiques spécialisés surtout dans le foie, et rejetés dans l'urine (**Dupin, et al., 1992**).

Habituellement non consommée comme aliment en soi et non utilisée comme ingrédient caractéristique dans l'alimentation, possédant ou non une valeur nutritive, et dont l'adjonction intentionnelle aux denrées alimentaires, dans un but technologique, au stade de leur fabrication, transformation, préparation, traitement, conditionnement, transport ou entreposage a pour effet, ou peut raisonnablement être estimée avoir pour effet, qu'elle devient elle-même ou que ses dérivés deviennent, directement ou indirectement, un composant de ces denrées alimentaires (**Anonyme, 2012**).

Cependant, ils sont probablement beaucoup moins dangereux que certaines espèces chimiques nouvelles créées par la cuisson, sur le plan cancérigène comme l'a constaté donc **Dang, 1990**.

En effet, les additifs, même s'ils sont fort nombreux, sont bien répertoriés. Des expériences ont été mises en évidence en laboratoire et sur les animaux pour vérifier leur innocuité. Des lois ont été promulguées pour limiter leur utilisation aux cas où ils sont « nécessaires » et pour limiter la dose au minimum (**Seignalet et Joyeux, 2004**).

Le code utilisé est fixé au niveau européen. Il se compose de la lettre "E" suivie d'un numéro permettant d'identifier facilement la catégorie. Par exemple : (**Anonyme, 2011**)

- E 100 pour les colorants ;
- E 200 pour les conservateurs ;
- E 300 pour les agents anti-oxygène ;
- E 400 pour les agents de texture.

I.1.6.4.2. Arômes :

On entend par arôme tout produit ou substance qui, étant destiné à être ajouté à des denrées alimentaires pour leur donner une odeur, un goût ou une odeur et un goût, entre dans l'une des catégories mentionnées ci-dessous : (**Crouzet, 1998**)

- substances aromatisantes naturelles ;
- substances aromatisantes identiques aux substances aromatisantes naturelles;
- substances aromatisantes artificielles ;
- arômes de transformation ;
- arôme de fumée.

Les composés d'arôme sont présents dans les aliments en très faibles quantités, leurs concentrations varient de quelques milligrammes par tonne à quelques milligrammes par kilogramme ; par contre, ils sont généralement présents en très grand nombre.

Applications industrielles des arômes alimentaires selon (Crouzet, 1998) :

- Modifier ou compléter un profil aromatique
 - Aromatiser des produits initialement organoleptiquement neutres.
 - Masquer des saveurs désagréables.
- ✓ **Les huiles essentielles et les essences** se sont des produits odorants obtenus soit par entraînement à la vapeur d'eau de végétaux, soit par pression de l'épicarpe des

citrus, soit par l'extraction au moyen d'un solvant organique d'un végétal frais (**Kambouche et El Abed, 2003**).

I.1.6.4.3. Acidifiants : Ce sont des substances qui augmentent l'acidité d'une denrée alimentaire et/ou lui donnent un goût acide. Ils contribuent à la conservation des aliments par diminution du pH.

- ✓ **Acide phosphorique :** C'est un acide inorganique de formule chimique H_3PO_4 . L'acide phosphorique est ordinairement stocké et vendu sous forme de solution. Cet acide est employé comme ingrédient des boissons non alcoolisées, dans les adoucisseurs d'eau, les engrais (**Manfred et Moll, 1998**).

I.1.6.4.4. Conservateurs :

Utilisés pour protéger les aliments à des altérations dues aux micro-organismes, ils peuvent avoir une spécificité contre les bactéries, les levures ou les moisissures. Ils peuvent prolonger l'action protectrice des procédés physiques de conservation tels l'appertisation, le séchage, la congélation (**Bourrier, 2006**).

Le conservateur utilisé dans coca cola est :

- **Le dioxyde de carbone (CO₂) :** Le dioxyde de carbone CO_2 est utilisé essentiellement dans l'industrie agroalimentaire comme agent conservateur (**E290**).

C'est un gaz incolore, à saveur piquante, plus lourd que l'air (**Bonnard, 2005**).

Le gaz carbonique (CO_2) est le corps de la boisson gazeuse, il a un rôle très important du point de vue bactériologique et organoleptique : (**Simonart, 2002**)

- ✓ Il joue un rôle dans la conservation en inhibant la croissance des microorganismes (agent bactériostatique actif sur les moisissures)
- ✓ C'est un désaltérant (il stimule les terminaisons nerveuses des parois de la cavité buccale).

I.1.6.4.5. Edulcorants :

Les édulcorants sont toutes les substances au goût sucré sans aucune restriction quant à leur nature chimique.

Les édulcorants classés parmi les additifs alimentaires sont utilisés dans les produits allégés en sucre et sont de deux types : (**Siret, 2004**)

- les **édulcorants polyols ou sucres alcools** ont un faible pouvoir sucrant et sont moins énergétiques (10 kJ/g contre 17 kJ/g pour les « vrais » sucres) : sorbitol (E 420), mannitol (E 421), isomalt (E 953), maltitol (E 965), lactitol (E 966)..... etc
- les **édulcorants intenses** sont des substances souvent synthétiques possédant un pouvoir sucrant élevé et utilisées à doses infinitésimales: aspartame (E 951), saccharine (E954).....etc

Ils donnent une saveur sucrée, sans favoriser les caries. Ce sont les polyols, sucres naturels ayant subi une transformation à partir d'amidon, de sirop de glucose ou de cellulose. Les édulcorants intenses ont une saveur sucrée 300 fois plus forte que celle du saccharose. (**Bourrier, 2006**).

I.1.6.4.6.Émulsifiants

Sont des composés amphiphiles possédant un groupement polaire hydrophile et un groupement apolaire lipophile ; ils favorisent la formation de gouttelettes et empêchent l'agglomération de particules (**Crouzet, 1998**).

I.1.6.4.7.Colorants

Les colorants sont les additifs les moins indispensables, on les utilise principalement pour normaliser la couleur d'un aliment ou d'une boisson (**Alias, et al., 2003**).

- ✓ **Caramel E150** : C'est une substance amorphe de coloration brune, obtenue par chauffage de saccharose ou autre sucre alimentaire à des températures supérieures à 180°C (selon l'E.U.T.E.C.A « European technical caramel association »).

E150d: caramel au sulfite d'ammonium préparé à partir de sulfite et bisulfite d'ammonium, ce dernier est utilisé dans les boissons gazeuses (Coca-Cola).

I.1.6.4.8. Stimulants

Un produit stimulant est un produit (plus ou moins naturel) qui a pour but de stimuler le corps, c'est-à-dire d'augmenter son activité ou ses capacités « classiques ».

- **Caféine** : La caféine est une composante présente dans les boissons stimulantes et notamment dans le café et le thé (**Adrian, et al., 2003**).

Pharmacologiquement, elle fait partie d'un groupe de stimulants appelés méthylxanthines ou xanthines. C'est un alcaloïde, c'est-à-dire un composé chimique naturel basique d'origine végétale (souvent noix de cola et maté).

Cette molécule possède des effets bénéfiques thérapeutiques. Notamment, elle diminue la sensation de fatigue, facilite le travail intellectuel. Elle est diurétique et elle favorise la sécrétion des sucs gastriques qui, de ce fait, favorise la digestion. Cependant, à forte dose, elle peut causer de l'arythmie, des ulcères d'estomac et duodénales, de l'insomnie (Guillaume et Phillippe, 2002).

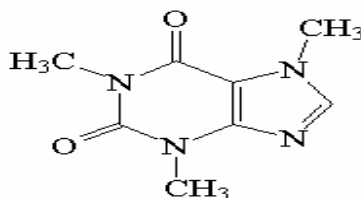


Figure 2 : Structure de la caféine (Guillaume et Phillippe, 2002).

I.2.5. Effet des additifs alimentaires sur la santé

Les additifs alimentaires généralement ne sont pas nocifs pour la santé dans les conditions d'utilisation spécifiques autorisées. Cependant, un certain nombre de colorants et de conservateurs sont suspects ou dangereux et il convient d'éviter certains additifs allergènes et/ou cancérigènes. Parmi les conservateurs et les émulsifiants, certaines agissent sur l'appareil digestif en provoquant des irritations de tube digestif ou ralentissement de la digestion ; d'autres ont une action sur la fixation de la vit B₁ ou sur le taux sanguin de cholestérol (Manfred et Moll, 1998).

I.2. Généralités sur l'emballage :

I.2.1. Introduction

L'emballage, souvent considéré comme élément accessoire, est devenu essentiel pour la conservation, la distribution et la vente du produit, il s'est imposé par les fonctionnalités qu'il a su développer mais aussi par son pouvoir de séduction et de communication. Il est ainsi le facteur prépondérant de la réussite commerciale d'un produit de grande distribution (Requena, 1998).

I.2.2.Définition

Étymologiquement, le terme emballage vient du préfixe “en” et de “balle” le quel dérive lui même de l’ancien allemand “balla” dont le sens était de serrer avec une idée de pelotonner . Emballer c’est donc mettre en balle et par extension en emballage et donc assemblage des matériaux destinés à protéger un produit qui doit être transporté (**Multon et Bureau, 1998**).

L’emballage est défini comme tout objet constitué de matériaux de toute nature, destiné à contenir et à protéger des marchandises données allant des matières premières aux produits finis, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l’utilisateur, et à assurer leur présentation. D’une façon plus globale, l’emballage d’un produit peut se définir comme : « dans le produit, tout ce qui n’est pas le produit lui-même » (**Herve, 2002**).

I.1.3.Les fonctions d’emballage : Les principales fonctions d’emballage sont :

I.2.3.1. Une fonction de contenant : l’emballage est d’abord un récipient, associé à des servitudes réglementaires métrologiques : obligation de l’indication exacte de la masse ou du volume contenu (**Bureau et Multon, 1989**).

I.2.3.2. Une fonction de présentation : visant à retenir l’attention et à séduire l’acheteur dans le linéaire du super ou de l’hypermarché (c’est la fonction « marketing ») (**Bureau et Multon, 1989**).

I.2.3.3. Une fonction d’information : par l’étiquetage, de plus en plus importante, associée à une servitude réglementaire d’exactitude des renseignements donnés (**Bureau et Multon, 1989**).

L’emballage doit fournir au consommateur toutes les informations utiles, la loi exige d’ailleurs les mentions suivantes : (**Herve, 2002**)

- ✓ Les coordonnées du fabricant
- ✓ La quantité nette du produit
- ✓ La date limite de consommation
- ✓ Le code de production

- ✓ Les conseils de conservation
- ✓ La valeur nutritive
- ✓ Le code-barres

I.2.3.4. Une fonction de service : dans la mesure où l'emballage apporte un autre service : flacon pulvérisateur, flacon saupoudreur, boîte auto chauffante, etc. ; la notion de service s'étend également à la commodité d'emploi, notamment à la facilité d'ouverture sans outils particulier (**Bureau et Multon, 1989**).

Il s'agit de faciliter l'usage du produit en simplifiant par exemple l'ouverture, la mise en service, la possibilité de la refermeture et l'utilisation ergonomique (**Saint Germain, 1993**).

I.2.3.5. Fonctions de protection

I.2.3.5.1. Protection mécanique : Elle nécessaire contre les chocs subis en cours de manutention et d'entreposage contre les écoulements des liquides se produisant surtout au niveau des fermetures ou des soudures, mais aussi contre les insectes (**Vierling, 2008**).

I.2.3.5.2. Protection contre les transferts de matière : Elle est assurée par la qualité de l'emballage celles l'imperméabilité aux liquides et l'étanchéité aux gaz, vapeur d'eau, substances volatiles. L'emballage doit souvent être une barrière aux transferts gazeux de l'extérieur vers l'intérieur.

La réhydratation peut créer des altérations de texture. L'entrée d'oxygène augmente les risques d'oxydation de certains composés à rôle organoleptique ou nutritionnel, ou favorise le métabolisme aérobie des cellules.

L'emballage doit être une barrière aux transferts de l'intérieur vers l'extérieur pour éviter la fuite des arômes spécifiques du produit, sa déshydratation ou la fuite des gaz introduits pour une meilleure conservation, (le dioxyde de carbone, introduit artificiellement, protège contre les moisissures et l'oxydation). Seuls sont robustes et étanches aux gaz à très long terme : la boîte métallique soudée ou le bocal en verre à fermeture à vis par exemple.

On doit donc choisir les autres matériaux et leurs combinaisons de manière à supprimer toute porosité de l'emballage, en fonction de type de produit, du mode de conservation, de la durée de conservation : ce qui explique la métallisation de l'emballage (**Vierling, 2008**).

I.2.4. Matériaux pour le conditionnement des boissons

La grande diversité d'utilisation fait que l'emballage des boissons peut prendre diverses formes (boîte, fût, bidon, bouteilles, etc...) et être réalisé à partir de matières plastiques de verre ou de métal (**Herve, 2002**).

I.2.4.1. Emballages en verre

Le matériau verre fait partie de l'histoire de l'humanité et son origine remonte à plus de 5000 ans (**Multon et Bureau, 1998**).

Matériau inorganique non métallique, obtenu par fusion complète de matières premières à température élevée, en un liquide homogène qui se refroidit ensuite à l'état rigide essentiellement sans cristallisation (**Kozlowski, 2005**).

D'une façon générale, on peut retenir que tous les verres utilisés dans l'emballage sont composés : (**Multon et Bureau, 1998**)

- de silice (SiO_2) apporté par le sable, qui est l'agent vitrifiant (et qui a un haut point de fusion de $1713\text{ }^\circ\text{C}$) ;
- d'oxyde de sodium (Na_2O) apporté par le carbonate de soude, qui est l'agent fondant (permettant l'abaissement de la température de fusion), et pour une très petite partie par le sulfate de soude comme affinant.
- d'oxydes de calcium, de magnésium et d'aluminium ($\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$) apportés respectivement par le calcaire, la dolomie et la néphéline, qui sont les agents stabilisants.

Le verre d'emballage comprend les bouteilles, les flacons, les pots, les bocaux, les verres et gobelets. La très large utilisation du verre dans le domaine alimentaire n'est pas le fruit du hasard mais est pleinement justifié par un ensemble de qualités propres au verre dont les plus importantes sont énumérées ci-dessous : (**Multon et Bureau, 1998**)

- Le verre est imperméable aux gaz, vapeurs et liquides. C'est un matériau barrière exceptionnel.
- Le verre est chimiquement inerte vis-à-vis des liquides et produits alimentaires et ne pose pas de problème de compatibilité ; il peut être utilisé pour tous les produits alimentaires liquides, solides, pâteux ou pulvérulents.

- Le verre est un matériau hygiénique et inerte sur le plan bactériologique ; il ne fixe pas et ne favorise pas le développement de bactéries ou micro-organismes à sa surface ; il est facile à laver et à stériliser.
- Le verre n'a pas d'odeur et ne transmet pas les goûts et ne les modifie pas ; il est le garant des propriétés organoleptiques et de la saveur de l'aliment.
- Le verre est transparent et permet de contrôler visuellement le produit et de le faire voir au consommateur.
- Il peut être coloré et apporter ainsi une protection contre les rayons ultraviolets pouvant nuire au produit contenu.
- Le verre laisse passer les micro-ondes, il est utilisable pour le réchauffage des produits alimentaires dans un four classique ou à micro-ondes.
- Rigide, résistant à des pressions internes élevées (boisson gazeuses), économique, recyclable, sa faiblesse majeure repose sur le risque de casse (**Romain, et al., 2007**).

I.2.4.2. Emballages en plastiques

Il s'agit de matière synthétique constituée essentiellement de macromolécules et susceptible d'être modelée ou moulée en général à chaud et sous pression. Du point de vue chimique, une matière plastique comprend une phase organique macromoléculaire (polymère ou résine), des charges ou renforts (verre, fibres, etc.) et des adjuvants (plastifiants, stabilisants thermiques, anti-UV, colorants, etc.) (**Romain, et al., 2007**).

Les emballages en plastique se trouvent sous la forme d'emballage primaires (bouteilles, flacons, boîtiers, bocaux, barquettes, sacs, films alimentaire, tubes), l'emballages secondaires (casiers, caisses, manchons...) et d'emballages tertiaires (palettes, conteneurs, films, éléments de calage...).

Le succès des plastiques dans l'emballage s'explique par leurs nombreuses qualités fonctionnelles et leur facilité de fabrication en grande série, ce qui les rend économique. Les plastiques fabriqués aujourd'hui par les sociétés de produits chimiques sont, pour une grande majorité, synthétisés à partir de pétrole, et plus rarement à partir de charbon ou de matières organiques d'origine végétale ou minérale (sel pour le PVC) (**Thierry, et al., 1995**).

L'essor des matières plastiques dans le conditionnement des boissons est dû à leurs propriétés de légèreté, d'incassabilité et dans certains cas transparence, qui permettent de plus en plus souvent de les substituer avantageusement aux matériaux traditionnels.

Le polyéthylène téréphtalate (PET) est polymère condensé produit à partir de monomères d'éthylène glycol ($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), qui est un diol, et à partir de diméthyle téréphtalate ($\text{CH}_3\text{O}_2\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}_2\text{CH}_3$), un diester. Par un processus de transestérification, ces monomères forment de nouvelles liaisons ester entre eux, donnant un polyester. Le PET peut être manufacturé sous différents noms, tels que Dacron, Fortrel et Mylar (film plastique) (Mosto et Bousmina, 2002).

Propriétés selon (Mosto et Bousmina, 2002) :

- Transparent, solide et résistant, le PET constitue une barrière efficace contre les gaz et l'humidité.
- Il résiste à la chaleur, les huiles minérales, les solvants et les acides, les antioxydants.
- Il a une semi-perméabilité aux CO_2 qui s'élève avec l'augmentation de la température.

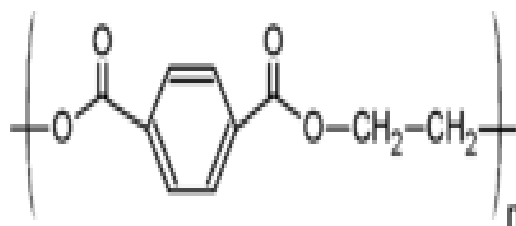


Figure 3 : structure chimique de PET (Mosto et Bousmina, 2002)

1.2.4.2.1. Aspects toxicologiques des matières plastiques

Le contact des denrées alimentaires avec les emballages plastiques pose le problème des interactions contenu-contenant. Ils se résument par la migration des constituants de la matière plastique au contact des aliments. Par conséquent une contamination de la denrée alimentaire pourrait apparaître modifiant ainsi les qualités organoleptiques et entraîner une toxicité (Nortz, 1981).

Les polymères purs ou après transformation sont inertes, non volatiles, peu solubles et ne sont pas toxiques. Par contre certains monomères et additifs sont toxiques et nécessitent des précautions lors de leur manipulation. La transmission des additifs dans l'organisme peut se faire par voie digestive, pulmonaire ou cutanée. Les effets de toxicité peuvent être observés à plus ou moins longue échéance lorsque les expositions sont répétées (Derache, 1994).

I.2.4.3. Boîtes métalliques (canettes)

L'emballage métallique est apparu au début du XIXe siècle dans le domaine de la conserve. Les boîtes de boissons, destinées à contenir des boissons carbonatées, se composent d'un corps et d'un couvercle. Le couvercle est fixé sur le corps par un double sertissage lors du conditionnement, ces boîtes sont produites à partir de fer blanc ou d'aluminium (**Pothen, 2008**).

Une canette alimentaire désigne habituellement une boîte métallique (en aluminium et/ou en fer-blanc) qui contient une boisson que l'on peut emporter facilement puis boire. Pour éviter le risque de corrosion, le couvercle (muni d'un anneau à ouverture facile) d'une canette en métal est toujours en aluminium, quel que soit le matériau de la boîte (acier ou aluminium) (**Anonyme, 2012**).

La boîte métallique offre de nombreux avantages selon (**Kleniewsk, 1995**) :

- ✓ Une bonne étanchéité et une imperméabilité aux gaz
- ✓ Une grande résistance mécanique aux contraintes et aux chocs
- ✓ Une stabilité des matériaux qui permet une bonne conservation du produit et préserve ses qualités organoleptiques
- ✓ Une bonne conductivité thermique (facilité de chauffage et réfrigération) ;
- ✓ Une excellente tenue à la pression interne
- ✓ Une protection des rayonnements solaires

Par ailleurs, la boîte constitue un très bon support pour l'obtention de décors de haute qualité ; à partir des techniques d'impression et contribue l'image de marque des produits (**Kleniewsk, 1995**).

I.2.5. Les différents facteurs du milieu extérieur qui jouent un rôle dans l'altération : sont les suivants (**Aboutayeb, 2011**).

1-Le facteur « temps » introduit la notion de vitesse de réaction, dont la connaissance est indispensable, afin de déterminer la durée maximale probable de conservation. Ce facteur temps se traduit concrètement par la date limite ou conseillée de consommation ou de vente portée sur l'emballage des produits alimentaires.

2-Le facteur « température » La température est par ailleurs le paramètre essentiel de stabilité ou d'évolution des équilibres thermodynamiques. Ainsi, la stabilité des états physiques (émulsions, gels, états liquides/solides, état cristallin, état amorphe) dépend essentiellement de la température, et dans une moindre mesure des facteurs pH, l'activité de l'eau a_w , etc.

Les températures sont indiquées sur les emballages et doivent être respectées par tous les acteurs de la chaîne alimentaire.

3-Le facteur « pH » influence considérablement les activités enzymatiques et les développements microbiens ; les milieux acides étant en général favorables.

4-Le facteur « teneur en oxygène et en gaz carbonique » (composition de l'atmosphère en équilibre avec l'aliment) intervient sur la nature du métabolisme (aérobie ou anaérobie) des microorganismes et des entités vivantes, et sur l'intensité des oxydations non enzymatiques et de certaines réactions d'oxydation enzymatiques.

6-Le facteur « contrainte mécanique » (pression, chocs, contraintes diverses) peut être responsable de déformation, d'écrasement et/ou de cassure qui confèrent un aspect rédhibitoire au produit.

Considérant ces différents facteurs d'environnement et leur rôle dans la révélation ou la répression des causes d'altération, on conçoit le rôle primordial que joue l'emballage qui est avant tout une barrière entre un milieu intérieur (le produit alimentaire et ses causes intrinsèques d'altération) et le milieu extérieur porteur des « facteurs d'environnement » (Aboutayeb, 2011).

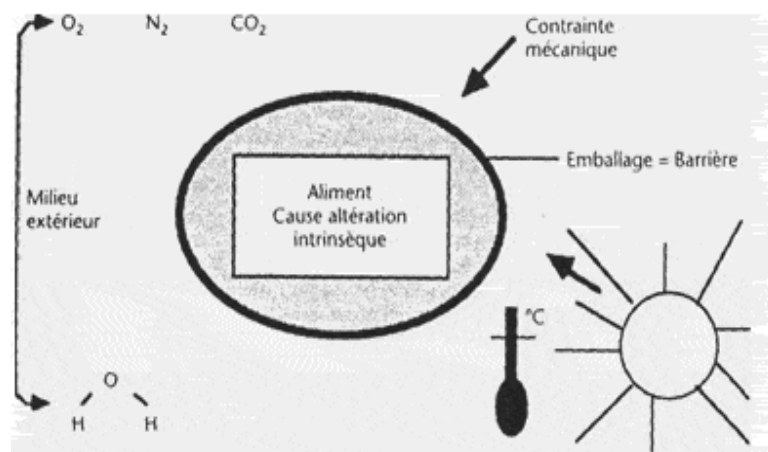


Figure 4: Facteurs extrinsèques des denrées alimentaires (Aboutayeb, 2011)

Chapitre II : Technologie de fabrication

II .1.Technologie de fabrication de la boisson gazeuse Coca- Cola à l'unité Fruital :

La fabrication de la boisson gazeuse Coca-Cola et ses dérivés débute par la réception et l'entreposage des matières premières entrants dans sa composition : les concentrés, le sucre, ainsi que la réception de l'emballage qui sera stocké dans des endroits appropriés.

La technologie de production passe par trois phases principales :

- Phase de traitement de l'eau de forage
- Phase de préparation
- Phase de conditionnement

II .1.1.Traitement de l'eau de forage :

L'eau utilisée à l'unité de Fruital provient du forage. Dans ce cas il est nécessaire de procéder à plusieurs filtrations afin d'éliminer des particules de matière minérales et organiques. Ces filtrations n'éliminent pas les micro-organismes, il faut les détruire par stérilisation thermique ou par addition d'agents chimiques à effet bactéricide (chlore) et compléter cette opération par la désinfection aux rayonnements ultraviolets qui induisent les lésions au niveau de l'ADN des micro-organismes provoquant leur mort (**Jeantet, 2006**).

II.1.1.1 Prétraitement

La désinfection avec l'eau de javel (Na ClO) à 38°C chronométrique, c'est l'ajout de l'hypochlorite de sodium, désinfectant sous forme de solution jusqu'à l'obtention de 3ppm, il élimine la totalité des micro-organismes.

II.1.1.2 Traitement

a)**La filtration** : C'est un procédé destiné pour

clarifier un liquide qui contient des matières en suspension en les faisant passer à travers un milieu poreux (**Manuel coca cola, juin 2010**).

- ✓ **La filtration sur sable** : L'eau brute provenant des cuves de stockage doit subir une filtration sur sable qui s'effectue en faisant passer l'eau brute à travers un milieu filtrant :

(3 filtres à sable), le filtre est le silex qui retient les matières solides en suspension présentent **(fig.1) (Annexe III)** dans l'eau. Donc le but de la filtration sur sable est l'élimination de toutes les impuretés (matières et suspension) en tenant compte que la masse filtrante est caractérisée par sa granulométrie qui varie entre 0.9 et 2.5 mm.

- ✓ **Filtration sur charbon actif** : Le filtre sur charbon actif sert à absorber les molécules de chlore libre, il permet de désodoriser l'eau provenant des cuves de filtre à sable et d'éviter la décoloration de la boisson ; Après l'eau est destinée soit à l'osmose inverse en passant par les filtres à cartouches ou elle est destinée vers les adoucisseurs.
- ✓ **Filtration sur filtre à cartouche** : Elle repose sur la filtration à basse pression, elle permet de retenir le colloïde afin de protéger la membrane de l'osmoseur.
- ✓ **Déminéralisation par osmose inverse** : L'osmose inverse est un procédé de séparation en phase liquide par perméation à travers des membranes semi sélectives sous l'effet d'un gradient de pression **(Fig.2) (Annexe III)**.

Les membranes retiennent :

- ✚ 90-99% de tout l'élément minéral dissous.
- ✚ 95-99% du plus l'élément organiques.
- ✚ 100% des matières colloïdales les plus fines.

- ✓ **Adoucisseur** : Cette opération consiste à éliminer l'ion Mg^{+2} et Ca^{+2} d'une part et libère le cation Na^+ de l'autre part, l'eau devient donc prêt pour passer à la chaudière, laveuse des bouteilles **(Fig.3) (Annexe III)**.

b) La désinfection par ultra violet : Une fois l'eau est traitée par les osmoseurs et stockée dans les cuves de stockage, avant de l'envoyer à la différente ligne de production, elle doit subir la dernière opération du traitement, celle de stérilisation par ultra violet **(Fig.4)(Annexe III)**, afin d'éviter tout risque de contamination **(Manuel coca cola, juin 2010)**.

Le diagramme suivant englobe les étapes de traitement de l'eau effectuée à la station de Fruitall :



Figure 5 : Diagramme de traitement des eaux à la station de Fruital (Manuel coca cola, juin 2010).

II.1 .2.Préparation de la boisson : Cette phase est divisée en trois étapes :

- **La dissolution :** Dans un dissolvant, le sucre est incorporé et il est mélangé à l'eau grâce à un agitateur de 600 tour/min. En parallèle, le mélange est chauffé et pasteurisé par un système de chauffage à l'eau à environ 80°C. Durant 15min. Le sirop ainsi obtenu est dit « le sirop simple », ce dernier à un brix 60 °B, il passe par un filtre à précouche pour retenir tous les débris solides qui peuvent se présenter. Ensuite, il sera refroidi jusqu'à 14°C pour qu'il soit prêt à l'opération suivante.
- **Incorporation des concentrés :** Le sirop simple est envoyé vers les cuves de préparation du sirop fini, ce dernier est constitué du sirop simple additionné des éléments suivants : CC1 qui est l'acidifiant (acide phosphorique, citrate de sodium) et le colorant (caramel). et CC2 partie contenant la formule secrète de l'arôme de Coca-Cola y compris le conservateur. Cette préparation sera malaxée durant 30 min à température ambiante. Après un repos d'une 30 min, après le contrôle du sirop fini par le laboratoire, le sirop peut être envoyé à la ligne de production de la boisson (**Annexe IV**).
- **Préparation du prémix :** Une fois le sirop fini arrive à la ligne de production, il sera mélangé à l'eau préalablement désaérée sous pression, et carbonatée à basse température (13°C) pour avoir une meilleure saturation, et grâce à deux pompes doseuses, le rapport **sirop/eau carbonatée** sera réalisé à une proportion de 1 pour le sirop et de 5.4 pour l'eau carbonatée pour élaborer la boisson gazeuse, qui sera ensuite conditionnée dans les bouteilles soit en verre, PET ou en canette.

❖ La désaération de l'eau

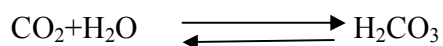
L'eau filtrée et épurée passe dans un désaérateur, elle ressort avec un taux d'oxygène compris entre 0.5 et 1 mg/l. L'eau désaérée augmente la durée de conservation du produit et permet également une meilleure dissolution du CO₂ lors de la carbonatation.

❖ Le refroidissement avant carbonatation

Dans le but d'obtenir une bonne dissolution du CO₂ dans l'eau il est nécessaire de refroidir ce liquide, ceci à l'aide d'un échangeur à plaques.

❖ La carbonatation

La carbonatation est réalisée par la diffusion du gaz carbonique dans l'eau refroidit pour former l'acide carbonique (phénomène physique) de la manière suivante :



La carbonatation des boissons gazeuses est fonction de trois paramètres :

-Température : La solubilisation du CO₂ est inversement proportionnelle à l'augmentation de la température.

-Concentration de substances dissoutes : L'augmentation des substances dissoutes provoque une diminution de la solubilisation du CO₂.

-Pression du liquide : la solubilisation du CO₂ est proportionnelle à l'augmentation de la pression.

Remarque : Les bouteilles en verre avant leur remplissage subissent des bains de lavage afin de les désinfecter.

II.1.3. Conditionnement : Le conditionnement (du latin *conditio*, situation) signifie étymologiquement «soumettre à des conditions », traiter ou préparer. Le terme est alors lié à la mise en industrialisation du produit, à la chaîne de conditionnement, à la façon dont le produit peut être emballé et avec quelles machines (Urvoy, *et al.*, 2012).

La boisson gazeuse est conditionnée dans des bouteilles en verres, canettes et des bouteilles PET soufflée au sein de l'usine afin d'intégrer en un même lieu toute la production et ne pas avoir recours à transporter des emballages vides et encombrant. Cet emballage fait appel à des machines très sophistiquées qui permettent une cadence élevée de production.

Les étapes de ce type de conditionnement (la ligne PET 10/14 à Fruital) sont expliquées selon le diagramme de fabrication de la boisson représentée dans la figure ci dessous :

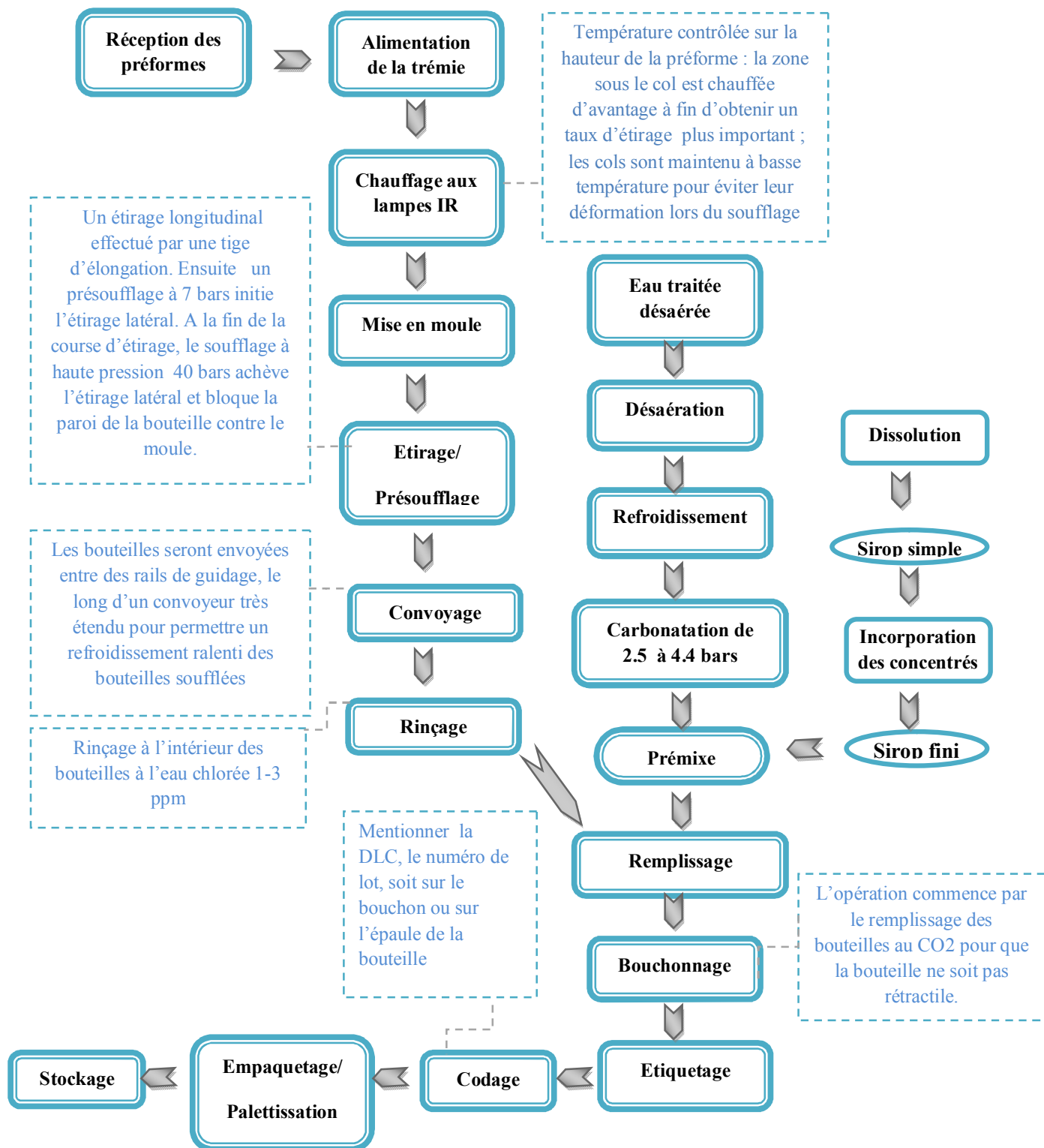


Figure 6 : Diagramme de fabrication de la boisson gazeuse conditionnée dans les bouteilles en PET (originale)

II.1.3.1. Soufflage des bouteilles «PET»

Les préformes (**Fig.7**) moulées par injection sont maintenues col en haute, elles descendent par gravité jusqu'à la roue d'alimentation qui les charge sur une chaîne de tournettes, la progression de la chaîne de tournettes entraîne la rotation des préformes sur leur axe et leur défilement en continu dans le four. Les préformes y sont chauffées par une série de lampes infrarouges (IR) à quartz à 1000 V de température 105°C (**Annexe V**). Une ventilation assure un refroidissement superficiel des préformes, tandis que les IR les chauffent à cœur.



Figure 7: préforme

Figure 8 : Moule de soufflage

Figure 9: Bouteille PET

À la sortie du four, les préformes sont transférées vers une roue de soufflage ou vers une presse comportant un certain nombre de moules (**Fig.8**). La rotation de la roue de soufflage permet d'enchaîner les différentes phases de la bi-orientation. Le soufflage est effectué au moyen d'une tuyère, après descente de la tuyère, un étirage longitudinal est effectué par une tige d'élongation. Un pré soufflage à 7 bars initie l'étirage latéral. À la fin de la course d'étirage, le soufflage à haute pression à 40 bars achève l'étirage latéral et bloque la paroi de la bouteille contre le moule.

Après refroidissement (l'eau glycolée à 4°C) et ouverture des moules, les bouteilles ou flacons (**Fig.9**) sont repris par des bras de transfert et évacués entre des rails de guidage, des cadences de production s'étendent de 7000 bouteilles/heure. Les bouteilles subissent un rinçage avec l'eau chloré (1-3 PPM) avant leur remplissage.

II.1.3.2.Soutirage des bouteilles PET, verres et des canettes

Une fois que tous les ingrédients ont été préparés et mélangés et que les bouteilles et les canettes ont été désinfectées, elles sont envoyées vers la soutireuse où elles sont remplies. Le rendement de la ligne de production pour le format 0,5 L est de 18000 bouteilles/h.

II.1.3.3.Bouchonnage des bouteilles (PET/Verres)

Avant le bouchonnage on doit injecter de CO₂ pour éliminer l'air (sniffage). Les bouteilles ainsi remplies sont fermées avec les bouchons en plastiques. Chaque bouchon se déplace alors, uniquement à travers différentes parties de la machine, ce qui assure qu'elle demeure absolument intacte et dans la bonne position pour être placée avec la plus grande précision sur la bouteille, pour vérifier l'étanchéité on utilise un test de vissage (torque mètre) pour 10 bouteilles numérotées selon les têtes prises de la ligne de la production juste après bouchonnage. Si la fermeture n'est pas optimale, la boisson peut perdre son gaz et la bouteille est mise au rebut.

II.1.3.4.Pose de couvercles (Canettes)

Avant le sertissage de la boîte on doit injecter le CO₂. Le couvercle en aluminium est serti sur la boîte, le sertissage est une opération d'assemblage de deux pièces sans déformation ni salissure, garantissant une fermeture impeccable. Les canettes sortent à 10 °C, pour éviter la corrosion on possède un chauffage à l'aide d'un réchauffeur (eau chaude à 35°C) puis un séchage à l'air sous pression avec une température inférieur ou égale à 35°C, les canettes sortent à une température entre 28-29°C. Le rendement de la ligne de production pour le format 33cl est de 72000 canette/h.

II.1.3.5.Etiquetage des bouteilles PET

Les bouteilles sont emmenées à l'étiquetage où elles subissent une simple étape automatisée de collage d'étiquette. Une machine distribue des étiquettes prises sur les gros rouleaux, les coupe et les placent sur les bouteilles.

II.1.3.6.Codage des bouteilles PET, verres et des canettes

Les bouteilles et les canettes sont maintenant prêtes à être codées.

Le codage s'effectue grâce à une inscription au laser où y est inscrit date, heure, le cote de l'usine et la ligne de production. Chacune des boissons est marquée d'un code spécial qui identifie les informations spécifiques de celle-ci.

II .2. Nettoyage et désinfection :

II.2.1. Nettoyage en place du matériel :

Dans les industries agroalimentaires, le nettoyage et la désinfection font partie intégrante du processus de fabrication. Parmi les outils rapides et efficaces, on a le NEP, c'est le Nettoyage En Place du matériel et des conduites sans avoir recours à leurs démontages. Ceci est réalisé par la circulation d'une façon successive des liquides de pré-lavage, de lavage, de désinfection et de rinçage. Le NEP est utilisé après chaque changement d'arôme, après chaque fin de production, la production dépasse 48 heures pour le même produit et après un arrêt qui dépasse 48 heures (Vonbockelmann, 1998).

Le NEP est fondé sur quatre principes d'actions, représentés par la figure suivante :

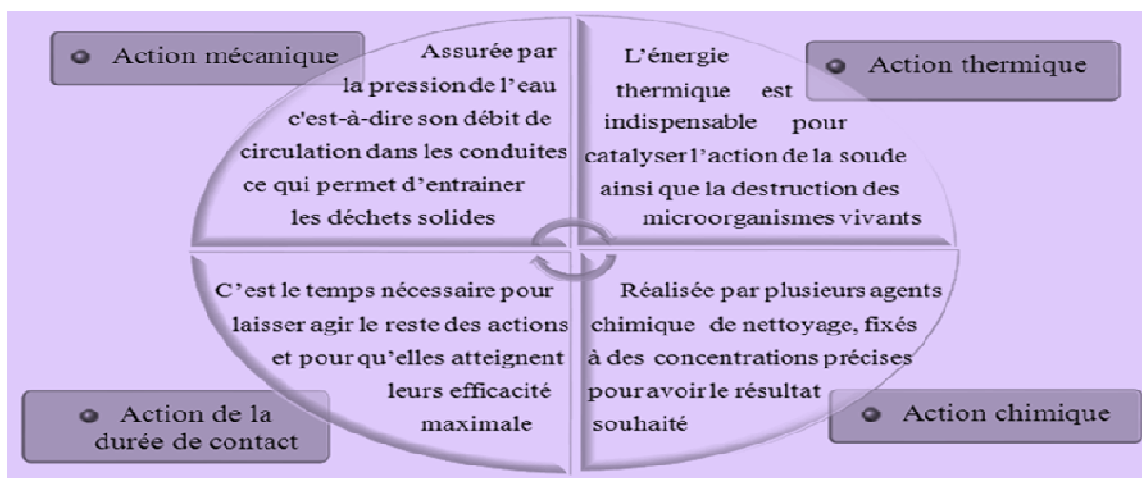


Figure 10: Schéma des quatre principes d'action en NEP

Le NEP suivi par l'unité de Fruital est présenté selon le diagramme suivant :

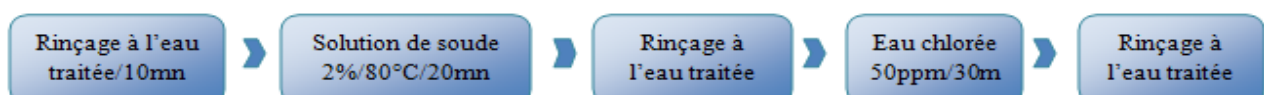


Figure 11: Diagramme du NEP suivi à l'unité de Fruital (Originale)

Ce NEP commence par le rinçage à l'eau en tant que fluide de nettoyage, ce dernier évacue les déchets solides et dissout le sucre. L'étape suivante c'est le lavage à la soude dotée d'un bon pouvoir dissolvant pour les protéines, dégraissant et bactéricide. Cette solution de soude doit être ensuite rincée à l'eau pour éviter son interaction avec le chlore et diminuer donc son efficacité. Après ce rinçage, il y aura le passage de l'eau chlorée dotée de propriétés décolorante, désodorisante, et désinfectante, en raison du pouvoir oxydant élevé du chlore. En dernier, le rinçage final est indispensable pour éliminer les traces du chlore) (Rodier, 1978).

II .2.2. Lavage des bouteilles verres :

Ces bouteilles subissent 3 étapes :

II .2.2.1. Le pré-lavage : Il correspond au nettoyage mécanique des bouteilles verres, en enlevant les grandes salissures (pailles, bouchons, étiquettes etc.) par de l'eau qui vient des bains de rinçages.

II .2.2.2. Le lavage : Il existe trois bains de lavage, et chaque bain possède une concentration de soude et une température propre à lui sous une pression de 2.5 bars (pompes) comme suit :

- ✓ premier bain : $[\text{NaOH}] = 2.2\%$, température = 70°C .
- ✓ deuxième bain : $[\text{NaOH}] = 3\%$, température = 75°C .
- ✓ troisième bain : $[\text{NaOH}] = 1.5\%$, température = 70°C .

Durant l'opération de lavage, il y aura un contrôle de concentration de la soude avant le démarrage de la production et à chaque 4 heures, en titrant un échantillon d'eau pour chaque bain avec HCL à 1N et en présence de l'indicateur coloré « la phénolphtaléine ».

II .2.2.3. Le rinçage : Il correspond également à trois bains de rinçage, contenant du chlore à une concentration entre 1 et 3ppm.

Lors de la sortie des bouteilles par la laveuse, en prenant la première ligne comprend 42 bouteilles et les vérifier par l'indicateur coloré la phénolphtaléine pour voir l'efficacité de rinçage et par le bleu de méthylène, afin de confirmer l'existence ou l'absence des salissures. Ce test se fait en mettant quelques gouttes de l'indicateur sur les parois internes des bouteilles, l'observation se fait à l'œil nu. L'existence de taches bleues indique le mauvais lavage.

II .3. Défauts et altérations

II.3.1. Altération microbiologique :

Les sodas ayant peu de matières azotées, une acidité importante, peu d'oxygène libre, une forte teneur en gaz carbonique, ainsi que certaines substances naturelles (huiles essentielles), formant un milieu défavorable au développement des microorganismes. Par contre la forte teneur en sucre peut favoriser une fermentation par les levures, qui sont responsables de 90% d'altération des boissons gazeuses (**Deymie, 1978**).

II.3.2. Altération physicochimique :

Dans le cas des boissons sucrées, l'altération physicochimique qui peut avoir lieu c'est l'inversion du sucre ou la décomposition du saccharose en glucose et en fructose, sous l'action de l'acidité, la température élevée (>25°C) et l'oxygène. Cette décomposition fait augmenter le goût sucré. (**Arzate, 2005**).

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Matériels

Cette étude a été réalisée au niveau de l'unité Fruital Coca-Cola durant la période de mois de mai, a porté sur le contrôle de la chaîne de fabrication de la boisson gazeuse Coca Cola, à travers :

-Un contrôle microbiologique et physicochimique, des matières premières utilisées (eau et sucre), produits intermédiaires (sirop simple et fini), et produits fini.

-Les effets d'emballage (Verre, Plastique, Aluminium) sur la stabilité des paramètres physicochimiques, microbiologiques, et organoleptiques de la boisson Coca-cola pendant 21 jours et à différentes températures (4°C, ambiante, 45°C), avec une fréquence de 7 jours pour chaque analyse, ont été aussi investis, sur trois types d'emballage canette de capacité 33cl, bouteille en verre de capacité 1L, et en plastique 50cl.

III.1.1. Matériel biologique : La boisson Coca-Cola

III.1.2. Matériels non biologiques :

Les milieux de cultures, les réactifs, les solutions chimiques utilisées, et les instruments d'étude sont cités dans l'annexe VII.

III.2. Méthodes:

III.2.1. Méthode d'échantillonnage

Afin d'effectuer toutes analyses et pour faire un échantillonnage représentatif, les prélèvements se font aseptiquement en utilisant un matériel et des récipients propres, secs, et stériles. Cet échantillonnage s'effectue au hasard, à différentes fréquences (début, milieu et fin de production). Cette partie englobe les analyses physicochimiques, microbiologiques de :

- **La matière première** : eau de process, sucre, emballage.
- **Produit intermédiaire** : sirop simple, sirop fini et la boisson avant soutirage.
- **Produit fini** : la boisson gazeuse « Coca Cola ».

Tableau 1 : Techniques des différents prélèvements analysés

Echantillons	Lieu de prélèvement	Echantillonnage	Analyse effectuée/Fréquence
Eau de process	Forage/ Station de traitement	Nettoyer et désinfecter la vanne avec de l'alcool à 95 ° puis flamber à plusieurs reprises. Laisser couler un mince filet d'eau avant de remplir le flacon préalablement stérilisé et prélever environ 250ml.	Microbiologique : Chaque semaine Physico-chimique : chaque quatre heures
Sucre	Sacs à l'arrivage	Prélever 3 échantillons de 75 g de sucre à l'aide d'une spatule stérile, la quantité retenue est mise dans un pack de prélèvement.	Microbiologique : à Chaque 5 ^{ème} arrivage Physico-chimique : Chaque arrivage
CO₂	Citerne à l'arrivage/ local	Grâce à ACPC rempli à l'eau, on purge le CO ₂ de la vanne puis on branche l'ACPC à robinet ouvert- via un tuyau souple pour permettre au CO ₂ de remplir l'espace de l'appareil et on purge l'eau. Puis on ferme la vanne de la citerne et le robinet d'écoulement de l'ACPC.	Physico-chimique : à chaque arrivage
Sirops	Siroperie	Même procédure que celle de l'eau de process	Microbiologique : hebdomadaire Physico-chimique : chaque préparation
Produit fini	Ligne de production	On prélève 3 bouteilles (au début, milieu et à la fin de production)	Microbiologique : 1 fois par semaine
		On prélève 5 bouteilles	Physico-chimique : chaque demi- heure
Étiquettes	Magasin	Pour chaque arrivage < 200000 étiquettes, on prélève 80 étiquettes	Physique : à chaque arrivage
Bouchon		Pour chaque arrivage < 50000, on prélève au hasard de chaque paquet 80 bouchons.	
Préforme		Pour chaque arrivage < 50000, on prélève au hasard de chaque paquet 80 préformes	
Bouteilles PET soufflées	Ligne de production	Sur un tour complet de la souffleuse, prélever les bouteilles par numéro de moule.	Physico--chimique: chaque huit heures

Air ambiant	Toutes les zones de production	À l'aide de l'appareil M.AIR.T. une aspiration d'un volume important de l'air qui se situe entre 200 à 500 litres est effectuée durant 5min	Microbiologique : chaque semaine
------------------------	--------------------------------	---	--

III.2.2. Analyses physicochimiques :

Tous les tests ont été effectués selon le guide Manuel Coca-Cola juin 2010

III.2.2.1. Matière première :

Les produits de la matière première concernée par ces analyses sont : l'eau de process et le sucre. Les autres constituants sont prêts à l'utilisation par exigence de la Compagnie.

III.2.2.1.1. L'eau de process :

Les analyses physicochimiques effectuées à la station de traitement des eaux au niveau de l'unité Fruitall sont :

III.2.2.1.1.1. Titre alcalimétrique (TA) :

Principe :

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

$$TA = [OH^-] + 1/2[CO_3^{2-}]$$

Mode opératoire :

Prélever 100 ml de l'eau puis rajouter la phénophtaléine, l'absence de coloration indique un TA=0, mais si une coloration rose apparaît titrer à l'acide sulfurique 0.02 N jusqu'à décoloration (pH=8,3).

Expression des résultats :

$$TA = V_{H_2SO_4} \times 10 \text{ (ml)}$$

III.2.2.1.1.2. Titre alcalimétrique complet

Principe : Mesure la teneur en alcalins libres, en carbonates et en bicarbonates.

$$TAC = [OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

Mode opératoire :

Ajouter à l'échantillon précédemment titré 4 gouttes du méthyle orange et titrer à l'acide H₂SO₄ jusqu'au virage du mauve au vert (pH=4,3). Même lecture que celle du TA.

Expression des résultats : $TAC = V_{H_2SO_4} \times 10 \text{ (ml)}$

III.2.2.1.1.3. Titre hydrométrique (TH) :**Principe :**

Mesure globale des concentrations calcique et magnésique par le titrage de ces deux ions en présence d'un indicateur coloré le N.E.T.

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

Mode opératoire :

Ajouter à 100 ml de l'eau adoucie 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 0,02N jusqu'au virage au bleu.

$$TH = V_{\text{titré}} \text{ (°F)}$$

Expression des résultats :

III.2.2.1.1.4. Le potentiel d'hydrogène (pH) :**Principe :**

Utilisation du pH mètre électronique. La méthode est donc potentiométrique.

Mode opératoire :

Plonger l'électrode dans la solution d'eau et lire directement sur l'écran du pH-mètre.

III.2.2.1.1.5. 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 néphélogéométrie).

III.2.2.1.1.6. Conductivité /taux des sels dissouts (TDS) :**Principe :**

C'est la capacité de l'eau à conduire le courant électrique via les sels minéraux dissouts exprimé par le TDS (taux des sels dissouts).

Mode opératoire :

Plonger l'électrode dans la solution d'eau et lire directement sur l'écran du conductimètre.

Conductivité (μS) et TDS (ppm).

III.2.2.1.1.7.Chlore libre :**Principe :**

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

Mode opératoire :

Introduire une pastille DPD dans un volume de 10 ml d'eau tout en agitant.

Expression des résultats :

À l'aide d'un comparateur, on compare la couleur rose de l'échantillon pris à celle des disques étalon.

III.2.2.1.2.Sucre :

Les analyses physicochimiques effectuées sur le sucre sont :

III.2.2.1.2.1.Dosage du SO_2 :**Principe :**

Basé sur le titrage d'un volume d'une solution de sucre en présence d'un indicateur coloré (complexe inde amidon).

Le SO₂ est un pesticide qui peut être absorbé par les organes de canne à sucre.

Mode opératoire :

Dans 150 ml de l'eau distillée, ajouter 10 ml d'amidon 0.2N, 5 ml d'acide chlorhydrique. Titrer à l'iode 0.05N jusqu'à coloration en bleu puis dissoudre dans cette préparation 50g du sucre : si la coloration reste inchangé [SO₂]=0, si par contre il y a décoloration, titrer à l'iode 0.05N jusqu'à réapparition de la coloration bleu, et calculer comme suit :

Expression des résultats :

$$\text{Quantité SO}_2 \text{ (ppm)} = V \text{ (ml) iode} \times 0.05 \times 32.03 \times 100 / 50g$$

III.2.2.1.2.2. Flocc test :**Principe :**

Basé sur la formation de floccs, issus de la liaison des constituants de la solution aux impuretés présentes dans le sucre.

Mode opératoire :

Préparer une solution de l'eau distillée additionnée 55g du sucre, la filtrer, et prélever 89ml du filtrat. Rajouter 5ml de solution de benzoate de sodium 0.1%, 4 ml de H₃PO₄ à 2N et ajuster à l'eau gazéifiée jusqu'à 500ml.

Expression des résultats :

Entreposer cette préparation 10 jours et examiner la présence de floccs à travers la lumière.

III.2.2.1.3.Le dioxyde de carbone:**III.2.2.1.3.1.Pureté de CO₂:****Principe:**

Sachant que la soude piège le CO₂ en formant la molécule, et ne se lie pas avec les autres gaz, ces derniers, s'ils se présentent, ils flottent à l'intérieur du corps de l'ACPC.

Mode opératoire/ Lecture:

Placer l'ACPC à la vanne de la citerne via un serpentín, ouvrir les robinets de l'ACPC préalablement remplis à l'eau, la remplir au CO₂ jusqu'à évacuation totale de l'eau. Remplir le ballon de l'ACPC à la soude 30%, puis lire le résultat sur les graduations en pourcent d'impuretés.

III.2.2.1.3.2.Snow test :**Principe:**

L'eau forme avec le CO₂ le carbonate (HCO₃), donc le CO₂ est lié à l'eau ce qui permettra de révéler les gaz étrangers peu soluble dans l'eau, ces derniers sont détectés par leur odeur intrusive.

Mode opératoire/ Lecture:

Dans un récipient, mettre un bout de la neige du CO₂, lui rajouter de l'eau distiller et humer la solution si elle est inodore ou elle présent l'odeur des œufs bouillit ou n'importe quelle odeur désagréable ou étrangère.

III.2.2.1.4.Analyse de l'emballage

Tous les tests on été effectués selon le guide Manuel Coca Cola juin 2010.

III.2.2.1.4.1.Analyse des bouteilles PET :**III .2.2.1.4.1.1.Préforme :**

On effectue que des tests physiques qui comprennent :

- la mesure du poids à l'aide d'une balance
- 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.

III .2.2.1.4.1.2.Bouchon:

Le bouchon doit être identique à l'échantillon standard approuvé y compris le texte.

- sur 80 échantillons, examiner la présence de poussière, stries ou de taches blanches ou noires.
- la mesure des dimensions : hauteur, diamètre intérieur et extérieur.

III .2.2.1.4.1.3.Étiquette :

-Vérifier si les étiquettes sont convenablement conditionnées dans des paquets scotchés, en bon état, identifiés par une étiquette exemplaire.

-Prélever une étiquette, mesurer les dimensions et le poids et les comparer par rapport à l'étiquette approuvée par le département marketing.

III .2.2.1.4.1.4. Bouteille soufflée:

Épaisseur : 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 inférieur et supérieur. Lire la valeur sur l'écran digital

Diamètre : Placer le circomètre autour de la bouteille au niveau de: l'épaule, le corps, talon.

Hauteur : Etalonner le zéro de l'appareil Trusquin, positionner la bouteille et lire la hauteur.

III .2.2.1.4.1.5.Bouteille remplie:

Contrôle du couple de vissage : Placer la bouteille sur le torque mètre et l'immobiliser entre les supports. Après avoir régler 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, elle doit être entre 7 et 17 inlbs.

III .2.2.1.4.2.Bouteilles verres :

-Avec une balance de précision mesurer le poids de chaque bouteille.

-La capacité des bouteilles (Fill point) :

*Peser la bouteille vide.

*Remplir la bouteille à ras bord, ajuster le niveau d'eau à l'aide d'une pipette.

*Peser la bouteille contenant de l'eau ajustée à la hauteur de remplissage normale.

Expression des résultats :

$$\text{Capacité} = (\text{poids plein} - \text{poids vide}) / \text{densité de l'eau}$$

III .2.2.1.4.3.Canettes :

- **Serti:** À l'aide d'un appareil de sertissage on mesure les paramètres suivants: hauteur et épaisseur du serti, crochet du couvercle et croisure (**Annexe VI**).

III .2.2.2.Produits intermédiaire: Tous les tests on été effectués selon le guide Manuel Coca Cola juin 2010

III .2.2.2.1.sirop:**III .2.2.2.1.1.Mesure de la température:****Principe:**

Le mercure présent dans le thermomètre est très sensible à la variation de la température : il se dilate lorsqu'elle augmente ou il se rétrécit lorsqu'elle diminue et cela le long de la tige dont il est à l'intérieur.

Mode opératoire/ Lecture:

Tremper le thermomètre à l'intérieur de la solution, après 30 sec lire la température.

III .2.2.2.1.1.2Mesure de l'extrait sec soluble (Brix) :**Principe:**

Le contenu en solide soluble est déterminé par densimétrie, il s'agit de déterminer le pourcentage en masse de saccharose d'une solution aqueuse.

Mode opératoire/ Lecture:

Introduire une quantité du sirop dans le tube en U du DMA, puis lire le résultat sur l'écran digital.

III .2.2.3.Produit finis:

Tous les tests on été effectués selon le guide Manuel Coca Cola juin 2010.

III .2.2.3.1.La boisson Coca cola**III .2.2.3.1.1.Brix:**

Principe: Le contenu en solide soluble est déterminé par densimétrie, il s'agit de déterminer le pourcentage en masse de saccharose d'une solution aqueuse.

Mode opératoire/ Lecture:

Introduire une quantité de la boisson déjà décarbonaté sous vide, et l'introduire dans le U du refractomètre DMA, puis lire le résultat sur l'écran digital.

III .2.2.3.1.2.Absorbance:

Principe:

Fondé sur l'absorbance de la lumière à des longueurs d'ondes particulière, cette méthode permet de quantifier la lumière absorbée qui est proportionnelle à la concentration de la substance dissoute dans la solution à examiner.

Mode opératoire/ Lecture:

Remplir les cuvettes du spectrophotomètre l'une à l'eau osmosée, l'autre à la boisson dégazifiée (additionnées du surfactant) et la troisième à la solution standard (S) préalablement misent dans un bain tempéré 20°C puis les introduire à l'intérieur et faire la lecture sur le logiciel installé à l'ordinateur.

III .2.2.3.1.3.Taux du CO₂:

Principe:

Selon la loi des gaz parfaits, calculer la concentration du gaz après mesure de la pression et de la température.

Mode opératoire/ Lecture:

Fixer la bouteille sur le manomètre puis agiter et lire la valeur de la pression, et tremper le thermomètre dans la boisson durant 20sec et lire la température. Le taux du CO₂ est déterminé en fonction de la température et la pression selon la table.

III .2.2.3.1.4.Contenu net:**Principe:**

Basé sur la loi de la masse volumique ou la densité. Il suffit de mesurer deux paramètres pour déduire le troisième c'est à dire mesurer la masse et la densité puis tirer le volume.

Mode opératoire/ Lecture:

Calculer la moyenne de masse de 5 bouteilles vides, puis de 5 bouteilles remplies, et déterminer le degré Brix et la densité apparente (ap) du produit pour pouvoir calculer le contenu net comme suit :

$$C_{\text{net(ml)}} = (C_{\text{brut-tare}}) / \text{densité ap}$$

III .2.2.3.1.5.L'acidité :**Principe :**

L'acidité titrable d'une boisson gazeuse est due à la présence d'un mélange d'acide organique .

Mode opératoire/ Lecture:

-on commence par la calibration du pH mètre en utilisant le pH tampon.

-peser 20 g d'échantillon dans un bécher de 500 ml, ajouter 20 ml d'eau distillé (pour le sirop, et BG) puis plonger le pH mètre dans cette solution. Titrer sous une agitation magnétique jusqu'à atteindre pH =8.1 avec NaOH à 0.1 N. Calculer l'acidité en utilisant la formule :

$$\text{Acidité totale (\%P/P)} = \frac{(\text{volume verser de NaOH ml} * 0.1N * 0.064041) * 100}{\text{Prise d'essais(20g)}}$$

0 :064041 : Coefficient de l'acide citrique hydraté.

III .2.2.3.1.6.pH :

Principe : Utilisation du pH mètre électronique. La méthode est donc potentiométrique.

Mode opératoire/Lecture:

Plonger l'électrode dans la solution d'eau et lire directement sur l'écran du pH-mètre.

III.2.2.3.2 Le produit fini au cours de stockage

Pour l'étude de la stabilité du produit fini, nous avons adopté la démarche expérimentale qui est représenté dans le tableau 2.

Tableau 2: Démarche expérimentale pour le produit fini ou cours de stockage.

Durée de stockage (jours)	Température de stockage		
	04°C	Ambiante	37°C
0	4 bouteilles verres, 4 bouteilles, plastiques ,4 canettes		
7	4 bouteilles en verres, 4 bouteilles plastiques ,4 canettes	4 bouteilles verres, 4 bouteilles plastiques ,4canettes	4 bouteilles verres, 4 bouteilles plastiques ,4 canettes
14	4 bouteilles verres, 4 bouteilles plastiques ,4 canettes	4 bouteilles verres, 4 bouteilles plastiques ,4 canettes	4 bouteilles verres, 4 bouteilles plastiques ,4 canettes
21	4 bouteilles verres, 4 bouteilles plastiques ,4 canettes	4 bouteilles verres, 4 bouteilles plastiques ,4 canettes	4 bouteilles verres, 4 bouteilles plastiques ,4 canettes

➤ Les paramètres physicochimiques étudiés sont :

1-La détermination de degré Brix.

2-La détermination de la quantité de CO₂.

3-Nuance (absorbance).

4-pH.

5-L'acidité titrable.

6-contenu net

7-Le contrôle mécanique :

➤ Couple de vissage pour les bouteilles en PET, et en verre.

➤ Pour les canettes pas de contrôle (couvercles sertis).

III.2.3. Analyses microbiologiques

Tous les tests ont été effectués selon le guide Manuel Coca Cola juin 2010.

III.2.3.1. Préparation des échantillons :

III.2.3.1.1. Le sucre : La préparation s'effectue à l'intérieure de la hotte, préalablement stérilisée par sa lampe UV et essuyée à l'alcool. Les 10g prélevés sont mis dans un flacon stérile, puis on ajuste jusqu'à 100 ml à l'eau stérile, on le ferme et on l'agite bien jusqu'à ce que le sucre soit complètement dissous.

III.2.3.1.2. L'eau de la station, le sirop et la boisson: On n'effectue aucune dilution puisque le mode prescrit par la compagnie implique l'utilisation du produit entier prélevé aseptiquement devant le bec bunsen à l'intérieur de la hotte microbiologique sauf le sirop (on lui ajoute de l'eau stérile pour faciliter la filtration), la solution passera par la rampe de filtration à travers des membranes filtrantes millipore.

III.2.3.2. Recherche et dénombrement des différents germes :

Les germes recherchés sont préconisés par les normes entreprises de Coca-cola. Ces germes sont recherchés selon le plan suivant :

Tableau 3: Germes recherchés dans différents échantillons.

Germes recherchés	Echantillon
Les germes totaux, les coliformes totaux	Eau de process
Les germes totaux, les levures et des moisissures	Sucre
Les levures et des moisissures, les germes totaux, les coliformes totaux	Boisson gazeuse
Les levures et des moisissures	Sirop
Les germes totaux, les levures et des moisissures	Bouteilles soufflée PET
Germes totaux, levures et moisissures	Bouteilles verres
ATPmétrie	Equipement de production
Les germes totaux, les levures et des moisissures, les coliformes totaux	Air ambiant

III.2.3.3. Recherche microbiologique par méthode de filtration :

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

- a) stériliser le matériel de la rampe puis le placer à l'intérieur de la hotte microbiologique.
- b) placer aseptiquement les membranes filtrantes $0,45\mu\text{m}$ ou $1,2\mu\text{m}$ millipore dans la rampe de filtration.
- c) filtrer le volume approprié de l'échantillon sur la membrane stérile $0,45\mu\text{m}/1,2\mu\text{m}$ pour le jus à l'aide de la rampe liée à une pompe à vide.
- d) retirer la membrane avec une pince préalablement flambée et la déposer sur le milieu de culture coulé dans les boîtes pétri (fig.12). Selon le guide Manuel Coca Cola juin 2010.

**1-Stériliser la rampe****2-Déposer les membranes $0,45\mu\text{m}$ dans la rampe****3-Filtrer X ml des échantillons à analyser à l'aide de spatule de prélèvement et actionner la pompe à vide****4-Déposer les membranes sur les boîtes de Petri contenant les milieux spécifiques aux germes recherchés****Figure 12 : Procédé de filtration sur membranes****III.2.3.4. Les analyses microbiologiques de l'ambiance :**

Dans les analyses microbiologiques de l'air ambiant on recherche :

❖ **Les germes totaux et des levures et moisissures et les Coliformes totaux :**

Principe/ Mode opératoire :

Consiste à aspirer à l'aide de l'appareil M.AIR.T un volume important de l'air environ 500 litres pendant 5 mn qui permet donc de concentrer les germes présents dans l'air sur la cassette préalablement coulée par le milieu de culture concerné (MTGE pour les germes totaux et OGA pour les L&M, Difco-DRBC agar pour les Coliformes).

Cette méthode d'aspiration facilite la captation des microorganismes et permet donc d'avoir un résultat plus fiable sur la flore aérienne par rapport à la méthode classique de contrôle microbiologique de l'air par sédimentation (**Fig.13**). Selon le guide Manuel Coca Cola juin 2010

Expression des résultats:

Comptage direct des colonies présentes dans chaque cassette.



Figure 13: Les étapes du contrôle microbiologique de l'air par aspiration.

III.2.3.5. Les analyses microbiologiques des équipements de production :

Les analyses microbiologiques du matériel de production sont :

❖ **Recherche des ATP par ATP mètre (bioluminescence) :**

Principe :

La réaction de bioluminescence est ATP dépendante, elle met en œuvre l'oxydation d'un substrat « luciférine » par l'enzyme « luciférase » pour libérer un photon qui est donc l'équivalent d'une molécule d'ATP, et sachant qu'une cellule microbienne présente environ

5×10^{-16} g d'ATP, l'ATP métrie permet donc de quantifier l'intensité de lumière dégagée par la réaction et la convertir en nombre de microorganisme présent dans l'échantillon analysé.

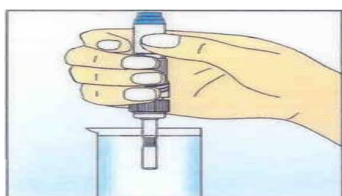
Mode opératoire :

A la fin de CIP 5 étapes, à l'aide d'écouvillon spécifique d'ATP mètre préalablement mouillé à l'eau de rinçage des éléments du matériel et imbibé à la solution du complexe luciférine-luciférase, il est introduit dans l'ATP mètre.

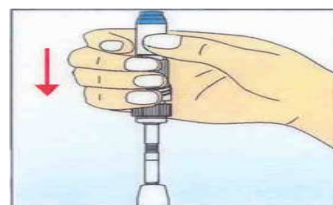
Expression des résultats :

Le résultat affiché sur l'écran de l'ATP mètre exprime le nombre d'ATP détecté.

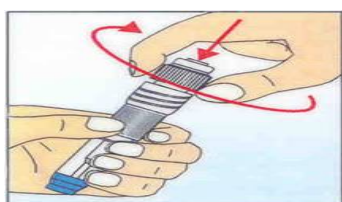
Les différentes étapes de l'ATP métrie se résume dans **(fig.14)** selon le guide Manuel Coca Cola juin 2010.



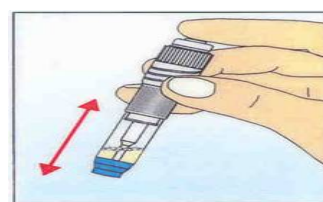
Retirer le stylo de son capuchon et prolonger le stick échantillonneur dans un liquide à analyser.



Placer le stick échantillonneur sur un support dur et, en maintenant une pression constante, l'enfoncer dans le compartiment en le maintenant à la verticale.



Tourner en forçant dans le sens des aiguilles d'une montre la partie supérieure du stylo contre la partie inférieure de celui-ci.



Afin de bien mélanger les réactifs secouer le stylo énergiquement au minimum 10 fois ; il doit apparaitre une coloration jaune avec formation de mousse

Figure 14: les étapes de l'ensemencement de l'ATP métrie.

III.2.3.6. Le produit fini au cours de stockage :

Tableau 4 : Démarche expérimentale pour le produit fini ou cours de stockage

Durée de stockage (jours)	Température de stockage		
	+4°C	Ambiante	45°C
7	2 bouteilles en PET, 2 en verres, 2 canettes	2 bouteilles en PET, 2 en verres, 2 canettes	2 bouteilles en PET, 2 en verres, 2 canettes
14	2 bouteilles en PET, 2 en verres, 2 canettes	2 bouteilles en PET, 2 en verres, 2 canettes	2 bouteilles en PET, 2 en verres, 2 canettes
21	2 bouteilles en PET, 2 en verres, 2 canettes	2 bouteilles en PET, 2 en verres, 2 canettes	2 bouteilles en PET, 2 en verres, 2 canettes

Pour les analyses microbiologiques sont :

La recherche et dénombrement des germes totaux, levures et moisissures et coliformes totaux.

Chapitre IV: Résultats et discussions

IV.1.Résultats des analyses physicochimiques

IV.1.1.L'eau de process : Les résultats des analyses de l'eau de process sont apportés dans le tableau 5, 6, 7, 8, 9.

Les résultats des analyses de l'eau de process effectués sur l'eau de forage sont apportés dans le tableau 5.

Tableau 5: Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau de forage (eau brute).

Produit analysé	Tests effectués	Essai 1	Essai 2	Essai 3	M±EC	Normes
Eau de forage	TAC	260	258	260	259.33±0.94	mg/l -
	Turbidité	0.32	0.38	0.31	0.33±0.03	- NTU
	TDS	450	442	440	444±4.32	ppm -

On constate que les paramètres recherchés (TAC, TDS, turbidité) apparaissent conformes aux normes, ce qui signifie une bonne qualité physicochimique de cette eau ainsi le bon fonctionnement des pompes placées au forage.

Les résultats des analyses de l'eau de process effectués sur l'eau du filtre à sable sont apportés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau du filtre à sable.

Produit analysé	Tests effectués	Essai 1	Essai 2	Essai 3	M±EC	Normes
Eau du filtre à sable	TAC	255	270	265	263.33±6.23	mg/l -
	Chlore libre	0.5	0.5	2.5	1.16±0.94	1-3 ppm
	Turbidité	0.15	0.14	0.13	0.14±0.008	<0.50 NTU
	pH	6.1	7.03	5.09	6.07±0.79	-

Pour la teneur en chlore, les échantillons n° 3 présentent une quantité de 2,5 ppm ce qui est conforme aux normes, tandis que l'échantillon n°1, 2 présente une faible teneur en chlore (0,5ppm) cela était dû à une injection insuffisante par la pompe du chlore, pour cela, il fallait juste signaler à l'opérateur de la station (o.d.s) pour qu'ils augmentent l'injection du chlore. Mais d'une manière général, la valeur moyenne est conforme à la norme.

En ce qui concerne la turbidité, le résultat issu pour les essais 1, 2 et 3 était satisfaisant cela indique le bon fonctionnement du filtre à sable.

Les résultats des analyses de l'eau de process effectués sur l'eau du filtre à charbon sont apportés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau du filtre à charbon.

Produit analysé	Tests effectués	Essai 1	Essai 2	Essai 3	M±EC	Normes
Eau du filtre à charbon	TAC	260	245	251	252± 6.16	mg/l -
	Chlore libre	0	0	0	-	0 ppm

Selon le tableau 7 on constate que la TAC de l'eau du filtre à charbon répond à la norme de l'entreprise.

Les résultats de l'essai 1, 2 et 3 sont compatibles puisque la teneur en chlore libre de cette eau devra être nulle, cela confirme le bon fonctionnement du filtre à charbon.

Il faut souvenir que pour conférer ce bon fonctionnement, le filtre doit être lavé à l'eau à contre courant chaque 72h pour évacuer le chlore en surcharge, responsable à la saturation du filtre qui conduit à son dysfonctionnement. Donc ce lavage permet d'allonger la durée de vie du filtre.

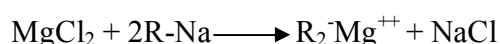
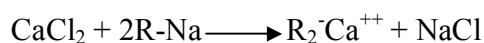
Les résultats des analyses de l'eau de process effectués sur l'eau adoucie sont apportés dans le tableau 8.

Tableau 8: Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau adoucie.

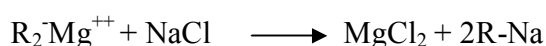
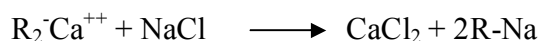
Produit analysé	Tests effectués	Essai 1	Essai 2	Essai 3	M±EC	Norme
Eau adoucie	pH	7.37	7.28	7.12	7.25±0.10	-
	TH	1.25	0	0	0.41±0.58	<1 °F

Le premier essai présent un TH égale à 1.25°F ce qui est non conforme, les deux derniers essais présentent un adoucissement juste, exprimé par un TH nul. Mais d'une manière général, la valeur moyenne est conforme à la norme.

Si la valeur moyenne n'est pas conforme à la norme, cela signifie la saturation de la résine en ions Mg^{++} et Ca^{++} selon la réaction chimique suivante :



Cela indique la nécessité de la régénération de la résine à la saumure concentrée ce qui va lui permettre de libérer les ions Mg^{++} et Ca^{++} selon la réaction chimique si dessous :



Après cette régénération, la résine sera prête pour effectuer un adoucissement performant.

Les résultats des analyses de l'eau de process effectués sur l'eau osmosée sont apportés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur l'eau osmosée.

Echantillon	Test	Essai 1	Essai 2	Essai 3	M±EC	Norme
Eau Osmosée	TAC	19	32	24	25±5.35	<85 mg/l
	Conductivité	299	440	646	461.66±142.48	-µs
	Turbidité	0.17	0.12	0.25	0.18±0.053	<0.5 NTU
	TDS	149	217	323	229.66±71.59	<500 ppm
	pH	6.93	5	4.65	5.52±1.00	>4.5

Selon les résultats de tableau 9, on constate que les valeurs de la TAC, le TDS, la conductivité et la turbidité, le pH sont tous performant par rapport aux normes fixées par Fruital Coca-Cola, on déduit que les osmoseurs sont bien fonctionnels et élabore une eau ayant un pH et une minéralisation satisfaisante.

IV.1.2.Le sucre : Les résultats des analyses du sucre sont apportés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur le sucre.

Test	E1	E2	E3	M±EC	Norme
Dosage SO ₂	3	1	4	2.66 ±1.24	< 6 ppm
Flocs test	abs	abs	abs	-	Absence

À partir des résultats du tableau 10, on observe que tous les valeurs de dosage SO₂ étaient inférieurs à 6 ppm, ce qui est satisfaisant, et le test floc montre l'absence de flocs dans les échantillons de sucre analyses. Ces deux résultats nous indiquent sur la bonne qualité du sucre importé.

IV.1.3.Le dioxyde du carbone : Les résultats des analyses du dioxyde du carbone sont apportés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Résultat du contrôle physicochimique effectué sur le CO₂.

Test	E1	E2	E3	M±EC	Norme
Pureté du CO ₂	99.9	99.9	99.9	99.9±1.42	99,99%
Snow test	Néant	Néant	Néant	-	Néant

La pureté du CO₂ pour tous les essais présente une valeur de 99.9% ce qui confirme sa véritable pureté et l'absence de tous gaz étranger, et le Snow test est un test complémentaire juste pour s'assurer de l'odeur renaissante lors de l'incorporation de la neige du CO₂ à l'eau distillée, ce test avait présenté l'absence totale de toute sorte d'odeur étrangère.

On peut conclure que le fournisseur élabore un bon CO₂ ayant une haute pureté.

IV.1.4.Les résultats des analyses du sirop simple et sirop fini

IV.1.4.1.Sirop simple: Les résultats des analyses du sirop simple sont apportés dans le tableau 12

Tableau 12: Résultat de l'analyse physicochimique du sirop simple.

Essais Paramètres	Cuve de dissolution			M±EC	Cuve de stockage			M±EC	Norme
	E1	E2	E3		E1	E2	E3		
<i>T</i> °	22	21	23	22±0.81	22.5	22	23	22.5±0.40	<25°C
<i>Brix</i>	62.5	60.98	63.15	62.21±0.90	64.78	61.87	62.39	63.01±1.20	>60 °Brix

D'après le tableau 12 les valeurs de la température et Brix du sirop simple sont en accord avec les normes exigées par l'entreprise Fruital, donc le sirop simple est de bonne qualité physico-chimique, on pourra dire dans ce cas que les quantités de matières premières (eau, sucre) utilisés dans la fabrication de ce sirop finis sont bien respectés.

IV.1.4.2.Sirop fini : Les résultats des analyses du sirop fini sont apportés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Résultats de l'analyse physicochimique du sirop fini.

Essais Paramètres	Sirop Coca cola			M±EC	Normes
	1	2	3		
<i>Brix</i>	56.94	54.84	54.66	55.48±1.03	54.85±0.20
<i>T</i> °	23	24	22	23±0.81	<25°C

On contrôle le paramètre de la température afin de limiter le phénomène de l'inversion de saccharose (une température élevée peut provoquer cette inversion), le degré de Brix doit être contrôlé afin de limiter un excès ou un déficit en sucre.

D'après les résultats du tableau 13, les valeurs de températures des sirops finis sont conforme a la norme, pour le Brix on remarque que l'échantillon n°1 du sirop fini présente un Brix supérieur à la norme, dans ce cas, il doit subir un ajustement qui consiste à déterminer une quantité d'eau à ajouté pour arriver au Brix conforme à la norme en utilisant un tableau d'ajustement.

IV.1.5. Résultats des analyses de produit fini au cours de stockage

IV.1.5.1. Evolution du degré Brix au cours du stockage

Les résultats des analyses de mesure du degré Brix des différents échantillons en fonction de la température et la durée du stockage à différents emballages sont représentés dans la figure 15,16 et 17.

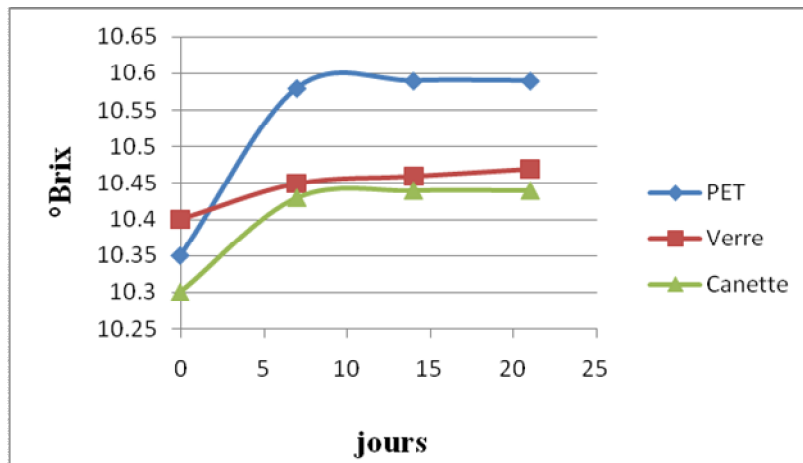


Figure15: Evolution du degré Brix de la boisson gazeuse au cours du stockage à température 4C°

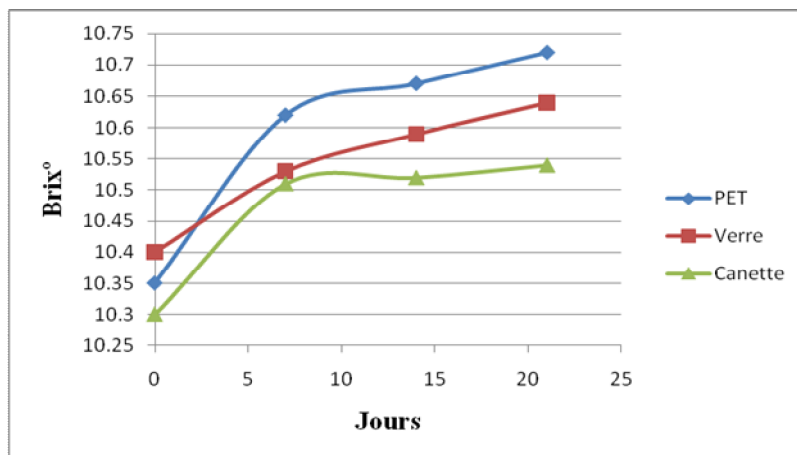


Figure 16: Evolution du degré Brix de la boisson gazeuse au cours du stockage à température ambiante (mois de mai).

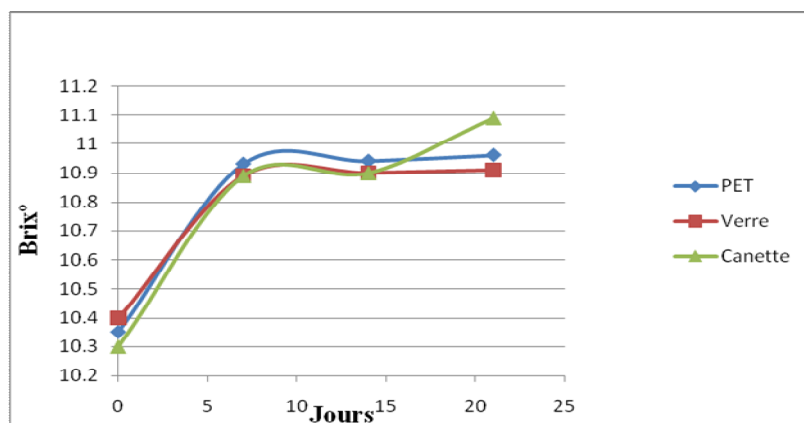


Figure 17: Evolution du degré Brix de la boisson gazeuse au cours du stockage à température 45 C°.

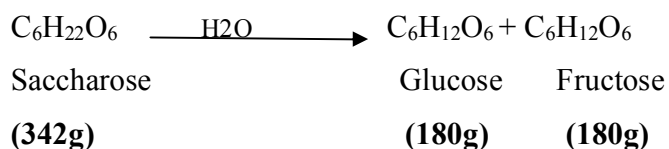
Selon la figure 15 et après 3 semaines de stockage à température 4 C°. On observe une augmentation de degré Brix (10.35 → 10.59) des boissons conditionnées en PET, par contre on observe une légère augmentation de degré Brix des boissons conditionnées en verre (10.4 → 10.47), et des canettes (10.30 → 10.44).

Selon la figure 16 et après 3 semaines de stockage à température ambiante. On observe une augmentation de degré Brix des boissons conditionnées en PET (10.72), et en verre (10.64), par contre on observe une légère augmentation de degré Brix des boissons conditionnées en canettes (10.54).

Selon la figure 17, à température 45 C° et après trois semaines de stockage, on observe augmentation de Brix des boissons conditionnées en canette (11.09) par rapport des boissons conditionnées en PET (10.96) et en verre (10.91).

D'après ces trois figures, à température 45 C°, on observe une augmentation de degré Brix des boissons conditionnées dans les trois types d'emballages (PET : 10.96, verre : 10.91, canette 11.09), par rapport les deux autres températures (le tableau 1 et figure 1, annexe VIII).

L'évolution du Brix est due à l'inversion de saccharose qui dépend de deux facteurs température / temps. Aussi l'inversion de saccharose peut être expliquée par le gain massique d'une molécule d'eau.



L'évolution du Brix rend la boisson plus sucrée cela est dû au pouvoir sucrant du fructose qui est supérieur à celui de saccharose.

IV.1.5.2 Evolution du pH au cours du stockage

Les résultats des analyses de mesure du pH des différents échantillons aux cours du stockage en fonction de la température et de la durée à différents emballages sont représentés dans la figure 18,19 et 20.

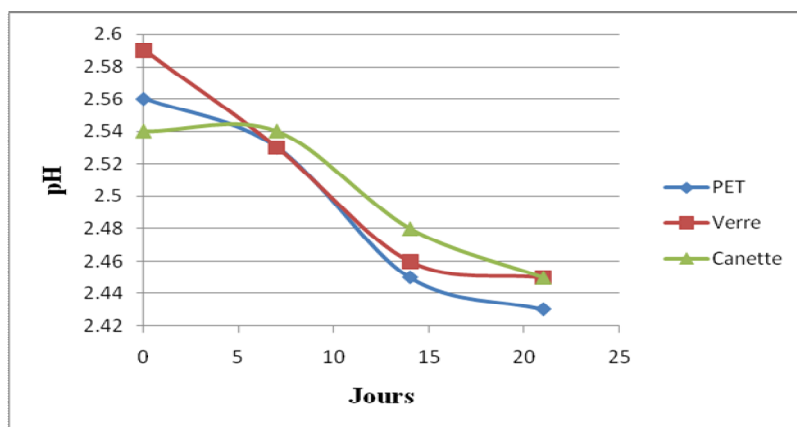


Figure 18 : Evolution du pH de la boisson gazeuse au cours du stockage à température 4 C°

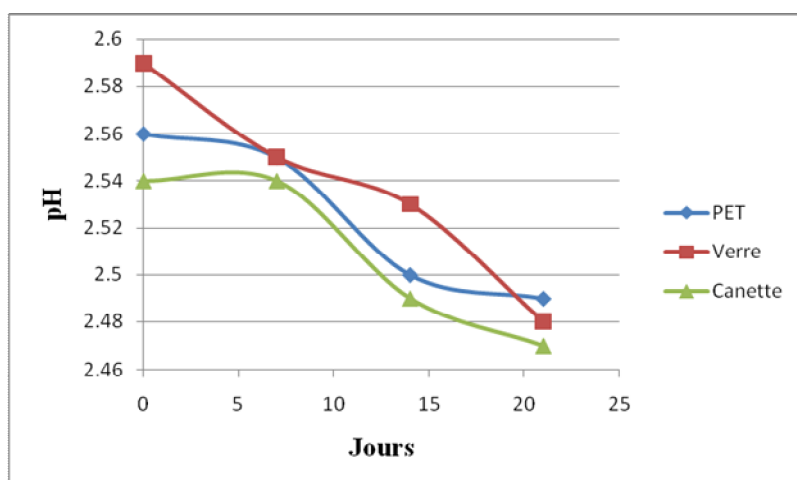


Figure 19: Evolution du pH de la boisson gazeuse au cours du stockage à température ambiante (mois de mai).

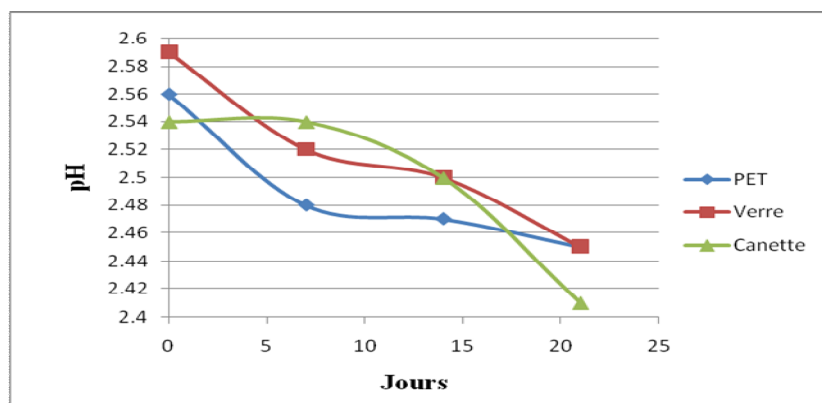


Figure 20 : Evolution du pH de la boisson gazeuse au cours du stockage à température 45 C°.

Le pH est le potentiel d'hydrogène dans une solution, il détermine sa neutralité, son acidité, son alcalinité.

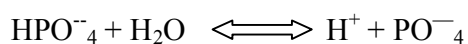
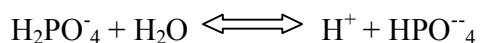
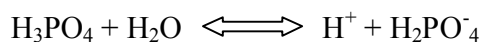
Selon la figure 18, on observe une diminution des pH par rapport aux pH initiaux des boissons, cette diminution est remarquable dans les boissons conditionnées en PET (2.56 → 2.43).

À température ambiante, on observe une diminution de pH dans la boisson, cette diminution est remarquable dans la boisson conditionnée en verre (pH initial 2.59 → pH final 2.48).

À température 45 C°, on observe une diminution de pH dans les différents emballages, la diminution est remarquable dans la boisson conditionnée en canette (pH 2.54 → pH 2.41).

Selon les trois figures, on observe à températures ambiante une faible diminution de pH par rapport les deux autres températures (tableau 2, annexe VIII).

La diminution du pH est accentuée par la dissociation de l'acide ortho-phosphorique avec libération des ions H⁺ sous l'effet de la température et la durée de stockage.



IV.1.5.3 Evolution de l'acidité au cours du stockage

Les résultats des analyses de mesure de l'acidité des différents échantillons au cours du stockage en fonction de la température et de la durée à différents emballages sont représentés dans la figure 21, 22 et 23 ci-dessous.

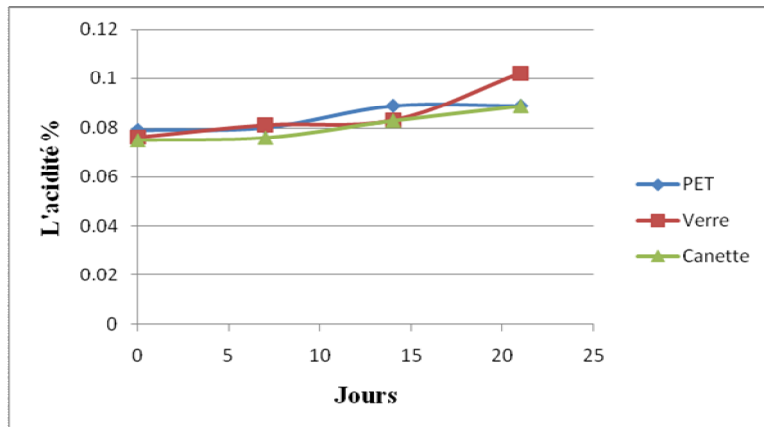


Figure 21 : Evolution de l'acidité de la boisson gazeuse au cours du stockage à température 4C°.

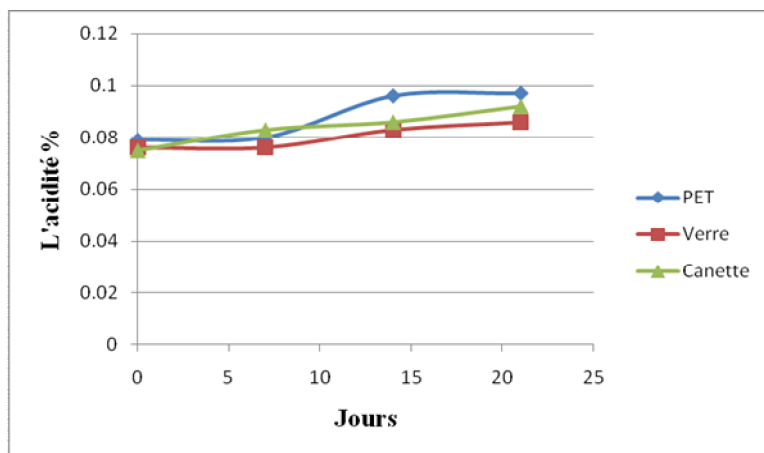


Figure 22 : Evolution de l'acidité de la boisson gazeuse au cours du stockage à température ambiante.

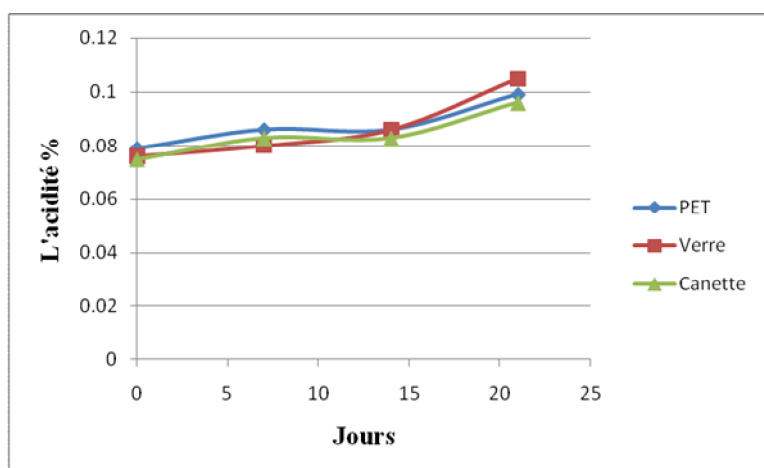


Figure 23 : Evolution de l'acidité de la boisson gazeuse au cours du stockage à température ambiante (mois de mai).

On remarque dans les trois figures (21, 22 et 23) une augmentation de l'acidité par rapport à l'acidité initiale, dans les boissons gazeuses conditionnées en PET, verre, canettes.

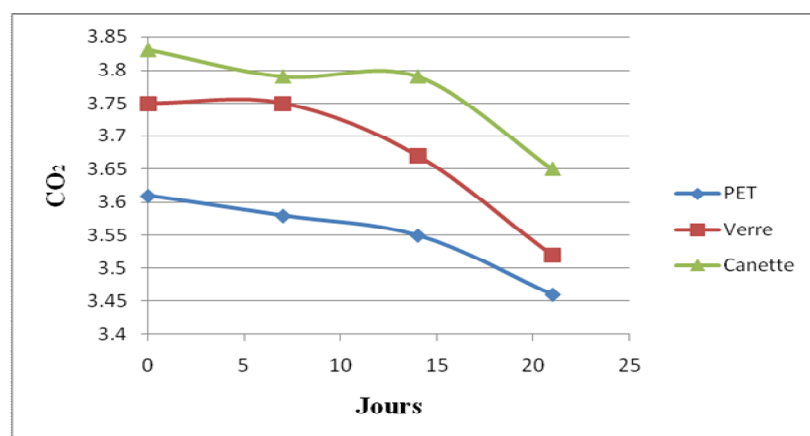
À température 45 C°, l'acidité de la boisson a subi une augmentation par rapport à celle des boissons stockées à température ambiante et à 4 C°. L'augmentation de l'acidité est due à la diminution de pH (tableau 3, annexe VIII).

Cet effet est dû à l'hydrolyse de l'acide ortho-phosphorique sous l'effet de la température et durée de stockage.

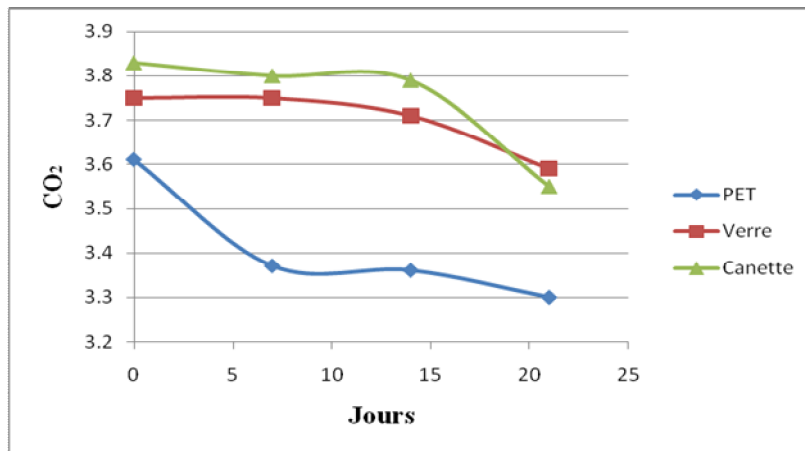
Aussi cette augmentation peut être liée à la présence de l'acide carbonique sous forme non ionisé (H_2CO_3), dans la BG après dégazage (sous effet d'agitation) et au cours de la quantification de l'acidité totale, on dose donc la totalité des ions H^+ et les formes non dissociées de l'acide carbonique et de l'acide ortho-phosphorique.

IV.1.5.4. Evolution du CO_2 au cours du stockage

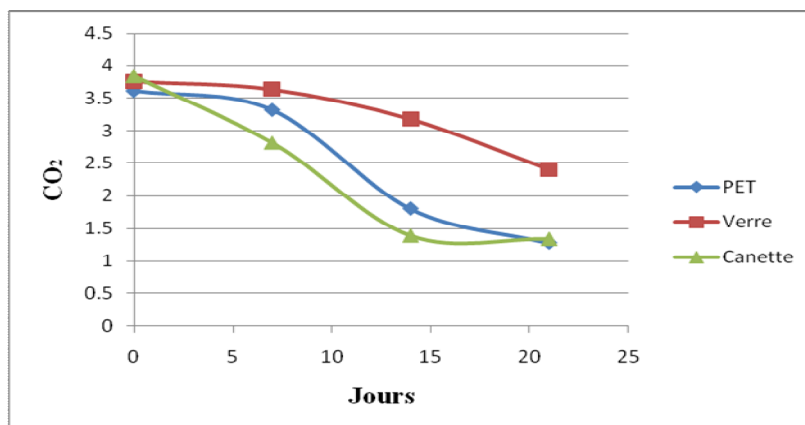
Les résultats des analyses de mesure du CO_2 des différents échantillons aux cours du stockage en fonction de la température et de la durée à différents emballages sont représentés dans les figures 24, 25 et 26.



Figures 24 : Evolution du CO_2 de la boisson gazeuse au cours du stockage à température 4 C°.



Figures 25: Evolution du CO₂ de la boisson gazeuse au cours du stockage à température ambiante (mois de mai).



Figures 26: Evolution du CO₂ de la boisson gazeuse au cours du stockage à température 45 C°.

Selon la figure 24 et 25, on observe une diminution de CO₂ dans la boisson gazeuse et on remarque que le CO₂ est plus diminué dans la boisson conditionnée en PET (à température 4 C° 3.61 → 3.46) et (à température ambiante 3.61 → 3.30).

À température 45 C°, on observe une diminution remarquable de CO₂ par rapport les deux autres températures (les valeurs obtenues ne sont pas conformes aux normes Coca-Cola) et dans ce cas on remarque que le CO₂ des boissons conditionnées en verre a moins diminué par rapport à celles des boissons stockées en PET et canettes (tableau 4, annexe VIII)

La diminution de la teneur en CO₂ dans la boisson conditionnée en PET est expliquée par la perméabilité de l'emballage, il contient des micros pores qui laissent le gaz carbonique s'échapper vers l'atmosphère. Et l'augmentation de la température (45C°) provoque une augmentation de la pression et une dilatation de la bouteille PET et sa goulot, ainsi les bouchons des bouteilles en verres, ce qui accélère la diffusion de CO₂. Dans le cas des canettes les pertes de CO₂ sont dues à la déformation des canettes et l'apparition des pores sur l'emballage métallique (Annexe IX).

IV.1.5.5 Evolution de la nuance au cours du stockage

Les résultats des analyses de mesure de la nuance des différents échantillons aux cours du stockage en fonction de la température et de la durée à différents emballages sont représentés dans les figures 27, 28 et 29.

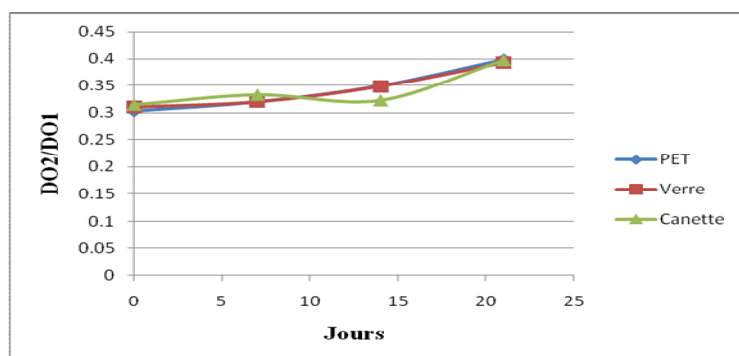


Figure 27: Evolution de la nuance de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à températures 4C°.

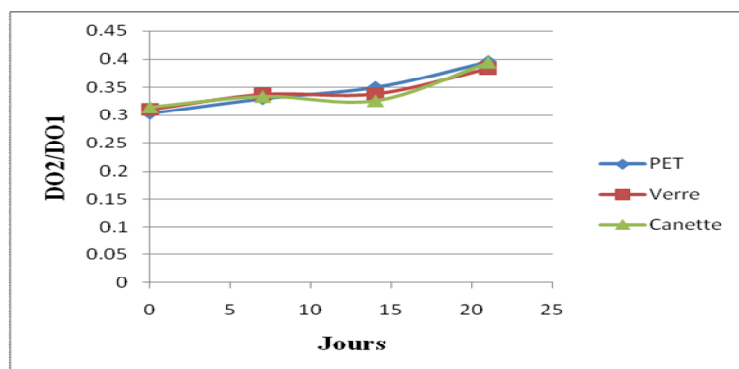


Figure 28 : Evolution de la nuance de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à températures ambiante (mois de mai).

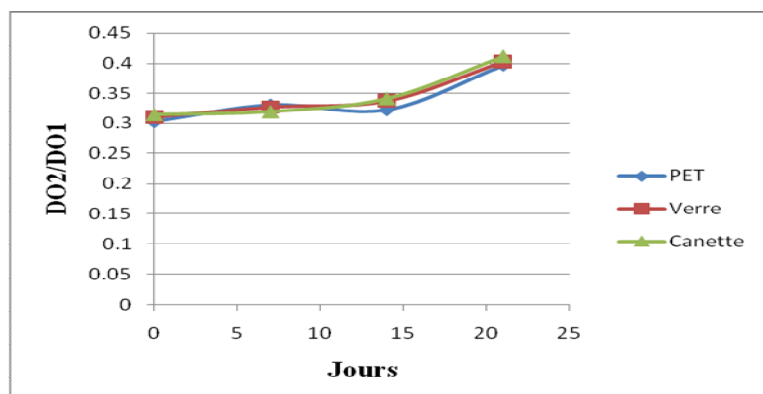


Figure 29: Evolution de la nuance de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à températures 45 C°.

D'après la fig.27, fig.28 et 29 on constate que la nuance a évolué par rapport à celle de l'initial dans les trois températures (tableau7, annexe VIII).

Cette évolution peut être expliquée par la formation de l'hydroxy-méthyl-furfural(HMF) qui est produit par la réaction de Maillard ; celle-ci est favorisée par la libération des sucres réducteurs (glucose et du fructose) provenant de l'hydrolyse de saccharose. Et l'absorbance d'une solution est proportionnelle à sa concentration (quand le Brix augmente, l'absorbance augmente)

IV.1.5.6 Evolution de contenu net au cours du stockage

Les résultats des analyses de mesure de contenu net des différents échantillons aux cours du stockage en fonction de la température et de la durée à différents emballages sont représentés dans la figure 30, 31 et 32 ci-dessous.

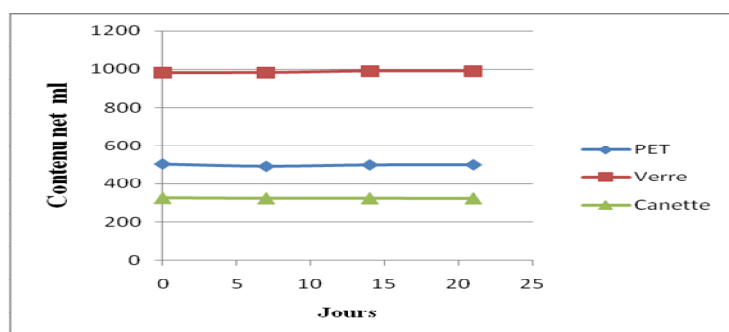


Figure 30: Evolution de contenu net de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à températures 4C°.

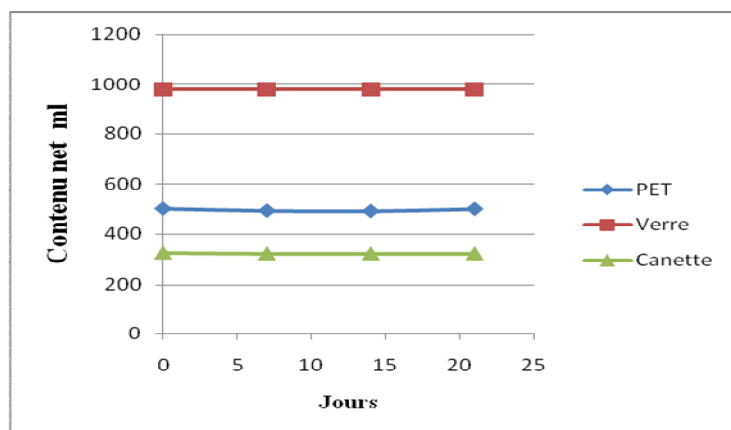


Figure 31: Evolution de contenu net de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à températures ambiante (mois de mai)

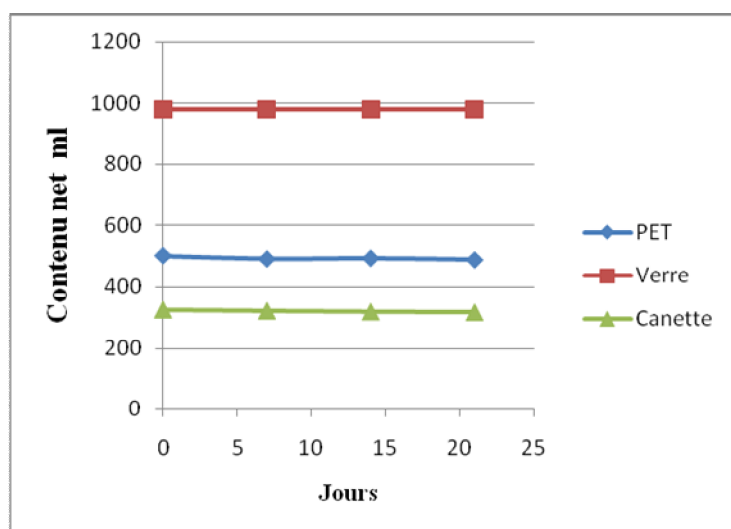


Figure 32: Evolution de contenu net de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à températures 45 C°.

D'après les figures 30, 31 et 32, on remarque que les valeurs du contenu net répondent tous à la norme préconisée par Fruital. Ce paramètre ne pose pas problème parce que les mireurs écartent toutes les bouteilles mal remplies (tableau 8, annexe VIII).

IV.1.5.7. Evolution du couple de vissage au cours du stockage

Les résultats d'analyse de mesure du couple de vissage au cours du stockage en fonction de la température et la durée à différents emballages sont représentés dans les figures 33, 34 et 35.

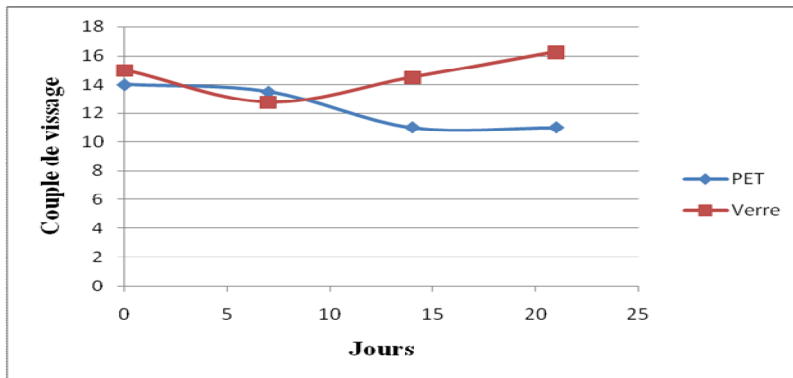


Figure 33: Evolution de couple de vissage de la BG conditionné en PET, verres, au cours du stockage à températures 4 C°.

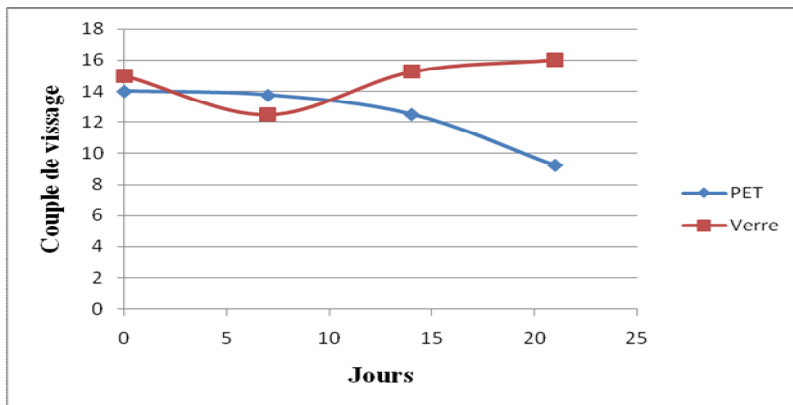


Figure 34: Evolution de couple de vissage de la BG conditionné en PET, verres, au cours du stockage à températures ambiante (mois de mai).

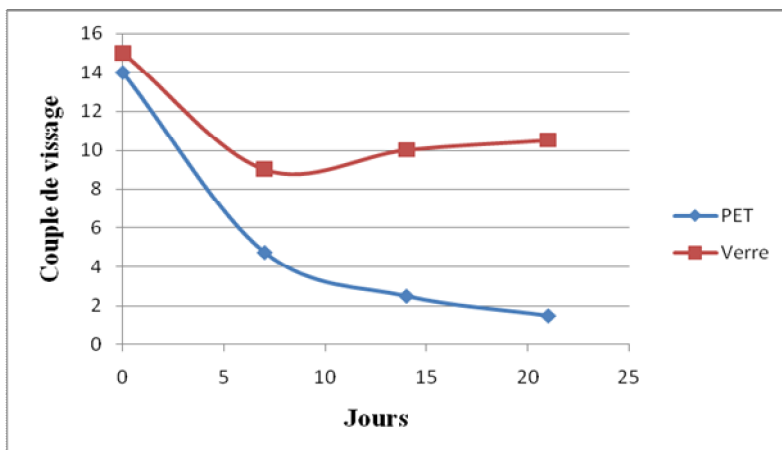


Figure 35: Evolution de couple de vissage de la BG conditionné en PET, verres, au cours du stockage à températures 45 C°.

Selon les figures 33, 34 et 35, on constate une diminution du couple de vissage des bouteilles PET. À température 45°C, la diminution a évolué, cette diminution est due à la dilatation du goulot et du bouchon avec l'augmentation de la température de stockage et de même le type et la qualité du bouchon est mauvaise qualité.

Par contre, on observe une augmentation de couple de vissage des bouteilles verres par rapport à celui de l'initial, cette augmentation est due à la contraction du goulot et du bouchon.

On constate qu'il n'y a ni vissage excessif ($>$ à 17) ; ni vissage insuffisant ($<$ à 7). Toutes les valeurs sont conformes à la norme ; ceci indique le bon fonctionnement de la bouchonneuse ainsi que la bonne qualité des bouchons

À part à température 45°C, la diminution de couple de vissage est due à la nature des bouchons qui résistent pas à la température (tableau 9, annexe VIII).

IV.2 Résultats des analyses microbiologiques

IV.2.1 Eau de process

Les résultats des analyses microbiologiques de l'eau sont récapitulés dans le tableau 14.

Tableau 14: Résultats des analyses microbiologiques de l'eau de process.

Echantillons	Germes totaux Norme : <25UFC/1ml				Coliformes totaux Norme : 0UFC/100ml		
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	M±EC	Essai 1	Essai 2	Essai 3
Eau brute	3	1	4	2.66±1.34	abs	abs	abs
Eau du filtre à sable	1	0	2	1±0.81	abs	abs	abs
Eau du filtre à charbon	0	0	1	0.33±0.47	abs	abs	abs
Eau osmosée	0	1	1	0.66±0.47	abs	abs	abs
Eau désinfectée au UV	abs	abs	abs	-	abs	abs	abs

UFC : Unité formant colonie

Norme : toutes les normes sont exigées par la compagnie Coca-Cola

D'après le tableau 14 on constate une absence totale des coliformes, et une présence négligeable des germes totaux dans l'eau issue du forage, le filtre à charbon, filtre à sable et l'eau osmosée, les

valeurs sont inférieures aux normes exigées. Aucun développement dans l'eau désinfectée à l'UV. L'absence est due à la destruction de l'ADN des bactéries par UV.

IV.2.2. Le sucre

Les résultats des analyses microbiologiques du sucre sont récapitulés dans le tableau 15.

Tableau 15 : Résultats des analyses microbiologique du sucre.

Germes recherché	1	2	3	M±EC	Normes
Germes totaux	7	4	15	8.66 ±4.64	200ufc/10g
L & M	abs	abs	abs	-	10ufc/10g

Selon ces résultats, on confirme que le sucre utilisé à la Fruitall Coca-cola est de bonne qualité microbiologique, la valeur moyenne est conforme à la norme. Ceci s'expliquerait par le respect des paramètres hygiéniques chez le fournisseur au cours de l'extraction, le conditionnement et le stockage chez lui et au sein de l'unité de Fruitall Coca-Cola.

IV.2.3. Produits intermédiaires

Les résultats des analyses microbiologiques du produit intermédiaire sont récapitulés dans le tableau 16.

Tableau 16: Résultats des analyses microbiologiques du sirop simple et du sirop fini

Germes recherché	sirop simple			Sirop Coca cola			Norme
	1	2	3	1	2	3	
L & M	abs	abs	abs	abs	abs	abs	5ufc/5ml

À partir du tableau 16, on constate une absence totale de la flore fongique (levure et moisissures), Ceci s'expliquerait par la salubrité de la matière première (eau, sucre, et concentrés) et le respect des règles de bonne pratique d'hygiène (l'hygiène du personnel et le nettoyage régulier des cuves de préparation).

IV.2.4. Produits finis

Les résultats des analyses microbiologiques des produits finis sont récapitulés dans le tableau 17.

Tableau 17: Résultats des analyses microbiologiques du produit fini.

Germes recherché	Coca cola			Normes
	1	2	3	
L & M	abs	abs	abs	< 10ufc/20ml

A partir du tableau17, nous pouvons conclure que la boisson est de bonne qualité hygiénique, car elle est exempte de microorganismes contaminant. Il apparait donc que ces boissons gazeuses sont de bonne qualité microbiologique. C'est le résultat de l'application rigoureuse du système de nettoyage en place (NEP) et au respect du processus de fabrication et de conditionnement au sein de la Fruitall Coca-cola

IV.2.5.Emballage

Les résultats des analyses microbiologiques de l'emballage sont récapitulés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Résultats de l'analyse microbiologique de l'eau de rinçage des bouteilles et des canettes.

Germes recherchés	PET				Verre			Canette				Normes
	E1	E2	E3	M±E C	E1	E2	E3	E1	E2	E3	M±EC	
Germes totaux	3	1	1	1.66± 0.94	0	0	0	3	3	1	2.33± 0.94	<50 UFC
Levure&moisissures	abs	abs	abs		abs	abs	abs	abs	abs	abs		0 UFC

À partir des résultats obtenus (tableau 18), on remarque une absence totale des levures et moisissures et une présence négligeable pour les germes totaux (<50UFC).

Cela est dû d'une part à l'exposition des bouteilles lors du soufflage à des températures supérieures à 100°C, et d'autre part à l'efficacité du détergent utilisé pour le rinçage (chlore 1-3ppm).

IV.2.6. Air ambiant

Les résultats des analyses microbiologiques de l'air ambiant sont récapitulés dans le tableau 19.

Tableau 19: Résultats des analyses microbiologiques de l'air ambiant

	Germes					
	Coliformes		Germes totaux		Levures et moisissures	
	Lecture	Norme	Lecture	Norme	Lecture	Norme
Siroperie	abs	0 UFC	abs	<6 UFC	abs	150 UFC
Soutireuse	abs	0 UFC	abs	<6 UFC	abs	200 UFC
Traitement des eaux	abs	0 UFC	abs	<6 UFC	abs	200 UFC

D'après le tableau 19 on constate une absence totale des germes au niveau de locaux de production, due à l'efficacité du nettoyage, propreté du personnel (port des charlottes chaussures spéciales, blouses) et à la séparation et l'isolement des locaux (zone à haut risque).

IV.2.7. Matériels de production

Les résultats des analyses microbiologiques de matériels de production sont récapitulés dans le tableau 20.

Tableau 20 : Résultats des analyses microbiologiques du process de production

ATP métrie (nombre de germes)	Cuve de malaxage	Cuve de carbonatation	Robinets de la soutireuse
	abs	abs	abs

D'après le tableau 20 on constate une absence totale des microorganismes, cela est expliqué par l'efficacité du CIP et le respect des quatre paramètres indispensable « TACT : température, action mécanique, concentration des désinfectants et le temps de contact ».

IV.2.8. produit fini au cours de stockage à différente température (4°C, ambiante, 45°C) :

Les résultats des analyses microbiologiques de la boisson gazeuse sont récapitulés dans le tableau 21.

Tableau 21 : Résultats des analyses microbiologiques de la boisson gazeuse

Germes	Nombres de jours de stockage	Température de stockage																										
		4°C									Ambiante									45°C								
		PET			Verre			Canette			PET			Verre			Canette			PET			Verre			Canette		
		P	P	P	V	V	V	C	C	C	P	P	P	V	V	V	C	C	C	P	P	P	V	V	V	C	C	C
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Levure et moisissure	Initial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	14	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	21	3	1	1	0	0	1	2	3	2	0	1	0	2	0	1	0	0	2	0	1	2	3	0	1	0	1	1
Normes	<10UFC/20ml																											
Coliformes	Initial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Normes	0UFC/100ml																											
Germes Totaux	Initial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	21	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	3	2	0	2	2	1	0	1	1	2	0	0	3	2	2
Normes	<25UFC/1ml																											

P : PET V : verre C : Canette

D'après le tableau 10, on constate qu'après trois semaines de stockage un développement négligeable pour les levures et moisissures et les germes totaux (les valeurs sont toujours aux normes). Par contre une absence totale de coliformes dans tous les produits stockés à différentes températures pendant les trois semaines de stockage. Cela est peut être due d'une part, au process de traitement au cours de la fabrication du sirop simple ($T^{\circ}=75^{\circ}\text{C}$ à $T^{\circ}=85^{\circ}\text{C}$) et aussi la propreté de l'emballage et l'efficacité du CIP, et d'autre part la présence du CO_2 qui joue un rôle dans la conservation et qui possède une action fongicide et bactéricide, qui confère une meilleure protection à la boisson. Donc la boisson gazeuse présente une bonne qualité microbiologique.

Conclusion

Cette étude nous a permis de réaliser le suivi de la stabilité des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de la boisson gazeuse Coca-Cola conditionnée en bouteille PET, verre et en canette au cours du stockage pendant 21 jours à trois températures 4 °C, ambiantes, 45 °C.

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que la température et la durée du stockage influent sur les caractéristiques physicochimiques de la boisson gazeuse.

Le brix augmente au cours du stockage, remarquablement à température 45°C, ce qui favorise le goût sucré des boissons.

Le pH diminue au cours de stockage sous l'effet de la température, ce qui donne des boissons plus acides, le taux de CO₂ diminue à température élevée au cours du stockage dans les bouteilles PET, donnant des boissons moins gazeuses. La nuance augmente à température élevée conférant à la boisson une nuance assombrie, alors le contenu net reste constant au cours de stockage.

L'augmentation de la température au cours de stockage provoque la dilatation des bouteilles PET ce qui favorise la diminution du couple de vissage, ainsi la déformation des canettes. La boisson conditionnée en verre et en canette préserve mieux ces caractéristiques physicochimiques, présente une bonne stabilité du CO₂.

Les résultats microbiologiques indiquent la conformité des boissons conditionnées en PET, verre, en canette stockées à température 4 °C, ambiante, 45 °C.

En fin, Le choix de l'emballage alimentaire reste extrêmement important dans toute activité alimentaire. Un choix qui devra faire d'abord l'objet d'une étude permettant de cerner tous les facteurs endogènes et exogènes qui peuvent affecter la qualité de l'aliment en question ou influencer le choix du consommateur.

A la fin nous recommandons toujours que les boissons conditionnées en PET doivent être stockées à températures modérés et à l'abri de la lumière. Les boissons conditionnées en verre, et en canette doivent être stockées à température modérés même en exposition de la lumière.

Références bibliographiques

Anonyme, 2005 : Codex Alimentarius, Norme générale Codex pour les jus et les nectars de fruits, Codex STAN , p :247.

Anonyme, 2011.Ministère de l'Économie et des Finances, Additif alimentaire.

Anonyme, 2012. Etude du secteur des Boissons rafraîchissantes sans alcool–Oqali–Données 2010, p : 49-93.

Anonyme, 2012: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Canette_\(alimentaire\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Canette_(alimentaire))

Aboutayeb R., 2011. www.Azaquar.com science et techniques des aliments.

Adrian, J., Potus, J. et Frangne, R, 2003. La science alimentaire de A à Z. 3^e édition. Tec et doc. Lavoisier, p : 90.

Alias C., Linden G., Miclo L, 2003.Biochimie alimentaire, 5^{ème} édition de l'abrégé, Dunod, p : 235.

Arzate A., 2005. Extraction et raffinage du sucre de canne, Centre de recherche de développement et de transfert technologique en acériculture Québec. Document PDF, p : 31.

Berlinet C, 2006. Etude de l'influence de l'emballage de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Thèse doctorat, ENSIA, Sciences Alimentaires, p:1.

Boidin M., Abtroun A., Boudra A., Jolibert F., Tirard, A et Touaibia, H.2005. Étude de la filière boisson en Algérie .rapport principal, édition PME, p : 16

Bonnard N., 2005. Le dioxyde de carbone. La fiche établie par les services techniques et médicaux de L'INRS, p : 1.

Bourrier T., 2006. Intolérances et allergies aux colorants et additifs. Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique 46 (2006) 68–79, pp : 73-76

Bureau G., Multon J-L ,1989.L'emballage des denrées alimentaires de grande consommation. Édition Lavoisier, Technique et documentation, Paris France, p : 320.

- Crouzet J., 1998.** Aromes alimentaires. Technique de l'ingénieur-Agroalimentaire, Edition TI, volumF3. : F4100, p : 2-18.
- Denjean A., 1989.** Les bases d'une alimentation saine. In La méthode Kousmine. 1 vol, Jouvence édit. Onex/Genève, p : 47-60.
- Derache R., 1994 .**L'analyse toxicologique et les risques d'intoxication, qualité des produits alimentaire, Paris, édition tec et doc lavoisier.
- Deymie B., 1978.** Le conditionnement aseptique dans les industries alimentaires. Association pour la promotion industrie agricole, p : 49.
- Dupin H., Jean –louis C., Leynaud C., Berthier A., Malewiak M, 1992.**Alimentation et nutrition humaines, ESF éditeur, p : 91
- Ferdot E., 2005.**Connaissance des aliments bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Édition Tec et Doc, Lavoisier, 2005, pp : 337.
- Girardon P., 2004.** Utilisation des gaz industriels en agroalimentaire. Techniques de l'Ingénieur ; F1275, p : 3.
- Glaude M., Henri D, 2000.**Aliments, alimentation et santé Questions/Réponses, 2^eédition Lavoisier, Tec et Doc, p : 34.
- Grabkowski R., 2006.** Produit de confiserie. Ed : Technique de l'ingénieur, F8030-4.
- Guillaume H., Phillipe L, 2002.** L'extraction de la caféine, Expo journal, rapport interne, programme des Sciences de la nature, Cégep de Saint-Félicien, Saint Félicien, p : 2.
- Herve M., 2002 .**Fonction emballage. Ed : technique de l'ingénieur, AG 6000.
- Jeantet R., 2006.** Science des aliments .Edition la voisier, technique et documentation, p : 64.
- Kambouche N., El Abed D, 2003.**Les huiles essentielles, édition Dar Gharb, p : 91
- Kleniewsk A., 1995.** Emballage métallique. Ed : Technique de l'ingénieur, a9760.
- Kozłowski A., 2005.** Contact alimentaire, Principaux matériaux autorisés. Techniques de l'Ingénieur, Paris, vol. F2, n°F1305, p : 2.

Lach'heb H., Laouar O., Messaoudi E. (2005-2006). Étude du marché de boisson. Master 2, EPPA, université de REIME, p : 3.

Manfred M., Moll N, 1998. Additifs alimentaires et auxiliaires technologique ,2^e édition Dunod, Paris.

Mathlouthi M., 2007.Boissons rafraichissante. Dossier CEDUS avec la collaboration de l'université de Reims, p : 3.

Morris B. J., 1959.Manufacture and Analysis of Carbonated Beverages..Ed: Chemical publishing CO.INC, New.York.N.Y, p : 212.

Mosto M., Bousmina M, 2002. Les polymères dans l'emballage.

Multon J-P., 1992.Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agro alimentaire, 3ème édition Lavoisier, Technique et documentation, p: 453.

Multon J-L.,Bureau G ,1998.Emballage des denrées alimentaires de grande consommation, 2^e édition, technique et documentation : Lavoisier , Paris, p : 289-308.

Nortz J., 1981. Monomères de synthèse et adjuvants, Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires), V.4, édition Technique et Documentation, Paris.

Petitpain-Perrin F., 2006. Les grandes catégories d'usages de l'eau dans l'industrie. Technique de l'ingénieur : G1150-2.

Pothet J., 2008. Les matériaux d'emballage. Ed: DUNOD.

Requena J., 1998. Choix de l'emballage. Ed : Technique de l'ingénieur, A9750.

Rodier J., 1978. Analyse de l'eau. 6ème édition, Dunot, p: 499.

Romain C., Pierre S., Gérard B, 2007. Science des aliments : biochimie-Microbiologie Procédés Produits. Editions Tec et Doc, volume 2 technologie des produits alimentaires, lovoisier, p : 433-436.

Roudaut H., Lefrancq É., 2005 .Alimentation théorique. 2^e édition, Doin, p : 208.

Saint Germain J-P ., 1993. Les procédés électriques dans l’emballage et le conditionnement.

Seignalet J., Joyeux H., 2004.L’alimentation ou la troisième médecine, 5ème édition. Office d’Édition Impression Librairie (O.E.I.L.) François-Xavier de Guibert, pp103-117.

Simonart T., 2002.Microbiological analysis of Food and water guidling for quality assurance. Edition Poust, London, p : 185.

Siret C., 2004. Structure des aliments .Techniques de l’Ingénieur, F101 2, pp : 14-16.

Thierry K., Mathilde H., Henri S., Losquoy A. 1995. Le cycle de l’emballage, le conditionnement de la qualité environnementale .Édition .Masson, Paris, p : 34.

Tordjman D., 2008. Les boissons lights.

Urvoy J .J, Sanchez S et Erwan L.N ., 2012. Packaging, toutes les étapes du concept au consommateur, 2^e édition Eyrolles, p : 19.

Vierling E., 2003. Aliment et boisson filière et produits, 2^{ème} édition, Doin, centre régional de documentation, paris, p : 232.

Vierling E., 2008.Aliments et boissons technologies et aspects réglementaires. Doin éditeur, centre régional de documentation, 3^e édition, Paris, p : 44.

Vonbockelmann B., 1998.Longue-life products: Heat-treated, aseptically packed. A guide to quality, Edition Tetra Pack, Sweden, pp: 42-47.

- **Autres références**

-Le guide Manuel coca cola, juin 2010.

Annexe I: Analyse de l'eau à l'unité Fruitale

Désignation	Test	Normes et fréquences	Résultats
Eau brute	Gout	Pas de mauvais goût	
	Odeur /aspect	Néant	
	TAC	/	
	pH	/	
	TDS	/	
	Turbidité	/	
Eau de filtre à sable	Goût	Pas de mauvais goût	
	Odeur /aspect	Néant	
	TAC (mg/l)	/	
	Chlore libre	1-3ppm	
	Turbidité	0.5NUT	
	pH	/	
Eau filtre à charbon	Odeur/aspect	Néant	
	Chlore total	0ppm	
	TAC (mg/l)	/	
Eau osmosée	Goût	Pas de mauvais goût	
	Odeur/aspect	Néant	
	TAC (mg/l)	<85mg/l	
	Conductivité (µs)	0.5NUT	
	Turbidité	<500ppm	
	TDS (ppm)	□4.9	
	pH		

Annexe II: Caractéristiques du sucre et CO₂

Matières	Caractéristiques	Conditions de stockage
Sucre	Gout : Typiquement sucré Odeur : Sans aucune odeur étrangère Pureté : 99,9 % P/P Couleur : < 35 ICMSA Humidité : < 0,04 w/w SO ₂ : < 6 ppm	Stocké dans une salle séparée. Les sacs sont empilés sur des palettes espacées de 60 cm Humidité < 60 %
Concentré		Les parties liquides sont stockées sur des palettes dans une chambre froide à des températures de (4 - 10) C°
CO ₂	Gout et odeur : aucun gout et odeur. Aucunes odeurs étrangères après acidification. Pureté : 969,9 % V/V	Stocker dans une cuve à pression et basses températures.

Annexe III : Les appareils utilisés pour traiter l'eau de forage

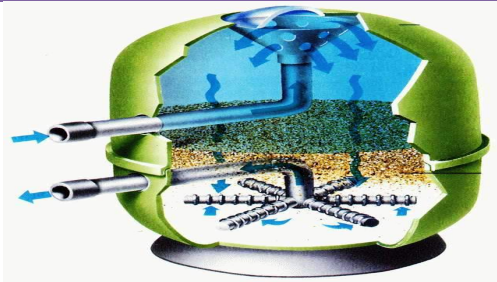


Figure 1: Filtre à sable

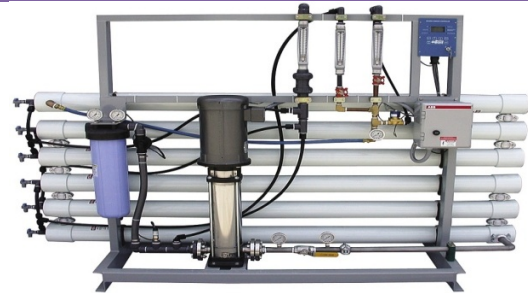


Figure 2 : Osmoseur inverse

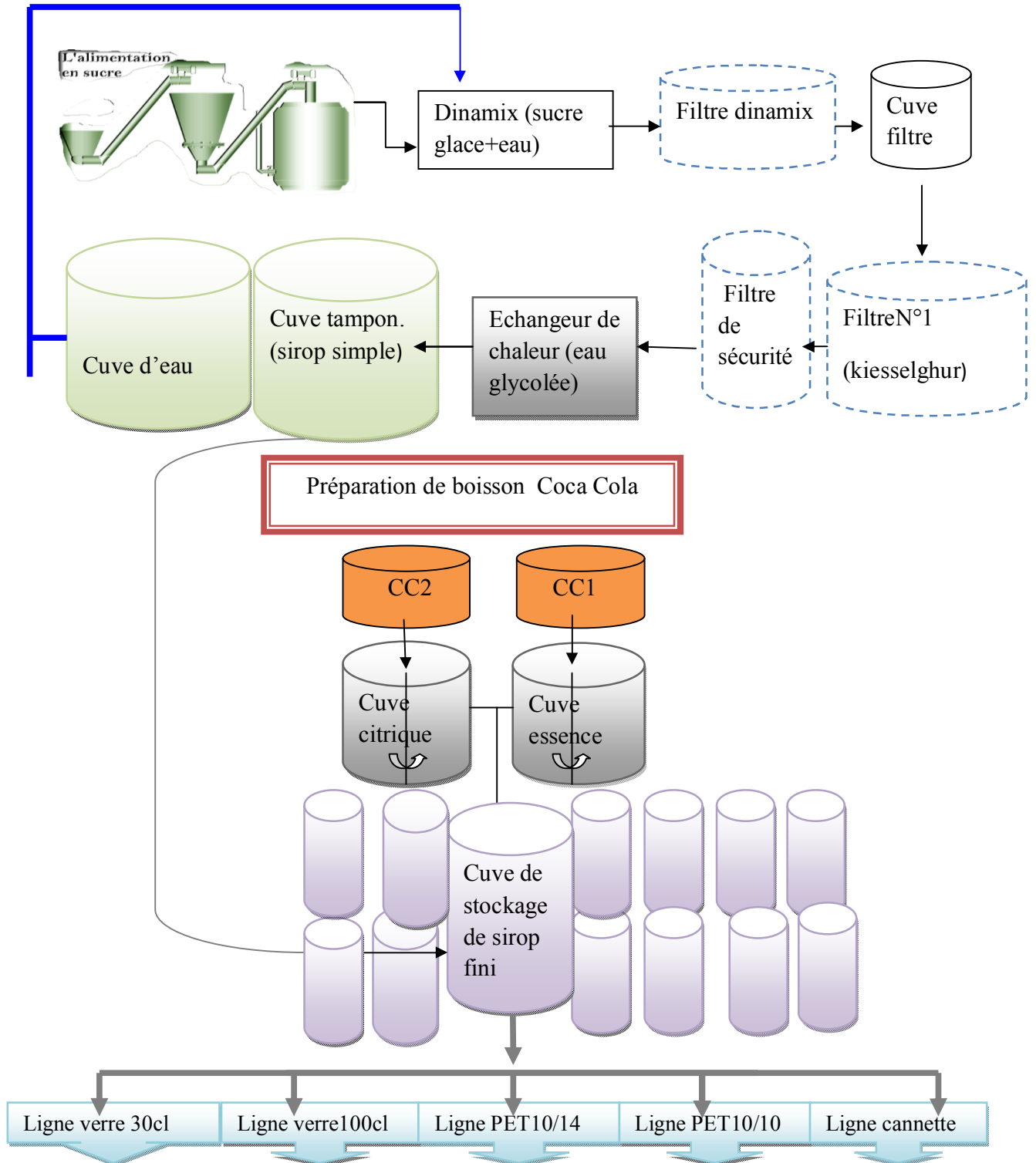


Figure 3 : Adoucisseur



Figure 4 : Stérilisateur UV

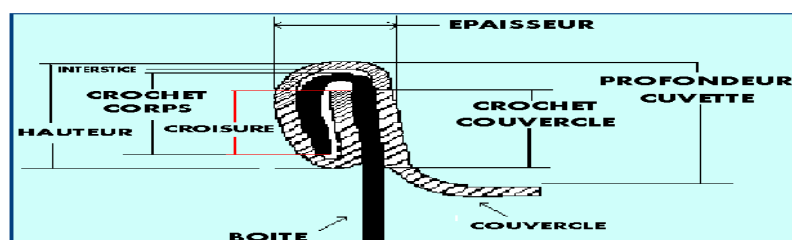
Annexe IV : Les différentes étapes de préparation de sirop fini



Annexe V : Machine d'étirage / soufflage



Annexe VI: Différents parti du serti et terminologie



Annexe VII : matériels et réactifs utilisés dans laboratoire

Pour les analyses microbiologique :

matériels	réactifs
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Rampe de filtration (MILLIPORE) ❖ Hotte microbiologique (TELSTAR MINI-V/PCR) ❖ Autoclave (SUBTIL CREPIEUX) ❖ Etuves (BINDER, MEMMERT) ❖ Appareil M-Air-T ❖ Ecouvillons. ❖ ATP mètre (SYSTEM II) ❖ Bec Bunsen. ❖ Seringue ❖ Boîtes de pétri stériles ❖ pince 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Eau distillée. ❖ Milieux de culture

Composition chimique des milieux de cultures utilisés

Milieu MTGE (pour contrôle des germes totaux de l'air)

Caséine.....	5g
Extrait de levure.....	2.5g
Dextrose	1g
Gélose	15g

Milieu m Endo agar (pour coliformes de la boisson et l'eau)

Extrait de levure.....	1.2g
Casitone.....	3.7g
Thiopeptone.....	3.7g
Tryptose.....	7.5g
Lactose.....	9.4g
Phosphate bipotassique.....	3.3g
Phosphate monopotassique.....	1g
Chlorure de sodium.....	3.7g
Fuchsine basique.....	0.8g
Gélose	0.05g
Désoxycholate de sodium.....	0.1g
Laurysulfate de sodium.....	0.05g
Sulfite de sodium	1.6g

Milieu Tryptone Glucose Extract Agar (pour les germes totaux de la boisson et l'eau)

Extrait de bœuf	3g
Tryptone.....	5g
Dextrose.....	1g
Gélose	15g

Milieu M-Green (pour levures et moisissures)

Extrait de levure.....	9g
Dextrose (anhydre).....	50g
Digestion peptique de tissu animal.....	5g
Digestion pancréatique de caseine	5g
Sulfate de magnésium.....	2.1g
Phosphate de potassium.....	2g
Diastase.....	0.05g
Thiamine.....	0.05g
Vert de bromocrésol.....	0.026g

Préparation des milieux de cultures

Coliformes : mettre 51g de poudre en suspension dans 1l d'eau purifiée contenant 20ml d'éthanol à 95%, bien mélangé et chauffer sous agitation fréquente et laisser bouillir pendant une minute de manière à dissoudre parfaitement la poudre(ne pas autoclaver)

Germes totaux : mettre 24g de poudre en suspension dans 1l d'eau purifiée, bien mélangé. Chauffer sous agitation fréquente et laisser bouillir pendant 1minute de manière à dissoudre parfaitement la poudre. Autoclaver à 121°C pendant 15minute.

Levures et moisissures : mettre 31.6g de poudre en suspension dans 1l d'eau purifiée, bien mélangé, chauffer sous agitation fréquente et laisser bouillir pendant 1minute de manière à dissoudre parfaitement la poudre. Autoclaver à121°Pendant 15minute.

Pour les analyses physicochimiques:

matériels	réactifs
<ul style="list-style-type: none"> -Balance électronique (KERN.PRS 4200g). -Comparateur (Palintest comparator). -Centrifugeuse (HETTICH ROTANTA/S). -Plaque chauffante (VELP SCIENTIFICA). -Spectrophotomètre (v-630). -Thermomètre. -Système de décarbonatation. -Torque mètre 	<ul style="list-style-type: none"> -Alcool, acide phosphorique, acide sulfurique 0.02 N -Eau distillée, solution de thiosulfate de sodium -L'acide éthylène diamine tetracitique (EDTA) -Méthyle orange Phénolphtaléine



pH mètre



Turbidimètre



Conductimètre



Manomètre Zahm



DMA



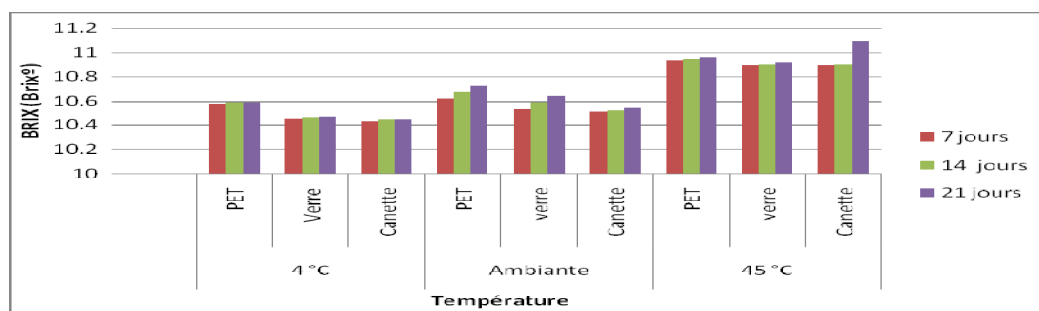
ATPmètrie

Les appareils utilisés dans laboratoire pour les analyses physicochimiques

Annexe VIII

Tableau 1: Evolution du degré Brix de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à différentes températures.

Durée de Stockage (jours)	Températures de stockage en °C								
	4 °C			Ambiante			45 °C		
	°Brix			°Brix			°Brix		
	PET	Verre	Canette	PET	verre	Canette	PET	verre	Canette
7	10.58	10.45	10.43	10.62	10.53	10.51	10.93	10.89	10.89
14	10.59	10.46	10.44	10.67	10.59	10.52	10.94	10.90	10.90
21	10.59	10.47	10.44	10.72	10.64	10.54	10.96	10.91	11.09
Initial	PET		10.35						
	Verre		10.40						
	Canette		10.30						
Norme	10.37±0.15 °Brix								

**Figure 1:** Évolution du Brix de la BG conditionné en PET, verres et en canettes au cours de stockage à différentes températures.**Tableau 2:** Evolution du pH de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à différentes températures.

Durée de Stockage (jours)	Températures de stockage en °C								
	4 °C			Ambiante			45 °C		
	pH			pH			pH		
	PET	Verre	Canette	PET	verre	Canette	PET	verre	Canette
7	2.53	2.53	2.54	2.55	2.55	2.54	2.48	2.52	2.54
14	2.45	2.46	2.48	2.50	2.53	2.49	2.47	2.50	2.50
21	2.43	2.45	2.45	2.49	2.48	2.47	2.45	2.45	2.41
Initial	PET		2.56						
	Verre		2.59						
	Canette		2.54						

Tableau 3: Evolution de l'acidité de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à différentes températures.

Durée de Stockage (jours)	Températures de stockage en °C								
	4 °C			Ambiante			45 °C		
	L'acidité %			L'acidité %			L'acidité %		
	PET	Verre	Canette	PET	verre	Canette	PET	verre	Canette
7	0.080	0.081	0.076	0.080	0.076	0.083	0.086	0.080	0.083
14	0.089	0.083	0.083	0.096	0.083	0.086	0.086	0.086	0.083
21	0.089	0.102	0.089	0.099	0.086	0.096	0.099	0.105	0.096
Initial	PET	0.079							
	verre	0.076							
	canette	0.075							

Tableau 4: Evolution du CO₂ de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à différentes températures.

Durée de Stockage (jours)	Températures de stockage en °C								
	4 °C			Ambiante			45 °C		
	CO ₂			CO ₂			CO ₂		
	PET	Verre	Canette	PET	verre	Canette	PET	verre	Canette
7	3.58	3.75	3.79	3.37	3.75	3.80	3.32	3.63	2.81
14	3.55	3.67	3.79	3.36	3.71	3.79	1.8	3.18	1.39
21	3.46	3.52	3.65	3.30	3.59	3.55	1.28	2.40	1.34
Initial	PET	3.61							
	Verre	3.75							
	Canette	3.83							
Norme	PET	4.2±0.25							
	Verre	3.75±0.25							
	Canette	3.75±0.25							

Tableau 5: Evolution de la densité optique (DO₁) à λ₁=420nm de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à différentes températures.

Durée de Stockage (jours)	Températures de stockage en °C								
	4 °C			Ambiante			45 °C		
	DO ₁			DO ₁			DO ₁		
	PET	Verre	Canette	PET	verre	Canette	PET	verre	Canette
7	2.9468	3.0505	3.0293	2.8294	2.7489	2.7773	2.8654	2.9127	2.8960
14	2.5935	2.7175	2.9059	2.7018	2.8014	2.7643	2.8812	2.7620	2.8962
21	2.4969	2.5484	2.4971	2.5699	2.5826	2.5848	2.5691	2.5355	2.5175
Initial	PET	3.0836							
	Verre	2.9849							
	Canette	2.9599							

Tableau 6: Evolution de la densité optique (DO_2) à $\lambda_2=520\text{nm}$ de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à différentes températures.

Durée de Stockage (jours)	Températures de stockage en °C									
	4 °C			Ambiante			45 °C			
	DO_2			DO_2			DO_2			
	PET	Verre	Canette	PET	verre	Canette	PET	verre	Canette	
7	0.9412	0.9753	1.006	0.9312	0.9272	0.9258	0.9463	0.9523	0.9237	
14	0.9055	0.9456	0.9355	0.9447	0.9473	0.9007	0.9284	0.9322	0.9878	
21	0.9962	0.9993	0.9910	1.0153	0.9908	1.0199	1.0205	1.0222	1.0360	
Initial	PET								0.9326	
	Verre								0.9260	
	Canette								0.9294	

Le rapport de (DO_2/DO_1)

Tableau 7: Evolution de la nuance de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à différentes températures.

Durée de Stockage (jours)	Températures de stockage en °C									
	4 °C			Ambiante			45 °C			
	DO_2/DO_1			DO_2/DO_1			DO_2/DO_1			
	PET	Verre	Canette	PET	verre	Canette	PET	verre	Canette	
7	0.3193	0.3197	0.332	0.3291	0.3372	0.3333	0.3302	0.3269	0.3189	
14	0.3491	0.3479	0.3219	0.3496	0.3381	0.3258	0.3222	0.3375	0.341	
21	0.3989	0.3921	0.3968	0.395	0.3836	0.3945	0.3972	0.4031	0.4115	
Initial	PET								0.3024	
	Verre								0.3102	
	Canette								0.3139	

Tableau 8 : Evolution de contenu net de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à différentes températures.

Durée de Stockage (jours)	Températures de stockage en °C									Les normes	
	4 °C			Ambiante			45 °C				
	Contenu net ml			Contenu net ml			Contenu net ml				
	PET	Verre	Canette	PET	verre	Canette	PET	verre	Canette		
7	490.80	981.43	326.16	494.93	981.02	324.34	492.13	980.65	323.98		
14	498.63	989.65	326.43	493.11	981.24	324.38	494.60	980.64	320.85		
21	499.13	989.82	325.62	501.80	981.82	324.52	489.21	980.63	318.85		
Initial	PET								502.96		500±25 ml
	Verre								980.87		1000±15ml
	Canette								327.60		333±25 ml

Tableau 9 : Evolution du couple de vissage de la BG conditionné en PET, verres, et en canettes au cours du stockage à différentes températures.

Durée de Stockage (jours)	Températures de stockage en °C								
	4 °C			Ambiante			45 °C		
	Couple de vissage		sertissage	Couple de vissage		sertissage	Couple de vissage		Sertissage
	PET	Verre	Canette	PET	verre	Canette	PET	verre	Canette
7	13.5	12.75	OK	13.75	12.5	OK	4.75	9	OK
14	11	14.5	OK	12.5	15.25	OK	2.5	10	OK
21	11	16.25	OK	9.25	16	OK	1.5	10.5	OK
Initial	PET		14						
	Verre		15						
	Canette		OK						
Norme	7_17inlbs								

Annexe IX : La forme des canettes conditionnées à température 45°C après 3 semaines du stockage



Annexe X:**Tableau 10** : Nettoyage en place

	Fréquences	Détergents	Durée de contact	T°
Une étape	-changement vers le même arôme -changement d'un arôme faible vers un arôme fort	Passage de l'eau traitée	30 min	20°c
Trois étapes	-changement d'un arôme moyennement fort vers un arôme faible	-rinçage à l'eau traitée -passage de l'eau chlorée -rinçage à l'eau	-10min -30 min	-
Cinque étapes	-changement d'un arôme fort vers un arôme faible	-rinçage à l'eau traitée -passage de la solution de la soude -passage de l'eau chlorée -rinçage à l'eau	-10 min -20 min -30 min	-80°c

Annex XI : Test sur bouteille PET**Tableau 11**: contrôle de la hauteur et l'épaisseur de la bouteille PET

moule	Répartition de la matière (épaisseur)					
	Haut(mm)	Inj(mm)	Fond(mm)	Corp(mm)	Ep/I(mm)	Ep/S(mm)
A	233.42	2.62	0.26	0.28	0.30	0.33
B	233.61	2.65	0.27	0.29	0.31	0.34
C	233.36	2.69	0.27	0.28	0.32	0.33
D	233.11	2.70	0.26	0.30	0.31	0.34
E	233.25	2.72	0.26	0.29	0.29	0.33
F	233.09	2.71	0.26	0.28	0.28	0.33
G	233.93	2.63	0.27	0.29	0.29	0.34
H	233.72	2.65	0.27	0.30	0.30	0.33
I	233.04	2.67	0.28	0.29	0.29	0.34
J	233.05	2.66	0.26	0.28	0.28	0.33

Norme de la hauteur: 235±0.8 mm

Tableau 12: contrôle du diamètre de la bouteille PET

moule	Diamètre bouteille			Diamètre fini				
	Ep/S(mm)	Corps(mm)	Base(mm)	Goulot(mm)	A(mm)	D(mm)	E(mm)	T(mm)
A	65.1	62.9	65.5	26.36	27.77	14.96	24.89	27.42
B	65.5	62.7	65.4	26.65	27.70	14.45	24.90	27.45
C	65.4	62.8	65.3	26.70	27.60	14.46	24.92	27.46
D	65.2	62.9	65.5	26.95	27.69	14.50	24.81	27.80
E	65.1	62.5	65.1	26.21	27.65	14.44	24.80	27.69
F	65.4	62.1	65.2	26.45	27.68	14.39	24.90	27.36
G	62.5	62.8	65.5	26.81	27.65	14.36	24.65	27.39
H	65.1	62.9	65.1	26.11	27.76	14.37	24.69	27.34
I	65.6	62.7	65.6	26.05	27.71	14.31	24.63	27.32
J	65.7	62.6	65.5	26.44	27.73	14.31	24.68	27.30

L'épaule supérieure : **65±0.5**

Corps : **62.5±0.5**

Base : **65.5±0.5**

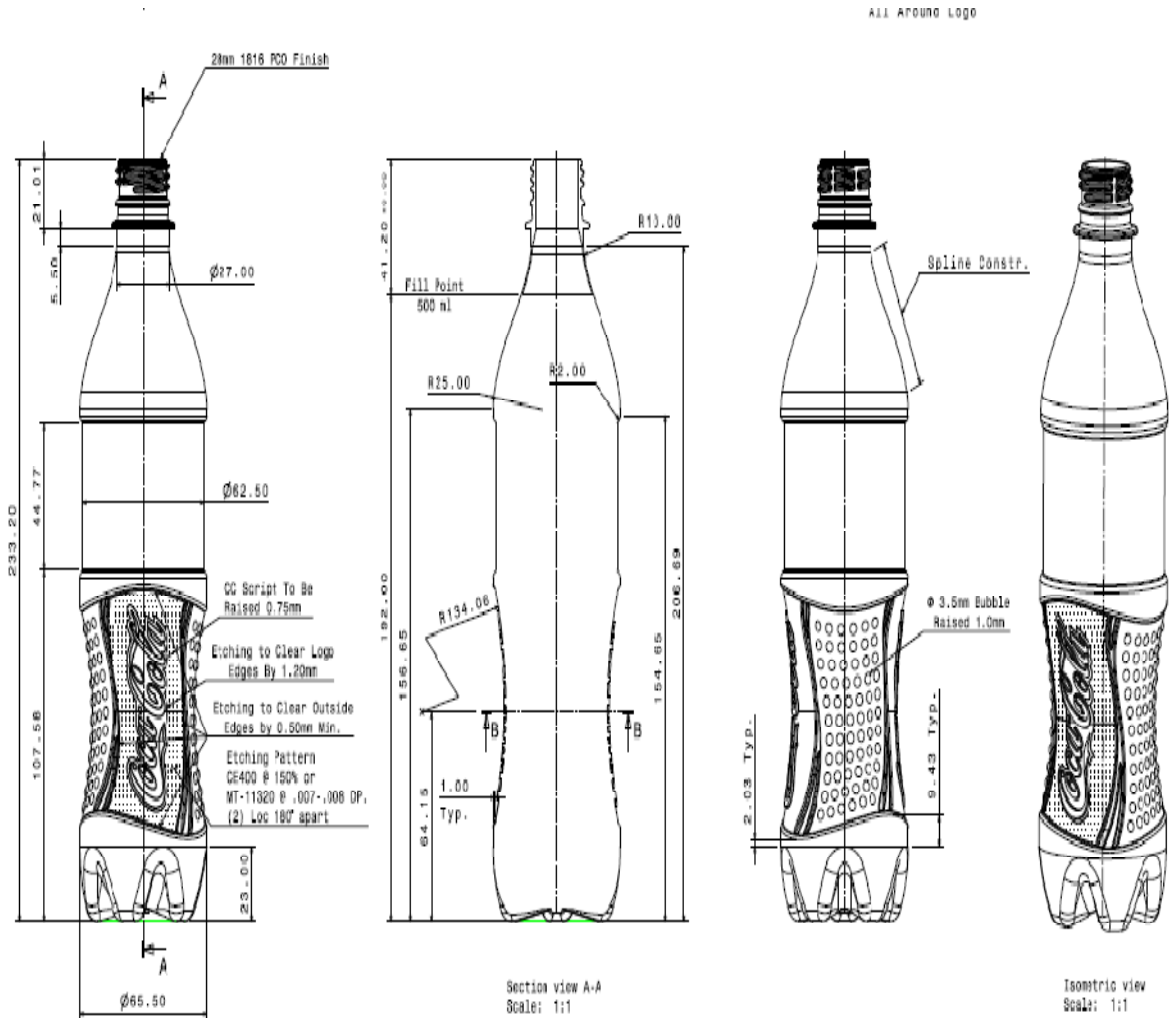
A : 27.89±0.15mm

D : 14.24±0.20mm

E : 24.85±0.15mm

T : 27.35±0.15mm

Dimensions recherchées pour la bouteille « contour » 0.5L



Annexe XII : Historique de fruital Coca-Cola

Fruital SPA société par action a vu le jour en 1993, elle disposait d'une usine (fruital 1) à Khemis elkhachna spécialisé dans la production des canettes et des bouteilles PET.

Dotée 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 « **the Coca Cola company** » fabriquant de boisson gazeuse, qui octroi une licence pour la production et la commercialisation de sa gamme de produit en Algérie. Avec ce succès grandissant 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 fruital Coca Cola. Situé à 35Km de la capitale **Alger** ; dans la zone industrielle de **Rouiba**, cette usine s'étale sur une superficielle de 51000 m² et emploi près 13000 employés, elle est aujourd'hui l'une des usines les plus importantes de la région. Fruital investit exclusivement dans l'exploitation et la production des produits Coca Cola avec un large panel de mise en bouteille sous différents aspects comme suit :

-Bouteilles en PET : 50cl, 1L, 1.5L, 2L.

-Bouteilles en verre : 25cl, 30cl, 1L.

-Canettes : 25cl, 33cl.

L'unité de production fruital veille soigneusement à respecter

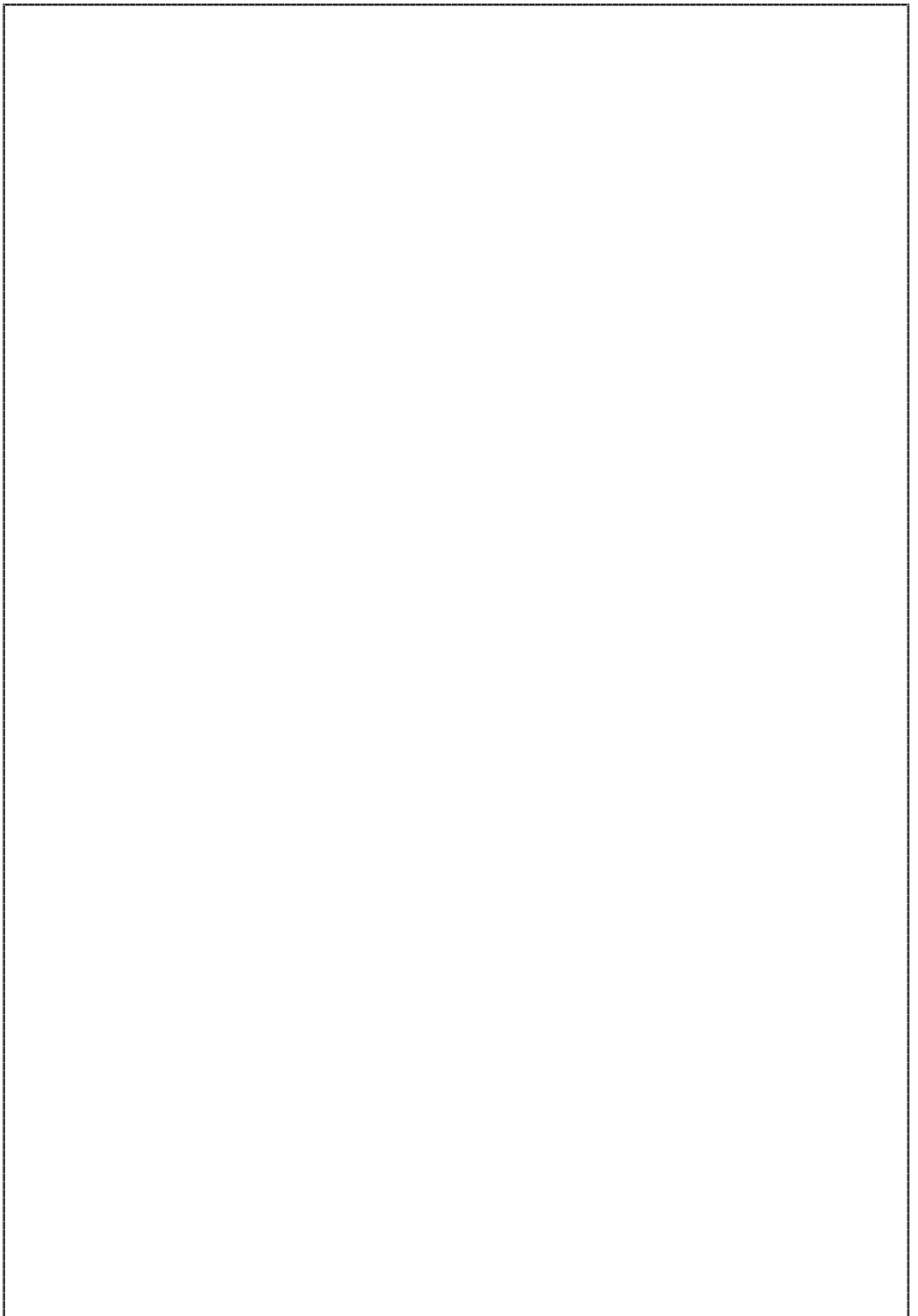
les normes de la qualité pour l'exploitation de la licence en matière de fabrication de ces produits.



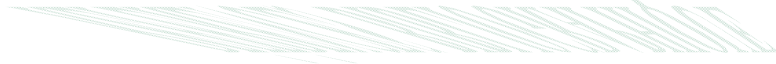
Annexe XIII

Tableau 13 : Recherche et dénombrement de la GT des CT, des L & M par la méthode de filtration

	GT	CT	L&M
Caractères	capable de se développer à l'intervalle de 25-40°C	Elles se multiplient à 30°C	capables de se multiplier à 25°C
Milieu de culture	MTGE (milieu gélosé)	M-Endou (milieu gélosé)	M-Green (milieu non gélosé. il est injecté sur une membrane absorbante mise en boîte de pétri)
Volume de l'échantillon filtré	Eau de process : 1 ml - Sucre : 100ml ([saccharose]=100g/l) - Eau de rinçage d'une bouteille en verre	- Eau de process : 100ml	- Sucre : 100ml ([saccharose]= 100g/l) - Sirop : 5 ml -Produit finis : 20 ml - Eau de rinçage d'une bouteille en verre
Incubation	à 35°C, mettre les boîtes inversées, dans l'incubateur durant 72h	à 35°C mettre les boîtes inversées dans l'incubateur durant 24h	à 25°C mettre les boîtes dans l'incubateur durant cinq jours
Lecture	Des colonies apparaissent sous différentes formes et couleurs	Des colonies vertes brillantes apparaissent sous deux formes : rondes et étalées.	Levures : colonies rondes, lisses, convexes ou plates, opaques ou pigmentées -Moisissures : pigmentées, filamenteuses, avec un aspect velouté
Expression des résultats	Comptage directe des colonies sur membrane		



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



Chapitre III

MATERIELS ET METHODES



PROCESS DE FABRICATION



Chapitre II

Chapitre I

GÉNÉRALITÉS



CONCLUSION



INTRODUCTION



Chapitre IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS



Annexe