

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

People's Democratic Republic of Algeria

The Minister of Higher Education and Scientific Research

ⵜⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵏⵓⵔⵉⵜ ⵜⴰⵎⴳⴷⴰⵢⵜ ⵜⴰⵏⵓⵔⵉⵜ

ABOU BEKR BELKAID UNIVERSITY

TLEMCEN

FACULTY OF MEDICINE- Dr. B.

BENZERDJEB

PHARMACY DEPARTMENT



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

كلية الطب - د. ب. بن زرجب

قسم الصيدلة

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR
L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

THÈME :

**L'évaluation de la teneur des phtalates dans les eaux de boisson
embouteillées en PET commercialisées en Algérie**

Présenté par :

ZENGUILA Khaoula

SEMGHOUNI Ikram

Soutenu le 30/06/2024

Jury

Président :

Pr Y. HAREK

Professeur en chimie Analytique faculté de médecine Tlemcen

Membres :

Dr K. BENCHACHOU

Maitre-assistante en hydro bromatologie faculté de médecine

Tlemcen

Dr D. MILOUD ABID

Maitre-assistante en Toxicologie faculté de médecine Tlemcen

Encadrant :

Dr S. BENAMARA

Maitre-assistant en hydro bromatologie faculté de médecine

Tlemcen

Année universitaire : 2023-2024

Remerciements

Nous tenons particulièrement à remercier Allah le tout puissant, qui nous a donné la force, la foi et le courage et de mener à bien ce modeste travail, qui n'aurait jamais été réalisé sans sa bénédiction.

*Nous remercions infiniment, **Docteur S.BENAMARA**, maitre-assistant en hydro bromatologie faculté de médecine Tlemcen, qui nous a confié ce travail riche d'intérêt et nous a guidé à chaque étape de sa réalisation.*

Vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil, malgré vos obligations professionnelles, vos encouragements inlassables, votre amabilité, votre gentillesse méritent toute admiration. Nous saisissons cette occasion pour vous exprimer notre profonde gratitude, tout en vous témoignant notre respect.

*Nous remercions aussi **Dr. ABOUREJAL Nesrine** pour son aide et ses conseils précieux.*

*Nous remercions **Docteur, Y.HAREK** Professeur en chimie analytique faculté de médecine Tlemcen, pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail, Nous sommes très honorées de vous avoir comme président de jury de notre mémoire.*

*Nos vifs remerciements à **Docteur K.BENCHACHOU**, Maitre assistante en hydro-bromatologie c'est pour nous un grand honneur de vous voir siéger dans notre jury . On exprime toute nos reconnaissance à **Docteur MILOUD ABID DALAL** maitre assistante en Toxicologie Tlemcen, de l'intérêt qu'elle porte à ce travail, qu'elle soit également très vivement remercié d'avoir accepté d'être membre du jury de ce mémoire.*

Dédicaces

À la mémoire de mon père

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices consentis pour mon instruction et mon bien être. Tu as été pour moi durant toute ma vie le père exemplaire, l'ami et le conseiller. Tes prières ont été pour moi d'un grand soutien au cours de ce long parcours. Que dieu, tout puissant, te garde, te procure santé, bonheur et longue vie pour que tu demeures le flambeau illuminant mon chemin.

A ma très chère maman

Tout d'abord, à l'âme de ma chère mère qui m'a donné naissance , je demande à Dieu Tout-Puissant d'avoir pitié d'elle , de lui pardonner et de m'accorder l'opportunité de la rencontrer au plus haut paradis .deuxièmement à ma chère mère qui m'a élevé m'a appris ; Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, ma gratitude, mon amour éternel, et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être, Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir. Que Dieu, le tout puissant, vous préserve, vous accorde santé, bonheur et longue vie.

A mes frères MOHAMMED , AMINA , ZAKARIA , DJAMEL EDDINE , AHLEM , ABDESSAMIEA , BATOUL , MOUATEZ , YAAKOUB , RADJA et NOUHA

Vous avez été la lumière qui a illuminé mon chemin, votre soutien sur tous les plans et vos efforts sont la raison pour laquelle j'ai réussi à atteindre la ligne d'arrivée. J'espère qu'un jour je réussirai à vous rendre une partie de ce que vous avez fait pour moi.

A mon fiancé ABDELWAHID

Tous simplement ce que je dirais n'aurait aucune description de ce qu'il y a dans mon cœur Notre rencontre est la plus belle chose qui me soit arrivée dans ma vie. A toi mon idole, mon soutien moral et ma source de joie et de bonheur, merci de ton encouragement et l'aide que tu m'as toujours accordé.

A ma Famille ZENGUILA

Un petit mot pour vous dire que je vous aime énormément. Vous tenez beaucoup de place dans ma vie et surtout dans mon cœur. Je ne peux exprimer à travers ses lignes tous mes sentiments d'amour et de tendresse envers vous.

A mes collègues, IKRAM, BOUCHRA , INAS , IMANE , BOUCHRA , HAFSA , ZANA , mes chères amies , HAFSA , KHAOULA , DOUAA , IKRAM, WISSEM ,LALA FADDOUL ZOHOR , ZAHRA , IKRAM , MANSOURA, ILHEM

Je suis très reconnaissante de vous avoir dans ma vie, veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon amour le plus sincère.

-ZENGUILA KHAOULA -

Dédicaces

Arrivée au terme du parcours universitaire, J'exprime toute ma gratitude, ma reconnaissance et ma tendresse à mes parents, qui m'ont accompagné tout au long de mon cursus, qui ont su me supporter et me soutenir dans toute circonstance,

Je dédie ce mémoire à ma mère & mon père,

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices consentis pour mon instruction et mon bien être. Vous avez été pour moi durant toute ma vie le père exemplaire, l'ami et le conseiller. Tes prières ont été pour moi d'un grand soutien au cours de ce long parcours. Que dieu, tout puissant, vos garde, vos procure santé, bonheur et longue vie pour que vous demeurez le flambeau illuminant mon chemin.

Ma grande mère

Mon frère : HAKIM

Mes sœurs : WAHIBA, ZAKIA, FATIMA

Mes nièces : NADJLAA, AYA, SOUHEIB, MEHDI , ALI

Vous avez été la lumière qui a illuminé mon chemin, votre soutien sur tous les plans et vos efforts sont la raison pour laquelle j'ai réussi à atteindre la ligne d'arrivée. J'espère qu'un jour je réussirai à vous rendre une partie de ce que vous avez fait pour moi

A ma Famille SEMGHOUNI ET BELHADJI

Un petit mot pour vous dire que je vous aime énormément. Vous tenez beaucoup de place dans ma vie et surtout dans mon cœur. Je ne peux exprimer à travers ses lignes tous mes sentiments d'amour et de tendresse envers vous.

Mes oncles, mes tantes, mes cousins et mes cousines, ma chère binôme, mes chers ami(e)s

Je suis très reconnaissante de vous avoir dans ma vie, veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon amour le plus sincère.

-SEMGHOUNI IKRAM -

V

Table des matières

<i>Remerciements</i>	<i>I</i>
<i>Dédicaces</i>	<i>II</i>
<i>Table des matières</i>	<i>VI</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>IX</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>XI</i>
<i>Listes des abréviations</i>	<i>XII</i>
Introduction Générale	1
1. Problématique :	3
2. Objectif :	3
Partie Théorique	4
Chapitre I : Eau embouteillée	5
I.1. Introduction :	6
I.2. Historique des eaux embouteilles dans le monde :	6
I.3 Historique des eaux embouteilles en l’Algérie :	8
I.4. Les eaux minérales naturelles :	10
I.4.1 .Définition :	10
I.4.2. Classification :.....	10
I.4.3. Les normes de qualité des EMN :	15
I.4.4.Caractéristiques physico-chimiques des eaux minérales en Algérie :	16
I.5.Les eaux de source :	18
I.5.1. Définition :	18
I.5.2. Classification :.....	18
I.5.3. Répartition des ES en Algérie :	19
I.5.4. Caractéristiques de qualité des eaux de source :.....	20
I.5.4.1. Caractéristiques organoleptiques :.....	20
I.5.4.2. Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau.....	20
2.1.1. Caractéristiques concernant les substances Indésirables	22
2.1.2. Caractéristiques concernant les substances toxiques	22
I.6. Exploitation des eaux minérales naturelles et des eaux de source :	22
I.6.1. Procédure d’exploitation :	23
I.6.2. Recherche des EMN et des ES et la reconnaissance de leur qualité :.....	23
I.6.3. Concession pour l’exploitation commerciale des eaux minérales naturelles et des eaux de source : .	24
I.6.4. Surveillance et contrôle des eaux minérales naturelles et des eaux de source :.....	24
I.7. Traitement des eaux minérales et des eaux de sources :	24
Chapitre II : L’emballage alimentaire	25
II.1. Introduction :	26
II.2. Historique :	26
II. 3. Définition :	27
II.4. Les différents types d’emballage :	28

Table des matières

II.5. Rôle technique de l’emballage alimentaire :	32
II.6. Les interactions entre emballage et aliments :	33
II.7. L’emballage en matière plastique :	35
II.7.1. Historique :	35
II.7.2. Définition :	36
II.7.3. Caractéristique :	36
II.7.4. Types et composition :	36
Chapitre III : Phtalates	40
III.1. Définition :	41
III.2. Production et utilisation des phtalates :	42
III.2.1. Production :	42
III.2.2. Utilisation :	42
III.3. La toxicité des Phtalates :	42
III.3.1. Exposition humaine au phtalates :	42
III.3.2. Toxicocinétique :	43
III.3.3. Toxicodynamique :	49
III.3.3.1. Toxicité aiguë :	49
III.3.3.2. La toxicité chronique :	49
III.3.4. Toxicité des metabolites :	51
III.4. Réglementation :	52
III.4.1. Introduction :	52
III.4.2. Les denrées alimentaires :	52
III.4.2.1. Réglementation algérienne :	52
III.4.2.2. Réglementation européenne :	53
III.4.3. Eau embouteillé :	56
III.4.3.1. Réglementation algérienne :	56
III.4.3.2. L’OMS :	57
III.4.3.3. Réglementation USEPA :	57
III.4.4. Les articles de puériculture :	57
III.4.4.1. Réglementation algérienne :	57
III.4.4.2. Réglementation européenne :	58
III.4.5. Autres produits :	58
III.4.5.1. Pour les cosmétiques :	58
III.4.5.2. Pour les dispositifs médicaux :	58
III.4.5.3. Autres réglementations et actualités :	59
III.5. Extraction et Méthodes de dosage de phtalate dans l’eau :	59
III.5.1. L’extraction des phtalates :	59
2.1.3. Extraction liquide-liquide (LLE) :	60
2.1.4. Extraction liquide solide :	60
2.1.5. Micro-Extraction en Phase Solide (SPME) :	61
III.5.2. Méthodes instrumentales :	61
Partie Pratique	63
1. Problématique :	64
2. Objectifs de l’étude :	64
2.1. Objectifs principaux :	64
2.2. Objectifs secondaires :	64
3. But :	64
4. Matériel et méthodes	64

Table des matières

4.1.	Type, lieu et calendrier d'étude :.....	64
4.2.	Échantillonnage :.....	65
4.2.1.	Population d'étude :.....	65
4.2.1.1.	Critères d'inclusion :.....	65
4.2.1.2.	Critères d'exclusion :.....	65
4.2.2.	Eau destinée à la consommation :.....	65
4.2.2.1.	Eaux embouteillées.....	66
4.2.3.	Dosage des phtalates :.....	66
4.2.3.1.	Verrerie :.....	66
4.2.3.2.	Matérielles et Produits :.....	67
4.2.3.3.	Préparations des solutions :.....	72
4.2.3.4.	Procédure d'extraction :.....	72
4.2.4.	Instrument d'analyse :.....	74
5.	Analyse statistique :.....	75
5.1.	Logiciel utilisé :.....	75
5.2.	Analyse descriptive :.....	75
5.3.	Analyse univariée :.....	75
5.4.	Analyse bivariée :.....	76
Résultats.....	77
1.	Caractéristiques descriptives :.....	78
2.	Résultats de l'analyse :.....	79
3.	Les taux des phtalates dans l'eau analysée immédiatement :.....	80
4.	Les taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois de conservation au froid :.....	81
5.	Les taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois à température ambiante :.....	82
6.	Les taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois d'exposition au soleil :.....	83
7.	Le taux de DEHP dans l'eau analysé immédiatement dans différents modèles :.....	84
8.	Le taux de DEHP dans l'eau analysé du modèle moyenne immédiatement, après 1 mois de conservation à Température ambiante, au froid, et exposé au soleil :.....	85
9.	Comparaison des quatre phtalates entre les marques :.....	86
Discussion.....	88
Conclusion.....	93
Perspectives.....	95
Références bibliographiques.....	97

Liste des tableaux

Tableau I : Repères	7
Tableau II : Classification des eaux minérales en fonction de la minéralisation.....	11
Tableau III : Classification des eaux minérales selon la composition ionique	12
Tableau IV : Répartition des EM en Algérie	14
Tableau V : Les normes de qualité des EMN	15
Tableau VI : Caractéristiques physico-chimiques des eaux minérales en Algérie.	17
Tableau VII : Localisations géographiques des sites d'eaux de sources en Algérie	19
Tableau VIII : Caractéristiques organoleptiques.....	20
Tableau IX : Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau	20
Tableau X : Caractéristiques concernant les substances Indésirables	22
Tableau XI : Caractéristiques concernant les substances toxiques.....	22
Tableau XII : Repères de l'histoire de l'emballage alimentaire	27
Tableau XIII : Les thermoplastiques	37
Tableau XIV : Les thermodurcissables.....	38
Tableau XV : Les élastomères	38
Tableau XVI : Données synthétisées de la toxicocinétique des 6 principaux phtalates : Absorption.....	44
Tableau XVII :Données synthétisées de la toxicocinétique des 6 principaux phtalates :Distribution / Métabolisation / Elimination	46
Tableau XVIII :Comparatif de la classification des substances Cancérogène ,mutagène, reproductive.....	54
Tableau XIX : Classification réglementaire (Règlement CLP 1272/2008).....	54
Tableau XX : Classification des phtalates en tant que CMR.....	56
Tableau XXI : Tableau des matérielles	67
Tableau XXII : Tableau des produits	70
Tableau XXIII : Caractéristiques physico-chimiques de ces eaux minérales et des eaux de sources analysées.....	78
Tableau XXIV : Tableau des taux des phtalates dans l'eau analysée immédiatement.....	80
Tableau XXV : Tableau des taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois de conservation au froid.....	81
Tableau XXVI : Tableau des taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois à température ambiante	82

Liste des tableaux

Tableau XXVII : Tableau des taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois d'exposition au soleil	83
---	----

Liste des figures

Figure 1 : Les grandes marques des eaux minérales naturelles en Algérie.	8
Figure 2 : Evolution de la consommation annuelle des eaux minérales en Algérie.....	9
Figure 3 : Les différents emballages en papier-carton	29
Figure 4 : Evolution de la production mondiale des matières plastiques, acier et aluminium depuis 1970	35
Figure 5 :Structure de phtalate	41
Figure 6 : Le principe de CPG-SM	62
Figure 7 : Localisation géographiques des eaux embouteillées analysées.....	66
Figure 8 : Instrument d'analyse la GC-SM	74
Figure 9 : Le taux de DEHP dans l'eau analysé immédiatement dans différentes modèles..	84
Figure 10 : Le taux de DEHP dans l'eau analysé du modèle moyenne dans différentes conditions	85
Figure 11 : Le taux de DEHP	86
Figure 12 : Le taux de DBP.....	86
Figure 13 : Le taux de DiBP	87
Figure 14 : Le taux de DEP.....	87

Listes des abréviations

ABS Acrylonitrile butadiène styrène

ACEE Association pour la communication les Echanges et l'Emploi .

Ag Argon

ANRH Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

As Arsenic

B Bore.

BBP Butyl benzyl phtalate

Cd Cadmium

CE : Communauté européenne .

CEE : Communauté économique européenne .

Cl : Chlore

CMR : Cancérogène Mutagène et Reprotoxique

Cn : Cyanure

CNT : Confédération national du travail

Cr : Chrome

Cu :Cuivre

DBP : Dibutyl phtalate

DEHP : Bis(2-ethylhexyl)phtalate

DEP : D'éthyle phtalate

DiBP : Di-isobutyl phtalate

Liste des abréviations

DiDP : Di-isodecyl phtalate

DiNP : Di-isononyl phtalate

DL50 : La dose létale médiane

DMEP : Bis(2-methoxyethyl) phtalate

DMP : Diméthyle phtalate

DOP : Di-octyl phtalate

DPP : Di-pentyl phtalate

ECD : Détecteur à capture d'électrons

EChA : Agence européenne des produits chimiques

ELL : Extraction liquide liquide

EMN : Eau minérale naturelle

ES : Eau de source

F : Fluor

Fe : Fer

FID : Flame ionization detector

FMI : Le Fonds monétaire international

JORADP : Le Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire .

GC : Gas chromatography

HCO₃ : Bicarbonate

Hg : Mercure

HPLC : Chromatographie en phase liquide à haute performance.

Liste des abréviations

INRS : Institut national de recherche et de sécurité

IPA : Institut Pasteur d'Algérie.

IRIS : Système international d'information sur les risques

K⁺ : Potassium

LOD : La limite de détection

LOQ : La limite de quantification

MBuP : Méthyl butyle pipérazine

MBzP : Méthyl benzyle pipérazine

MEHP : Mono-2-ethylhexyl phtalate

MF : La filtration de la Membrane(0,1–10)

NHANES : The National Health and Nutrition Examination Survey

NPA : National Power Academy

OMS : L'Organisation mondiale de la Santé

ONU : Organisation des Nations unies.

PAES : Popliteal Artery Entrapment Syndrome

Pb : Plombe

PC : Polychlorure

PE : polyéthylène

PET : Polytéraphthalate d'éthylène

PF : Phénoplastes

PH : Potentiel d'hydrogène

Liste des abréviations

PMMA : Poly méthacrylate de méthyle

PP : Le polypropylène

PPAR γ : Le récepteur activé par les proliférateurs de peroxysomes-gamma

PS : Polystyrène

PVC : poly(chlorure de vinyle)

PXR : The pregnane X receptor

REACH : Rehabilitation, Education and Community Health

Se : Sélénium

SGH : Le Système général harmonisé

SPE : The Society of Petroleum Engineers

SPME : La micro extraction en phase solide

TCO : Total Costs of Ownership

UF : La filtration de la Membrane (0.02 – 0.05) μm

UP : Polyesters réticulés

USEPA : United States Environmental Protection Agency

Zn : Zinc

Introduction Générale

Introduction générale

L'eau potable est une eau considérée comme sûre pour la boisson, la cuisine et les usages domestiques et industriels, conformément aux normes fixées par la réglementation de qualité de l'eau. Elle est fournie par des robinets, des bouteilles et, dans les applications industrielles, par des réservoirs de stockage d'eau. L'eau potable est souvent soumise à divers traitements préventifs et c'est ainsi que l'amélioration des systèmes d'assainissement et d'approvisionnement en eau a été l'une des principales raisons de l'augmentation significative de l'espérance de vie dans le monde.(1)

En 2010, une résolution de l' Organisation des Nations unies (ONU) a reconnu l'accès à "l'eau potable et salubre" comme un droit de l'homme et a déploré le fait que 884 millions de personnes, soit 13 % de la population mondiale, en soient privées.(1)

Aujourd'hui, l'eau minérale en bouteille est de plus en plus consommée dans la vie quotidienne des consommateurs et remplace l'eau du robinet. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette augmentation, mais les propriétés thérapeutiques et organoleptiques de l'eau en bouteille sont les raisons les plus souvent citées par les consommateurs.(2)

En raison de développement industriel, l'agriculture et de la croissance démographique, le secteur de l'eau embouteillée en Algérie a connu un développement remarquable ces dernières années. Ce progrès a permis L'installation de plusieurs d'unités d'exploitation et de production d'eau embouteillées dans tout le pays. La consommation a augmenté considérablement ces dernières années, avec une évolution remarquable de la population. (3)

L'emballage de l'eau potable tente de comprendre l'émergence et le succès du marché de l'eau embouteillée .(4)

Les bouteilles en plastique, principalement en Poly téréphtalate d'éthylène (PET), sont les emballages d'eau les plus courants. Cependant, ils présentent des risques pour la qualité de l'eau potable en raison des composés chimiques comme les phtalates et les bisphénols qu'ils peuvent contenir. Ces substances peuvent migrer de l'emballage vers l'eau, surtout lorsqu'il est exposé à la chaleur ou à la lumière. Malgré la commodité des bouteilles plastiques, il est important de considérer ces risques potentiels et d'envisager des alternatives plus sûres lorsque c'est possible.(4)

Introduction générale

Les phtalates sont utilisés depuis les années 50, alors qu'ils ont été produits pour la première fois en 1920, et se sont développés de manière significative avec l'avènement du polychlorure de vinyle (PVC) en 1950.(5)

Les phtalates, comme le Bis(2-ethylhexyl) phtalate (DEHP), le Dipentyl phtalate (DnBP) et le Di_isobutyl phtalate (DiBP), représentent un danger pour l'eau en bouteille en raison de leur transfert depuis les emballages en polymère tels que les bouteilles en PET. Des recherches indiquent que ces substances se déversent dans l'eau à des taux variables en fonction des conditions de stockage, avec une augmentation de la migration observée à des températures plus élevées et lors de périodes de stockage prolongées.(6)

1. Problématique :

Au niveau national la réglementation préconise que les eaux embouteillées en plastique doit être emballé dans PET qui est source de phtalate, la question se pose : Est-ce que les eaux embouteillées en plastique commercialisées en Algérie contient des phtalates, en quel quantité et quel sont les facteurs qui influent leur migration dans l'eau et comment varie la migration de ces phtalates dans l'eau potable en fonction des conditions environnementales et stockage ?

2. Objectif :

Estimer la teneur des phtalates dans les eaux embouteillées en plastique commercialisées en l'Algérie. Nous tenterons à travers ce travail d'évaluer les facteurs favorisant la migration des phtalates vers l'eau.

Partie Théorique

Chapitre I : Eau embouteillée

I.1. Introduction :

L'eau potable représente une ressource cruciale indispensable pour soutenir la vie et garantir la santé publique. L'accessibilité à une eau potable sûre constitue une avancée majeure à l'échelle mondiale, témoignant ainsi du niveau de qualité de vie atteint.(7)

Selon la Nomenclature Algérienne des Produits (NPA) : « Les eaux embouteillées ou communément appelées eaux de tables sont toutes les eaux minérales ou de sources naturelles ou non, gazeuses ou plates conditionnées à la consommation ». (8)

Selon l'Association canadienne des eaux embouteillées (ACEE), " Est une eau vendue ou donnée aux consommateurs dans des contenants scellés." Elle doit respecter toutes les lois sur l'eau potable fédérales et provinciales. L'eau embouteillée ne doit pas contenir de calories ni de sucre, ni d'édulcorants ni d'additifs chimiques.(9)

En France, sur le plan réglementaire il y a trois catégories différents des eaux embouteillées ; en plus des eaux minéral naturel (EMN) et des eaux de source (ES), il y a l'eau rendue potable par traitement qui se définit comme suit : Il s'agit d'une eau provenant de sources superficielles ou souterraines qui a été traitée pour devenir potable et a subi les mêmes procédures que l'eau du robinet. Elle doit respecter les mêmes normes de qualité physicochimique et radiologique que l'eau du robinet en termes de qualité microbiologique et de qualité physicochimique.(10) (11)

I.2. Historique des eaux embouteilles dans le monde :

Dès l'antiquité, les sources d'eaux minérales étaient reconnues pour leur pureté. Mais c'est à partir du XIXème siècle que l'engouement pour ces eaux et leurs vertus thérapeutiques va donner naissance à l'industrie des eaux minérales en France .(12)

Le tableau suivante indique le évolution des 'Eau embouteillée dans le temps :(13) (12)

Tableau I : Repères

Dates	Repères
En 1621	la première mise en bouteille de l'eau au Holy Well (Royaume-Uni)
En 1767	La première eau distribuée commercialement en Amérique a été embouteillée et vendue par Jackson's Spa à Boston (États-Unis)
En 1838	Auguste Saturnin Badoit met pour la première fois l'eau minérale naturelle de la source de Saint-Galmier en bouteille et la commercialise.(France)
En 1845	En Amérique du Nord, l'eau de source polonaise a été mise en bouteille pour la première fois
En 1846	une compagnie acquiert les sources environnant le village de La Salvetat (est une commune française située dans l'ouest du département de l'Hérault en région Occitanie)et obtient en 1848 une autorisation d'exploitation et mise en vente .
En 1855	Louis Bouloumié qui a démontré les vertus curatives de l'eau de Vittel à partir de sa propre expérience, obtient l'autorisation d'exploiter l'eau de la « grande source » de Vittel (France)
En 1861	L'eau de Contrexéville(Nord-Est de la France) est officiellement reconnue « eau minérale naturelle
En 1863	Europe, Perrier a commencé à produire et à vendre de l'eau embouteillé
En 1878	En France approbation par l'Académie de Médecine que le Ministère de la Santé donne l'autorisation à la Société Anonyme des Eaux Minérales de Cachat d'embouteiller l'eau minérale Evian.
En 1968	Introduction les premiers bouteilles en Plastique
En 1973	L'ingénieur de DuPont Nathaniel Wyeth : a breveté les bouteilles en polyéthylène téréphtalate (PET)(États-Unis)
En 1992	L'activité d'eau embouteillée de Perrier est acquise par Nestlé. (États-Unis)

Source (12): Safe Drinking Water Foundation [Internet]. 2017 L'eau embouteillé. Disponible sur: <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/3/15/eau-embouteille>

I.3 Historique des eaux embouteillées en l'Algérie :

Pendant la période postindépendance, le secteur industriel algérien de l'eau embouteillée a connu une évolution significative en trois phases distinctes : l'industrialisation, la restructuration, et la libéralisation économique. Initialement, l'État a joué un rôle prépondérant dans l'investissement, la gestion industrielle et la production d'eau embouteillée, avec la création de la Société Nationale des Eaux Minérales en 1966.(14)

La production des eaux embouteillées répondait à des objectifs planifiés conformément aux choix des orientations politiques industrielles de l'époque caractérisés plutôt par une régulation administrative. Les unités de production des eaux embouteillées se limitaient à quelques marques dont les plus célèbres sont données dans la figure suivante :



Figure 1 : Les grandes marques des eaux minérales naturelles en Algérie.

Dans les années 1980, des réformes économiques ont entraîné la restructuration du secteur, avec la fragmentation des grandes entreprises en unités régionales, telles que celles d'Alger, Batna et Saida. Cette restructuration a été accompagnée par une augmentation des capacités de production, avec l'ouverture de nouvelles unités telles qu'à Ghardaïa, Mostaganem, Tébessa, et Biskra.

À partir de la fin des années 1980 et avec le programme d'ajustement structurel soutenu par le FMI dans les années 1990, l'Algérie a entrepris des mesures de libéralisation économique. Cela a conduit à une transition d'une régulation administrative centralisée vers une économie de marché, avec des lois adaptées à cette nouvelle orientation, notamment une révision de la législation sur l'eau en 1996 et 2005. Cette libéralisation a permis la privatisation de nombreuses unités de production d'eau embouteillée en Algérie, tout en favorisant l'investissement privé à

travers le pays. Cette expansion de la production a conduit à une augmentation significative de la consommation d'eau embouteillée en Algérie, comme le montre l'évolution annuelle de la consommation. Cette tendance laisse entrevoir des perspectives d'augmentation future de la consommation d'eau embouteillée et des besoins en investissement associés.

La Fig. 2 donne une indication de l'évolution annuelle de la consommation des eaux conditionnées en Algérie. Pour ces dernières années, cette évolution est très importante. Elle donne une indication de l'évolution tendancielle du paysage qui présage des possibilités d'évolution de la consommation future de l'eau embouteillée et de la masse d'investissement qui sera nécessaire pour produire cette quantité d'eau.

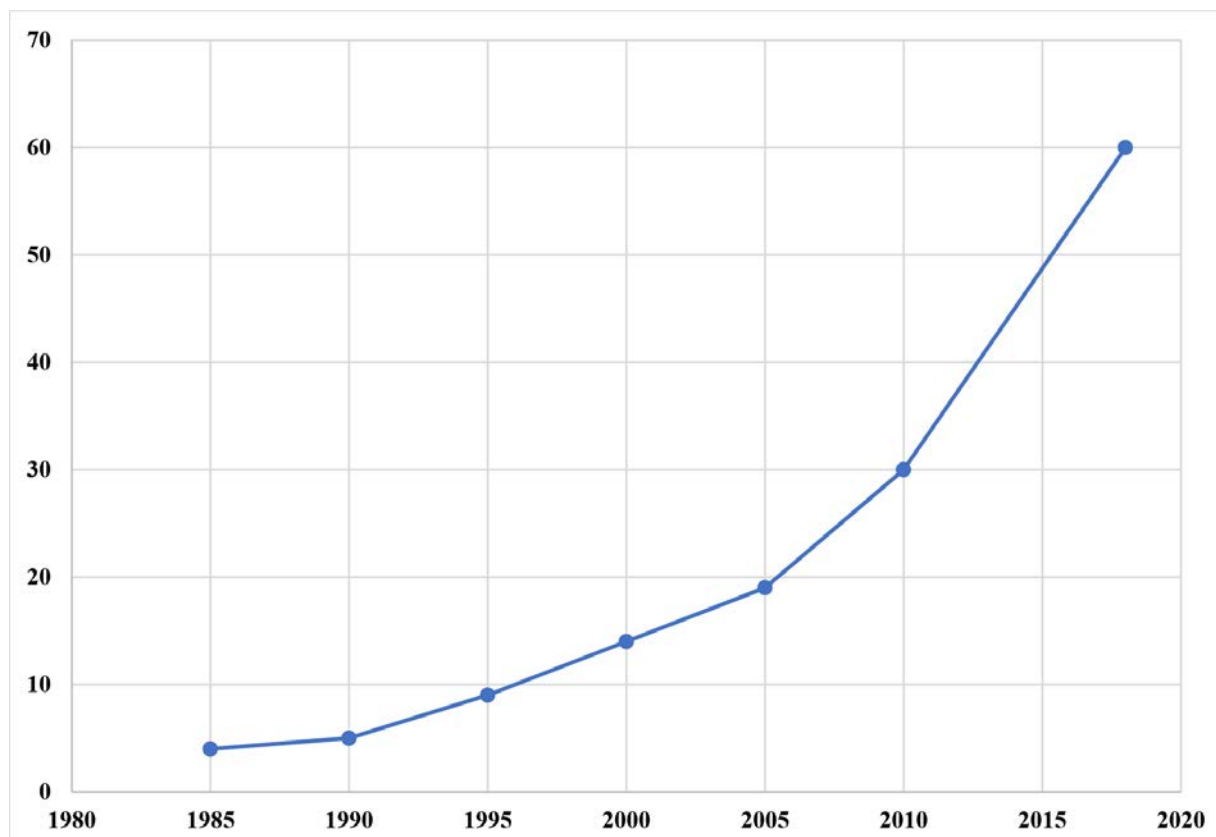


Figure 2: Evolution de la consommation annuelle des eaux minérales en Algérie

I.4. Les eaux minérales naturelles :

I.4.1 .Définition :

Une eau minérale naturelle, selon le décret 89-369 du 6 juin 1989, est « une eau possédant un ensemble de caractéristiques qui sont de nature à lui apporter ses propriétés favorables à la santé. Elle témoigne, dans le cadre des fluctuations naturelles connues, d'une stabilité de ses caractéristiques essentielles, notamment de composition et de température à l'émergence, qui n'est pas affectée par le débit de l'eau prélevée. » (15)

Ainsi, les EMN sont définies comme étant des eaux souterraines microbiologiquement saines. Elle répond à des exigences de qualité microbiologique et physicochimique strictes. Elles se distinguent nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par leurs natures caractérisées par la pureté, et par la teneur spécifique en sels minéraux, oligoéléments ou autres constituants. Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique. Ces eaux minérales naturelles possèdent des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine.(16)

L'EMN ne peut faire l'objet que de quelques traitements autorisés par la réglementation (séparation des constituants naturellement présents, la désinfection de l'eau est interdite). Certaines eaux minérales naturelles peuvent faire état d'effets favorables à la santé.(17)

I.4.2. Classification :

Les EMN peuvent être classées selon trois catégories :

Le premier est basé sur la pesée du résidu sec, (le taux de minéraux recueillis après évaporation de 1L d'eau à une température de 180C). (18)

Tableau II : Classification des eaux minérales en fonction de la minéralisation

Mentions	Critères	Exemples des EM en Algérie
Très faiblement minéralisée	<50 mg/L	_____
Oligo-minérale ou faiblement minéralisée	50< résidu sec< 500 mg/L	Saida, Djamila, Batna, Sidi Okba, Ifri, Daouia, Sidi El kebir, Fendjel, Toudja, Hammamet, Youkous, Sidi Driss, Lalla Khadija, Milok, El Golia
Moyennement minéralisée	500< résidu sec <1500 mg/L	Guedila, Mansoura, Chifaa, Messerghine, Sidi Yakoub
Riche en sels minéraux	> 1500 mg/L	Benharoun, Mouzaia

Source (81) : journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire 26 avril 2006

La deuxième classification tient compte de la teneur des constituants ioniques (concentration de Ca , Mg, Cl, SO4...) (19) (20)

Tableau III : Classification des eaux minérales selon la composition ionique

Mentions	Critères	Exemples des EM en Algérie
Bicarbonatée	La teneur en bicarbonate est supérieure à 600 mg/L	Benharoun, Mouzaia
Sulfatée	La teneur en sulfates est supérieure à 200 mg/L	Benharoun
Chlorurée	La teneur en chlorure est supérieure à 200 mg/L	Benharoun
Calcique	La teneur en calcium est supérieure à 150 mg/L	Benharoun
Magnésienne	La teneur en magnésium est supérieure à 50 mg/L	Benharoun, Mouzaia , Mansoura ,Saïda
Fluorée	La teneur en fluor est supérieure à 1 mg/L	_____
Ferrugineuse	La teneur en fer bivalent est supérieure à 1 mg/L	_____
Acidulée	La teneur en gaz carbonique libre est supérieure à 250 mg/L	_____
Sodique	La teneur en sodium est supérieure à 200 mg/L	_____
Pauvre en sodium	La teneur en sodium est inférieure à 20 mg/L	Chifaa, Djamila, Batna, Ifri, Fendjel, Hammamet, Youkous, Sidi Driss, Lala Khadija, Milok

Source (81) : journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire 26 avril 2006

La troisième classification, est celle citée dans le décret exécutif du journal officiel Algérien N°45 correspondant au 18 juillet 2004 , et qui tient compte de l'origine et de la teneur en gaz carbonique libre .(21)

➤ Eau minérale naturelle non gazeuse

L'eau minérale naturelle non gazeuse est une EMN qui, à l'état naturel et après traitement autorisé, et conditionnement, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissout les sels hydrogénocarbonates présents dans l'eau.

➤ **Eau minérale naturelle naturellement gazeuse**

L'eau minérale naturelle naturellement gazeuse est une EMN dont la teneur en gaz est, après traitement autorisé et conditionnement, la même qu'à l'émergence compte tenu des tolérances techniques usuelles.

➤ **Eau minérale naturelle dégazéifiée**

L'eau minérale naturelle dégazéifiée est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement autorisé et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence.

➤ **Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source**

L'eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement autorisé et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence et qui fait l'objet d'adjonction en gaz carbonique émanant de la source.

➤ **Eau minérale naturelle gazéifiée**

L'eau minérale naturelle gazéifiée est une eau minérale naturelle rendue gazeuse, après traitement éventuel autorisé, et conditionnement, par addition de gaz carbonique d'autre provenance.

Tableau IV: Répartition des EM en Algérie

Nom des eaux	Localisation	Bassin hydrographique
Mansoura	Tlemcen	
Chifaa	Tiaret	Oranie-Chott Chergui
Messerghine	Oran	
Saida	Saida	
Ben Haroun	Bouira	
Ifri	Bejaïa	
Lalla Khadija	Tizi Ouzou	Algérois-Honda-Soummam
Mouzaia	Blida	
Sidi el Kebir	Blida	
Toudja	Bejaïa	
Sidi Yakoub	Jijel	
Djemila	Sétif	
Batna	Batna	Constantinois-Seybousse-
Daouia	Sétif	Mellegue
Fendjel	Guelma	
Hammamet	Tebessa	
Youkous	Tebessa	
Sidi Driss	Skikda	
Guedila	Biskra	
Sidi okba	Biskra	Sahara
Milok	Laghouat	
El Goléa	Ghardaïa	

Source (14) : Hazzab A. Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. Comptes Rendus Geosci. janv 2011

I.4.3. Les normes de qualité des EMN :

La concentration des substances énumérées ci-dessous ne doit pas dépasser les taux ci-après (22)

Tableau V : Les normes de qualité des EMN

Paramètre	Concentration
Antimoine	0.005 mg/L
Arsenic	0.05 mg/L, exprimé en As total
Baryum	1 mg/L
Borates	5 mg/L, exprimé en B
Cadmium	0,003 mg/L
Chrome	0,05 mg /L, exprimé en Cr total
Cuivre	1 mg/L
Cyanures	0.07 mg/L
Fluorure	5 mg /L , exprimé en F
Plomb	0,01 mg/L
Manganèse	0,1 mg/L
Mercure	0,001 mg/L
Nickel	0.02 mg/L
Nitrates	50 mg/L, exprimé en NO ₃
Nitrites	0 ,02 mg/L en tant que nitrite
Sélénium	0.05 g/L

Source (81) :journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire26 avril 2006

I.4.4. Caractéristiques physico-chimiques des eaux minérales en Algérie :

Les caractéristiques physico-chimiques de l'ensemble des eaux minérales en Algérie sont données dans le Tableau. Ces caractéristiques ont été relevées à partir de l'étiquetage des différents produits.

Ces résultats d'analyses effectuées dans des laboratoires officiellement autorisés pour la réalisation de l'opération de caractérisation des eaux et ce, conformément à la réglementation en vigueur. Ces laboratoires sont ceux du centre national de toxicologie (CNT), de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) et de l'institut Pasteur d'Algérie (IPA).

Tableau VI : Caractéristiques physico-chimiques des eaux minérales en Algérie.

Nom de EM	SO ²⁻⁴	Cl ⁻	F ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	PH	Résidus sec mg/L
Benharoun	514	400	—	1809	—	02	413	63	680	10	6,7	2800
Mouzaia	85	150	—	822	0,0	01	136	75	138	01	6,5	1625
Guedila	171	43	—	317	0,0	07	97	47	47	01	7,1	712
Mansoura	60	90	0,15	397	—	—	89	62	30	01	7,2	640
Chifaa	40	48	—	263	—	11	66	26	15	02	7,2	608
Messerghine	35	128	0,2	331	—	—	63	41	63	08	7,3	577
Sidi Yakoub	32	65	—	226	—	—	83	14	37	4,9	6,5	560
Saïda	65	81	0,15	376	1,5	—	68	50	58	02	7,6	478
Djamila	45	28	—	354	—	—	112	24	20	11	7,5	468
Batna	29	18	—	373	—	—	58	43	13	3,1	7,2	450
Sidi okba	75	55	—	213	—	—	83	18	30	21	7,3	425
Ifri	35	37	0,2	265	0,02	<1,5	74	20	16	2,1	7,2	380
Daouia	19	41	0,5	280	—	0,4	32	20	75	07	7,8	325
Sidi Elkbir	21	22	—	230	4,8	—	55	11	34	0,5	07	297
Fendjel	24	05	—	244	—	15	73	15	10	2,5	7,9	268
Toudja	21	71	—	212	0,02	—	61	14	52	0,8	7,4	248
Hammamet	29	21	—	209	0,01	05	63	15	13	4,4	7,4	238
Youkous	27	21	—	216	—	03	67	10	12	4,9	7,4	231
Sidi Driss	10	17	—	127	0,02	0,1	39	03	7,2	01	7,7	202
Lalla	07	11	0,2	172	0,0	0,5	53	07	05	0,5	7,2	187
Khadîdja												
Milouk	80	10	0,4	85	—	—	53	12	08	04	7,6	180
El Golia	36	20	—	118	0,5	2,5	24	07	28	05	7,4	180

Source (14) : Hazzab A. Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. Comptes Rendus janv 2011.

I.5. Les eaux de source :

I.5.1. Définition :

Une eau de source (selon le décret 89-369 du 6 juin 1989 relatif aux eaux minérales naturelles et aux eaux potables pré-emballées) est «une eau d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, apte à la consommation humaine sans traitement ni adjonction autres, qu'une séparation des éléments instables et d'une sédimentation des matières en suspension par décantation autorisée par arrêté préfectoral . »(15)

L'eau de source est simplement une eau naturelle, souvent d'origine profonde, dont la qualité physico-chimique et microbiologique doit répondre aux normes de potabilité des eaux destinées à la consommation humaine sans traitement. (23)

I.5.2. Classification :

➤ Eau de source

Introduction dans des récipients de livraison au consommateur ou dans des canalisations l'amenant directement dans ces récipients au lieu de s'échapper du sol, sous réserve des traitements autorisés conformément à la réglementation algérienne. (24)

➤ Eau de source gazéifiée

L'eau de source gazéifiée est une eau de source qui est rendue effervescente par l'ajout de gaz carbonique, sous réserve des traitements éventuels autorisés.(24)

I.5.3. Répartition des ES en Algérie :

Tableau VII : Localisations géographiques des sites d'eaux de sources en Algérie

Nom des eaux	Localisation	Bassin hydrographique
Sidi A. Benyoub	Sidi bel abbes	
Sidi Khelifa	Sidi bel abbes	
Lejdar	Tiaret	Oranie-Chott Chergui
Sfid	Saida	
Ain Bouglez	EL Taraf	
Etjar	Tiaret	
Moza	Blida	
Aghbalou	Bejaïa	
Alma	Bejaïa	
Bourached	Bejaïa	
El melez	Bordj Bou Arreridj	Chelif-Zahrez
Halouane	Bejaïa	
Hayet	Alger	Algerois-Hodna-Soummam
Mont djurdjura	Bouira	
Oumalou	Tizi Ouzou	
Qniaa	Akbou	
Ifren	Akbou	
Gaya	Akbou	
Ovitale	Bejaïa	
Star	Bejaïa	
Ayris	Bejaïa	
Toggi	Bouira	
Guerioune	Oum El Bouaghi	Constantinois-Seybousse-Mellegue
Thevest	Tébessa	
Texanna	Jijel	Sahara
Fontaine	Biskra	

Source :Google

I.5.4. Caractéristiques de qualité des eaux de source :

La concentration des substances énumérées ci-dessous ne doit dépasser les taux ci-après :

I.5.4.1. Caractéristiques organoleptiques :

Tableau VIII : Caractéristiques organoleptiques

CARACTERISTIQUES	UNITE	CONCENTRATIONS
Odeur (seuil de perception à 25° C)	_____	au maximum 4
Couleur	Mg/l de platine (en référence à l'échelle platine/cobalt	au maximum 25
Saveur (seuil de perception à 25° C)	_____	au maximum 4
Turbidité	Unité JACKSON	au minimum 2

I.5.4.2. Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau

Tableau IX : Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau

CARACTERISTIQUES	UNITE	CONCENTRATIONS
PH	Unité PH	6,5 à 8,5
Conductivité (à 20° C)	µS/ cm	au maximum 2.800
Dureté	mg/L de Ca CO ₃	100 à 500
Sulfates	mg/L (SO ₄)	200 à 400
Chlorures	mg/L (Cl)	200 à 500
Sodium	mg/L (Na)	200
Calcium	mg/L (Ca)	75 à 200
Magnésium	mg/L (Mg)	150
Potassium	mg/L(K)	20
Aluminium total	mg/L (Al)	0.2
Oxydabilité au permanganate de potassium	mg/L en oxygène	au maximum 3
Résidus secs après dessiccation à 180° C	mg/L	1.500 à 2.000

Source (81) : journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire 26 avril 2006

2.1.1. Caractéristiques concernant les substances Indésirables

Tableau X : Caractéristiques concernant les substances Indésirables

CARACTERISTIQUES	UNITE	CONCENTRATIONS
Ammonium	mg/L de NH ₄	Au maximum 0.5
Azote kjendahl	mg/L en N	Au maximum 1
Nitrate	mg/L de NO ₃	Au maximum 50
Nitrite	mg/L de NO ₂	Au maximum 0.1
Fluor	mg/L de F	0.2 à 2
Fer	mg/L (Fe)	Au maximum 0.3
Manganèse	mg/L (Mn)	Au maximum 0.5
Cuivre	mg/L (Cu)	Au maximum 1.5
Zinc	mg/L (Zn)	Au maximum 5
Argent	mg/L (Ag)	Au maximum 0.05

Source (81) :journal officiel de la république algérienne démocratiques et populaire 26 avril 2006

2.1.2. Caractéristiques concernant les substances toxiques

Tableau XI : Caractéristiques concernant les substances toxiques

CARACTERISTIQUES	UNITE	CONCENTRATIONS
Arsenic	mg/L (As)	0,05
Cadmium	mg/L (Cd)	0,01
Chrome total	mg/L (Cr)	0,05
Cyanure	mg/L(Cn)	0,05
Mercure	mg/L (Hg)	0,001
Plomb	mg/L (Pb)	0,055
Sélénium	mg/L (Se)	0,01
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) :		
Benzo (3,4) pyrène	µg/L	0,01
Pour le total des 6 substances suivantes	µg/L	0,2
Fluoranthène,		
Benzo (3,4) fluoranthène		
Benzo (11,12) fluoranthène		
Benzo ((3,4) pyrène		
indeno (1,2,3 - cd) pyrène		
Benzo (1,12) pérylène		

Source (81) :journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire 26 avril 2006

I.6. Exploitation des eaux minérales naturelles et des eaux de source :

I.6.1. Procédure d'exploitation :

Ces dernières années, des textes réglementaires ont été promulgués en Algérie pour encadrer l'exploitation et la protection des entreprises minières et des sites industriels dans le but de préserver la santé publique et l'environnement . (19)

Le décret exécutif n° 2012-187 du 25 avril 2012 modifiant et complétant le décret exécutif n° 2004-196 du 15 juillet 2004 concernant l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source stipule que l'exploitation commerciale de ces eaux doit suivre les étapes suivantes : (25)

I.6.2. Recherche des EMN et des ES et la reconnaissance de leur qualité :

Seules les eaux ayant fait l'objet d'une procédure de reconnaissance de leur qualité décrit dans l'article 9 peuvent être exploitées à des fins commerciales. Cette procédure implique l'identification des caractéristiques des eaux minérales naturelles (EMN) et des eaux de source (ES).

Le demandeur soumet au ministre chargé des ressources en eau trois exemplaires du dossier intitulé « demande de reconnaissance de la qualité des eaux minérales naturelles et des eaux de source ».

Ce dossier est examiné par une entité appelée « Commission permanente », établie auprès du ministre chargé des ressources en eau selon l'article 7, chargée de vérifier les différents documents et analyses conformément à l'article 14.

Suite à cet examen, si la qualité de l'eau minérale naturelle ou de l'eau de source est confirmée, le ministère chargé des ressources en eau approuve par arrêté la reconnaissance de cette qualité, et détermine également la classification de l'eau minérale naturelle ou de l'eau de source qui est décrit dans l'article 15.

I.6.3. Concession pour l'exploitation commerciale des eaux minérales naturelles et des eaux de source :

Le titulaire d'un arrêté reconnaissant la qualité de l'eau adresse une demande de concession en trois exemplaires au ministre chargé des ressources en eau, conformément à l'article 21. Cette demande est approuvée par le ministre au moyen d'un arrêté, qui inclut l'approbation du cahier des charges particulières, selon l'article 18.

I.6.4. Surveillance et contrôle des eaux minérales naturelles et des eaux de source :

La surveillance des eaux minérales naturelles (EMN) et des eaux de source (ES) comprend le contrôle de leur stabilité et de leur qualité, ainsi que celui des installations de captage et de conditionnement de ces eaux décrit dans l'article 22.

Les contrôles de la qualité de l'eau à tous les niveaux de la production doivent être effectués, avec le traitement des éventuelles variations constatées dans les caractéristiques de l'eau. Ces variations peuvent entraîner la modification du classement de l'eau, la suspension ou la résiliation de la concession, conformément à l'article 24.

I.7. Traitement des eaux minérales et des eaux de sources :

Les traitements autorisés pour l'eau minérale naturelle et l'eau de source embouteillées sont identiques.

- Des traitements physiques de séparation d'éléments instables ou indésirables par décantation ou filtration.
- L'incorporation ou la dé gazéification du gaz carbonique.
- L'utilisation de techniques exclusivement physiques pour éliminer le gaz carbonique libre.
- L'utilisation d'air enrichi en ozone pour séparer les composés de fer, de manganèse, de soufre et d'arsenic.
- L'élimination des composants indésirables. (26)

Chapitre II : L'emballage alimentaire

II.1. Introduction :

Le chiffre d'affaires mondial de l'industrie de l'emballage dépasse 650 milliards Dollars américains, dont plus de 60 % concernent le secteur alimentaire. En plus de son rôle pour protéger, transporter, stocker et conserver les aliments, l'emballage est devenu un outil fonctionnel de support d'information et de communication indéniablement économique et social. Les produits industriels sont soumis à technologie, réglementation, marketing et environnement, il utilise la forme et les matériaux les plus divers(27).

II.2. Historique :

L'évolution historique de l'emballage alimentaire, comprendre l'origine et la connaissance des matériaux d'emballage.

Les efforts pionniers en matière de développement d'emballages alimentaires peuvent être à la fois informatifs et inspirants, en particulier pour les études en emballage alimentaire et ceux qui travaillent dans le domaine de la conception et du développement d'emballages alimentaires. Industrie de l'emballage alimentaire très complexe.

Les activités d'approvisionnement actuelles de la société moderne sont loin des simples activités d'emballage des temps anciens. Le besoin d'aliments emballés remonte à la préhistoire. En fait, les chasseurs ; es humains préhistoriques enveloppaient leur gibier dans des peaux d'animaux pour faciliter ; Transport d'une part et protection contre les éléments d'autre part. De plus, cette technique rudimentaire a aussi permis de préserver la nourriture plus longtemps. Les premières vagues de déplacement humain semblent justifier ce besoin. Bertolini (1995) souligne aussi l'utilisation de matériaux naturels comme les feuilles et les écorces d'arbres, les pierres creuses et les coquilles au cours de cette période. Vers 6000 ans avant notre ère, l'usage de la calèche, de la céramique, des paniers et de la poterie est apparu (ibid.). Les Égyptiens ont utilisé les premiers récipients en verre à partir de 1500 avant J.-C., puis ce sont les tonneaux qui sont apparus avec les Gaulois et en 1746. Jusqu'à la fin du XIXe siècle, les Anglais ont créé le premier produit emballé sous marque à partir de la poudre antipyrétique (Bertolini, 1995 ; Duriez, 2015) : Le verre, les métaux, le papier, et bien d'autres matériaux étaient prédominants (Urvoy et Sanchez, 2007). L'essor des matériaux modernes et pratiques : le plastique se combine avec les innovations du XXe siècle (Duriez, 20 15).(28)

Tableau XII: Repères de l'histoire de l'emballage alimentaire

Dates	Repères
1809	Nicolas Appert découvre le procédé de conservation par la chaleur des denrées alimentaires contenues dans des bocaux en verre.
1810	Le procédé est appliqué à des boîtes en fer blanc (boîtes de conserve).
1858	L'Américain Mason crée le couvercle métallique à vis pour les pots en verre.
1871	Jones (Etats-Unis) invente le carton ondulé.
1883	Stilwell (Etats-Unis) commercialise les premiers sacs en papier.
1885	Painter (Etats-Unis) dépose le brevet de la première capsule de bouteille jetable.
1934	L' American Can Company commercialise les premières « boîtes boissons » ancêtres des canettes pour la brasserie américaine Kru eger.
1951	Invention en Suède de l'ancêtre du Tetrapak: emballage tétraédrique jetable en papier plastifié
1969	Après Lesieur en 1960, Vittel commercialise ses premières maxibouteilles rondes en PVC (polychlorure de vinyle).
1976	Pepsi-Cola vend ses premières bouteilles en PET (polyéthylène).
2000	Apparition du Doy pack: sachet en plastique souple tenant debout.
2005	Le fabricant Tetrapak lance le Tetrapak Wedge Aseptic Clear: emballage transparent.

Sources (11) : ONS: Office National des Statistiques [Internet]. Disponible sur: <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique285>

II. 3. Définition :

Un emballage est défini comme tout objet, quel que soit le matériau dont il est constitué, qui a pour but de contenir, de protéger, de permettre la manutention et le transport des marchandises, de les présenter et de garantir leur sécurité.(29)

On entend par « Emballage » un matériau de conteneur secondaire ou tertiaire qui permet de protéger contre les influences extérieures et d'assurer un entretien et un stockage adéquats (codex alimentarius) (30)

Les fabricants proposent des emballages alimentaires adaptés aux contraintes des différents métiers de la bouche : sacs kraft, papier mousseline, boîtes en carton pour paniers-pâtisseries, plats en aluminium, pellicule d'étanchéité pour boucherie-charcuterie. Pour les professionnels des collations, nous trouvons des tasses, des plateaux à salade, des films alimentaires qui satisfont aux normes pour les matériaux et les objets en contact avec les aliments.

On peut trouver l'emballage de vente (ou emballage primaire), l'emballage groupé (ou emballage secondaire) , l'emballage de transport (ou emballage tertiaire), et l'emballage quaternaire .(28)

- **L'emballage de vente** : L'emballage primaire le plus important est celui qui est en contact direct avec le produit, comme une boîte métallique, une bouteille en verre, un sachet ou une pochette en plastique. Il joue un rôle essentiel dans la protection du produit. En général, le consommateur achète des emballages primaires dans les supermarchés.
- **L'emballage groupé** : Il existe un lien entre le type et la taille de l'emballage secondaire et le nombre d'emballages primaires qu'il contient. Par exemple, une pochette en plastique peut contenir des bonbons ou des biscuits emballés en dose unique.
- **L'emballage de transport** : Il s'agit d'un ensemble d'emballages secondaires qui facilitent les échanges nationaux et internationaux, comme les palettes, les sangles, etc. En d'autres termes, il représente le nombre précis d'emballages secondaires mis sur une palette pour occuper l'espace de manière économique.
- **L'emballage quaternaire** : Un emballage quaternaire facilite le traitement des emballages tertiaires et est généralement un grand conteneur métallique (jusqu'à 40 m de long) qui peut contenir de nombreuses palettes lors du transport en bateau ou en train.

II.4. Les différents types d'emballage :

Il y a cinq matériaux d'emballage : Papier, Plastique, Verre, Métal et Bois (Palettes). Une sixième catégorie inclut les composites : quand l'emballage est fabriqué à partir d'un mélange de matériaux multiples. Exemple : cartons de papier et de lait en plastique (multicouches) ou

emballages aseptiques (cartons de jus de fruits fabriqués à partir de papier, de plastique et d'aluminium).(31)

- **Le papier-Carton :**

L'industrie de l'emballage papier-carton fait appel à un matériau naturel et renouvelable :

La fibre de cellulose est utilisée pour fabriquer du papier ou du carton, ou de la cellulose moulée. On obtient cette matière première à partir de sous-produits de l'exploitation des forêts, que l'industrie valorise, ou de produits papier-carton usagés récupérés, ménagers, industriels ou commerciaux, en réutilisant les fibres, on peut prolonger l'usage de la ressource en fabriquant de nouveaux emballages.

Un projet circulaire d'exploitation durable : La quasi-totalité de ses produits est recyclée et transformée en de nouveaux emballages, ce qui facilite les échanges dans une économie mondialisée.

Les nombreuses variantes du matériau papier-carton d'emballage permettent de satisfaire les besoins spécifiques comme généraux des entreprises et des particuliers[figure 01].(32) .

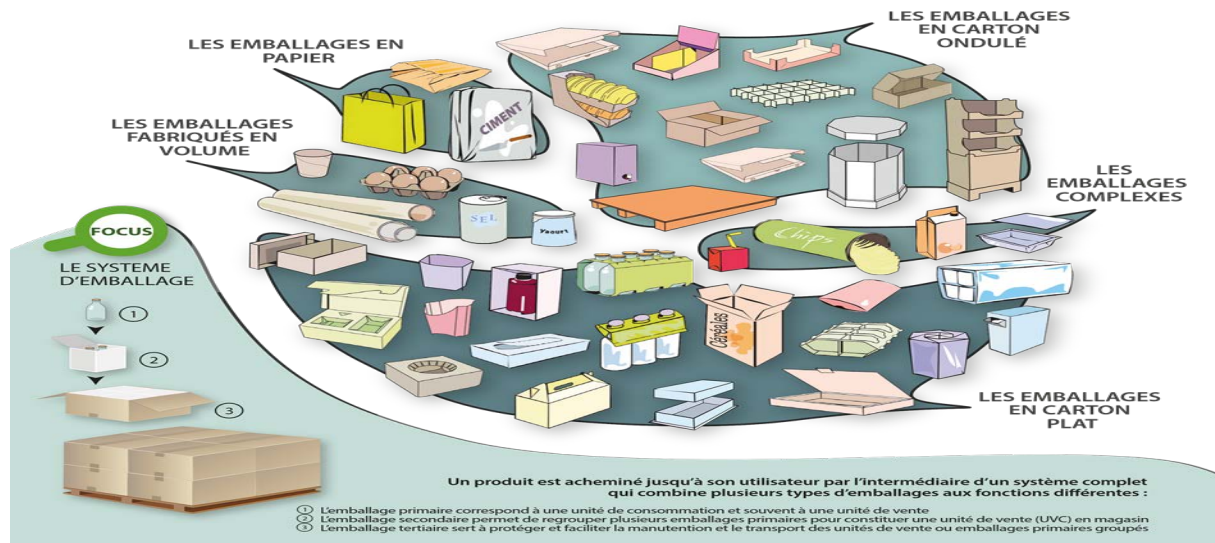


Figure 3 : Les différents emballages en papier-carton .

- **Le verre :**

Cette qualité exceptionnelle le rend incontournable dans le domaine des matières d'emballage : avec une bouteille, on peut reproduire exactement la même bouteille. En termes économiques et écologiques, ce cycle perpétuel présente de nombreux avantages, c'est pourquoi nous devons le recycler.

Le verre est durable, inerte, hygiénique, malléable, plastique et naturel. Pour cette raison, il demeure un emballage essentiel pour les boissons et les aliments. C'est pourquoi les consommateurs européens choisissent clairement le conditionnement en verre.(33)

- **Le bois :**

Trois (03) familles distinctes recouvrent les différentes caractéristiques du produit.

- 1- Les emballages en bois légers sont principalement utilisés pour les produits alimentaires.
- 2- Offre d'emballage industriel et de meuble en bois.
- 3- Les palettes et caisses-palettes bois.

L'emballage en bois est l'emballage de l'avenir c'est-à-dire : Bois Matériaux renouvelable ;Faible impact environnemental Impact sur l'environnement ;Besoins des utilisateurs et Utilisateurs et Consommateurs France L'industrie Compétitivité.(34)

- **Le métal :**

Les matériaux d'emballage à base de métal offrent d'excellentes propriétés de barrière et sont donc largement utilisés dans les applications d'emballage alimentaire. Ils sont utilisés dans une variété de formes d'emballage et comme fermetures, telles que les bouteilles en verre et les boîtes de conserve composites. Les métaux ne sont pas inertes pour les aliments et doivent être recouverts d'une laque protectrice pour éviter l'interaction métal-aliment et la migration des composants métalliques. Les matériaux d'emballage métalliques ont un faible potentiel de réchauffement de la planète et sont hautement recyclables. Ils sont plus faciles à trier.(35)

Selon le journal officiel Algérienne : les emballages métalliques rigides avaient quatre types normal, floche, bombé et fuité. (36)

- **Le plastique :**

Les emballages plastiques sont utilisés dans tous les secteurs industriels, la distribution et la logistique .(37)

Type des emballages	Avantages	inconvénients	Utilisation
Le papier-Carton	Matière de base renouvelable. Léger. Ouverture et fermeture facile. Produit recyclable à moindre cout	Sensible à l'humidité. Matériau non étanche. Image vieille	Principale matériau pour emballage de transport
Le verre	Se recycle à l'infini sauf verre vert. Se nettoie très bien Utilisable au four. Matériau ne peut pas fixe les bactéries	Cassable. Danger de se coupe si brisé. Pas innovation.	Bouteille Condiments confiture
Le bois	Image de nature Matière première renouvelable Fabrication non polluante	Poids Innocuité Peu flexibilité dans les formes et les usages	Palette et caisses palettes Ouvrages de tonnellerie
Le métal	Protection des aliments Résistance Non cassable	Produit emballé dans du métal perçu comme une commodité Pas de bonne solution pour refermer le contenant	Cannettes Boite de conserve
Le plastique	Facilement à transporter Sécurité par rapport au verre PET recyclable	Ressource non renouvelable Temps de décomposition (100 à 400 ans)	Emballage jetables pour les services alimentaires Emballage du bouteilles, boissons,

II.5. Rôle technique de l'emballage alimentaire :

Les emballages alimentaires ont plusieurs fonctions :

- Conservation/protection ; Protéger le produit et protéger le produit de l'environnement extérieur, par exemple.
- Fournir des informations sur les exigences légales et obligatoires, fournir des informations relatives aux caractéristiques du produit, afin d'éviter toute mauvaise utilisation.
- Simplifier le transport, l'utilisation et la préparation des produits.
- Optimiser le processus de conditionnement du produit.
- Garantir sa visibilité et promouvoir les valeurs de la marque de l'entreprise.
- Se valoriser facilement en fin de vie. (38)

Il y a d'autres rôles apparus comme le rôle marketing : Dans un marché de plus en plus concurrentiel, l'emballage est devenu l'outil de communication le plus stratégique pour tous les biens de consommation. Premier point de contact avec les consommateurs et souvent premier emballage conçu, l'emballage est un véritable défi de communication.(39)

Même le meilleur produit bénéficiant du meilleur conditionnement peut se voir ignorer si:

- Le positionnement des différents éléments de communication transmettre une multitude de messages pouvant être positifs ou négatives à l'image souhaitée.
- Il n'a pas transmis le bon message
- Il n'attire pas l'attention

Un bref représente un condensé des éléments d'informations nécessaires à l'élaboration d'un emballage et d'un message efficace.

Parmi les critères d'évaluation de l'emballage, nous citons :

- **Visibilité** : le produit capte l'attention des yeux
- **Personnalité** : L'emballage donne une idée juste et complète du produit
- **Différenciation** : Le produit permet de se distinguer des produits concurrents
- **Attirance** : Le produit être excité l'intérêt il est désirable
- **Lisibilité** : La lecture, les communications elles sont faciles(39)

II.6. Les interactions entre emballage et aliments :

Le contrôle de l'interaction entre les matériaux d'emballage et les denrées alimentaires fasse l'objet d'un développement constant dans un nouveau domaine, il n'en reste pas moins qu'il y a toujours du nouveau dans ce domaine. Les réactions impliquées (absorption, perméation, migration) et les facteurs influençant l'ampleur du phénomène sont décrits dans cette étude théorique :

La grande majorité des plastiques d'emballage est fabriquée à partir de cinq polymères : le polyéthylène (PE) basse et haute densité pour 50 %, le polypropylène (PP), le polyéthylène téréphtalate (PET), le polychlorure de vinyle (PVC) ainsi que le polystyrène (PS). Des adjuvants sont ajoutés à ces polymères pour améliorer ou ajuster leurs propriétés (stabilité, souplesse, teinte,...). Plusieurs phénomènes physico-chimiques sont susceptibles de modifier la qualité des aliments :

- La physisorption (ou adsorption de surface) qui résulte principalement d'une attraction de charges entre un composé présent dans l'aliment et la surface interne de l'emballage ;
- La chimisorption (ou absorption de produits présents dans l'aliment) qui, au sein du polymère, se traduit par une dissolution plus ou moins importante en rapport avec les coefficients de partage des produits considérés, ce qui peut conduire à un gonflement du matériau plastique ;
- La perméation qui correspond à la pénétration en profondeur dans la matrice polymérique d'un ou plusieurs constituants de l'aliment pouvant aller jusqu'à la transpercer (elle concerne notamment les substances très volatiles comme les gaz dont la vapeur d'eau)
- La migration de composants du matériau plastique vers l'aliment dont la toxicité peut éventuellement ne pas être négligeable. (40)
- **Les migrants potentiels :** Toutes les substances contenues dans les matériaux d'emballage sont susceptibles de migrer dans les denrées alimentaires. Toutefois, seules les substances potentiellement migrantes dont la masse molaire est inférieure à 1000 g/mol peuvent présenter un risque pour la santé. Potentiel élevé de risque pour la santé. En effet, La Comité scientifique de l'alimentation humaine de la Commission européenne estime que les molécules ayant une masse molaire plus élevée sont moins susceptibles d'être assimilées dans le tractus gastro-intestinal.

La classification des migrants potentiels en trois catégories facilite l'évaluation des risques pour la santé :

- Réactifs et produits de polymérisation.
- Additifs de polymères.
- Migrants n'appartenant à aucune des catégories ci-dessus et ne pouvant être prédits.

Ces interactions se basent sur plusieurs facteurs comme ; Le coefficient de diffusion, la solubilité dans le polymère, le coefficient de partage, le transfert à l'interface et l'accessibilité de migrant.

1. **Coefficient de diffusion** : Il mesure la vitesse à laquelle les molécules d'une substance se déplacent à travers un matériau. Dans le cas des emballages alimentaires, il indique la facilité avec laquelle les composés peuvent migrer de l'emballage vers les aliments ou vice versa.
2. **Solubilité dans le polymère** : Cela fait référence à la capacité d'une substance à se dissoudre dans le matériau de l'emballage en raison de similitudes chimiques ou de compatibilité. Une haute solubilité peut favoriser la migration des substances de l'emballage vers les aliments.
3. **Coefficient de partage** : C'est la mesure de la distribution d'une substance entre deux phases immiscibles, telles que le matériau de l'emballage et les aliments. Un coefficient de partage élevé peut entraîner une migration accrue des composés vers les aliments.
4. **Transfert à l'interface** : Il décrit le mouvement des composés à travers l'interface entre l'emballage et les aliments. Ce processus peut être influencé par la composition chimique et les propriétés physiques de l'emballage ainsi que par les caractéristiques des aliments.
5. **Accessibilité des migrants** : Cela concerne la capacité des composés migrants à être libérés de l'emballage et à entrer en contact avec les aliments. Des facteurs tels que la perméabilité, la porosité et l'épaisseur de l'emballage peuvent influencer cette accessibilité. (41).

II.7. L'emballage en matière plastique :

II.7.1. Historique :

Bien que les matières plastiques soient considérées comme des matériaux modernes, elles ont une histoire d'un siècle et demi. La découverte en 1839 du procédé de vulcanisation (réticulation au moyen de soufre) permit le développement industriel du caoutchouc et de ses applications (pneus, amortisseurs, ...). Il faut attendre encore trente ans pour voir apparaître un autre matériau au niveau industriel : le Celluloïd. Celui-ci est considéré comme la première matière plastique commercialisée. Il a été inventé à l'occasion d'un concours qui avait pour but de trouver un matériau de substitution à l'ivoire naturel, jusqu'alors utilisé pour fabriquer les boules de billard. C'est réellement à partir des années 30 que la majorité des polymères (thermoplastiques et thermodurcissables) est caractérisée et fabriquée en quantité industrielle.

Depuis, la synthèse de nouvelles macromolécules n'a jamais cessé, adaptant l'offre aux applications les plus diverses et gagnant ainsi de nouvelles parts de marchés sur les matériaux dits traditionnels, comme le montre le graphique ci-dessous : (37)

Progression de la production

500

134 Mt

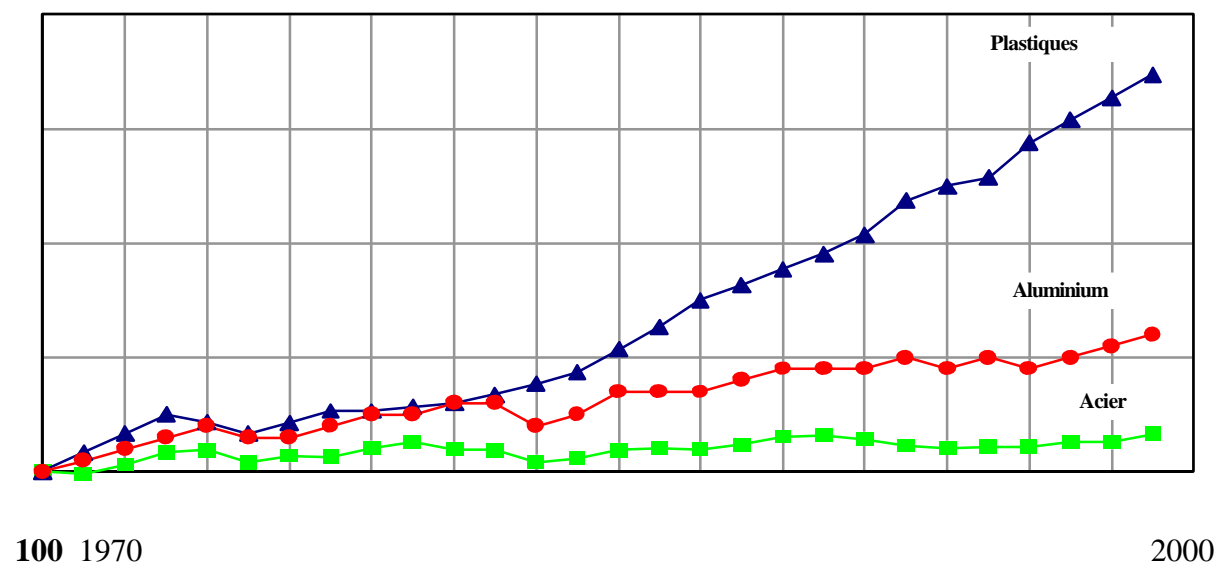


Figure 4 : Evolution de la production mondiale des matières plastiques, acier et aluminium depuis 1970

II.7.2. Définition :

« Matière plastique, le plastique : n.m. Matière synthétique constituée de macromolécules et qui peut être moulée ou modelée. » (Définition du Petit Robert)

Sous la désignation « plastique » figurent aujourd'hui de nombreux objets aussi différents qu'une bouteille d'eau, une gouttière, un sac poubelle ou des fleurs artificielles.

Cette énumération d'objets pourrait être encore élargie puisque les matières plastiques ne représentent qu'une partie des matériaux macromoléculaires encore appelés **polymères**. Ainsi, les tissus synthétiques (Nylon, polyesters, acryliques, ...), le revêtement en Téflon® des ustensiles de cuisine ou les colles et peintures font également partie des matériaux rassemblés sous la dénomination « polymères ».(37)

II.7.3. Caractéristique :

Les propriétés des matières plastiques varient d'un type de plastique à l'autre. Toutefois, les matières plastiques présentent certaines propriétés générales intéressantes qui expliquent leur utilisation répandue dans la fabrication d'objets techniques.

- Légèreté.
- Résistance à la corrosion (rouille).
- Peut-être moulé par la chaleur ou la pression.
- Excellente durabilité.
- Haute isolation thermique et électrique.
- Très solide.
- Économique.(42)

II.7.4. Types et composition :

Il existe trois grandes familles de matières plastiques :

Les thermoplastiques : ils sont formables à chaud sans modification chimique. Le polyéthylène, le polypropylène, le polychlorure de vinyle et le polystyrène sont des thermoplastiques (voir le schéma des modes de fabrication). En France, plus de 90 % de la production de matières plastiques porte sur les thermoplastiques dont 80 % sur les trois thermoplastiques : polyéthylène (PE), polypropylène (PP) et polychlorure de vinyle (PVC).(43)

Tableau XIII : Les thermoplastiques

Types de thermoplastiques	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Acrylonitrile butadiène styrène (ABS)	Rigidité, légèreté, résilience	Tuyauterie, brique Lego
Polychlorure de vinyle (PVC)	Rigidité, dureté, non-flottaison	Tuyau de canalisation, recouvrement
Polycarbonate (PC)	Grande transparence, résistance aux chocs	Vitre de phare automobile, casque de moto, CD et DVD
Polypropylène (PP)	Légèreté, rigidité ou souplesse selon la forme, transparence, flottaison	Tableau de bord, emballage alimentaire
Polystyrène (PS)	Légèreté, isolant thermique	Boîtier de CD, couvercle de plastique, emballage alimentaire, isolant
Polyamide (PA)	Résistance, imperméabilité, légèreté, flexibilité	Toile de parachute, vêtement
Poly méthacrylate de méthyle (PMMA)	Propriétés optiques exceptionnelles, résistance à la corrosion et aux rayons UV, légèreté	Fabrication de vitres, hublot, parois d'aquarium
Polyéthylène (PE)	Malléabilité, faible rigidité, résistance	Sac d'épicerie, sac poubelle, bouteille, contenant
Polyesters linéaires (PET)	Dureté, résilience	Fibre synthétique pour les vêtements, bouteille, contenant

Source(45) : Alloprof [Internet]. Les matières plastiques. Disponible sur: <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-matieres-plastiques-s1550>

Les thermodurcissables : ils sont formables à chaud avec modification chimique. Les phénoplastes, aminoplastes et les résines époxydes sont des thermodurcissables.(43)

Tableau XIV : Les thermodurcissables

Types de thermodurcissables	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Aminoplastes (MF et UF)	Résilience, résistance à la chaleur et à la corrosion	Vaisselle en plastique, revêtement de plancher, panneau décoratif
Phénoplastes (PF)	Dureté, isolant thermique et électrique	Boîtier d'objets divers, poignée de casserole, isolant en électricité et en aéronautique
Polyesters réticulés (UP)	Dureté, résilience, résistance mécanique, isolant électrique	Coque de bateau, canne à pêche, piscine hors-terre

Source(45): Alloprof [Internet]. Les matières plastiques. Disponible sur: <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-matieres-plastiques-s1550>

Les élastomères : Les élastomères sont des matières plastiques possédant les propriétés du caoutchouc naturel, à savoir une élasticité et une extensibilité élevées.(42)

Tableau XV : Les élastomères

Type d'élastomère	Propriétés mécaniques	Exemples d'utilisation
Polychloroprène (CR) (Néoprène)	Élasticité, résistance mécanique, résilience, isolant thermique	Adhésif, combinaison de plongée, vêtement en néoprène
Élastomère de silicone	Élasticité, résistance mécanique, résilience, isolant électrique et thermique	Isolant thermique et électrique utilisé en construction
Caoutchouc butadiène-styrène	Résilience, résistance mécanique, isolant électrique et thermique	Caoutchouc synthétique, pneu, élastique

Source (45) : Alloprof [Internet]. Les matières plastiques. Disponible sur: <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-matieres-plastiques-s1550>

- La différence entre Les thermoplastiques, Les thermodurcissables et Les élastomères :

Les thermoplastiques deviennent souples sous l'effet de la chaleur et peuvent être remaniés, tandis que les thermodurcissables durcissent de façon permanente lorsqu'ils sont chauffés. Les élastomères, quant à eux, sont des polymères souples, similaires au caoutchouc. Leur distinction réside dans les caractéristiques de leurs liaisons moléculaires.(44)

Chapitre III : Phtalates

III.1. Définition :

Les phtalates sont des familles qui englobe les sels et les esters de l'acide phtalique, également connu sous le nom d'acide benzène1,2-dicarboxylique, ou acide o-phtalique, combinés à des alcools à chaînes linéaires ou ramifiées. (45) (46)

Ces substances sont des liquides incolores, peu volatils et pratiquement inodores, et sont principalement utilisées comme plastifiants dans une variété de matériaux plastiques. Bien qu'ils partagent une structure de base commune, leur distinction réside dans les chaînes latérales R1 et R2.

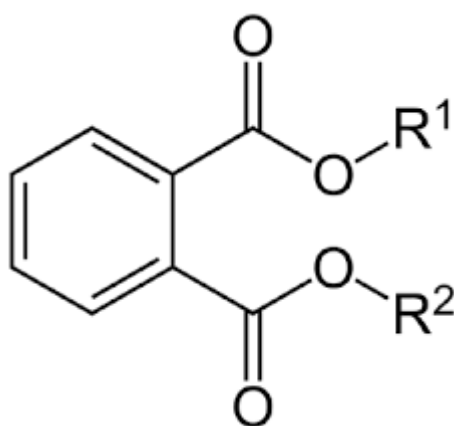


Figure 5 :Structure de phtalate

Les phtalates jouent actuellement un rôle important dans l'industrie et sont produits à grande échelle. Pendant longtemps, le DEHP a été le phtalate le plus largement utilisé, mais d'autres comme le DiBP, le DBP et le BBP ont également été produits et utilisés en quantités significatives. Cependant, ces dernières années, l'industrie a commencé à les remplacer par des alternatives considérées comme moins nocives, telles que le DiNP et le DiDP, qui possèdent des chaînes latérales plus longues, ou des substitués "non-phtalates" (voir la section sur les substitués) .(45)

Les phtalates sont principalement utilisés comme plastifiants, en particulier dans le PVC et d'autres matières plastiques. Leur ajout confère aux plastiques rigides la souplesse, l'extensibilité et l'élasticité recherchées. Ils sont largement employés dans la fabrication de films plastiques, de bâches, de revêtements de sol, de tuyaux, de câbles, de peintures, de vernis, ainsi que dans les produits cosmétiques comme les vernis à ongles et les laques capillaires. En outre, les phtalates sont utilisés comme lubrifiants non gras, agents antimousses et solvants, et comme

fluides porteurs dans les pesticides, les cosmétiques et les parfums. Ils servent également d'excipients dans la fabrication de certaines gélules pharmaceutiques à libération retardée.(45)

III.2. Production et utilisation des phtalates :

III.2.1. Production :

En 2015, environ 6 millions de tonnes de phtalates ont été produites à l'échelle mondiale. Ces composés sont utilisés dans une variété de produits courants tels que les adhésifs, les peintures, le caoutchouc, et bien d'autres encore.(47)

III.2.2. Utilisation :

- Utilisation comme plastifiante :

Les phtalates sont des substances chimiques largement utilisées comme plastifiants dans de nombreux produits industriels et de consommation, tels que le PVC, les articles de soins personnels, les jouets, les dispositifs médicaux et les emballages alimentaires.(48)

- Autre utilisation :

On peut trouver les phtalates dans divers produits de consommation courante comme :

- Revêtement de sol : BBP, DiNP, DEHP.
- Câble électrique.
- Garniture de voiture.
- Produits de construction.
- Papeterie.
- Et peuvent être incorporés dans les ancrs, peintures, pigments, les adhésives.
- Ils sont utilisés aussi en cosmétologie dans les parfums, les vernis à ongles, les lacs ..(46)

III.3. La toxicité des Phtalates :

III.3.1. Exposition humaine au phtalates :

L'exposition humaine aux phtalates peut se produire par diverses voies, notamment cutanées, intraveineuses, digestives et respiratoires. Les phtalates, en particulier le DEHP, sont

couramment présents dans les dispositifs médicaux, les crèmes/lotions et les produits de premiers secours, le DEHP étant le principal phtalate lixivié par les fournitures médicales.(49)

L'ingestion d'aliments dont l'emballage contient des phtalates reste une voie significative d'exposition pour le grand public .(50)

L'expertise collective de l'Institut Français de la Santé et de la Recherche Médicale indique que la principale source d'exposition aux phtalates pour la population générale est l'ingestion d'aliments ayant été en contact avec des emballages contenant ces substances, représentant près de 90% de l'exposition totale. Cette exposition concerne surtout les phtalates de masse moléculaire élevée en raison de leur caractère lipophile. (50)

III.3.2. Toxicocinétique :

Le niveau de toxicité des phtalates dépend du type de composé(51).

Des études Toxicocinétique ont été menées sur diverses espèces pour évaluer les effets des phtalates selon différentes voies d'exposition, notamment l'ingestion, l'inhalation et l'absorption cutanée. Cependant, les données sur l'homme sont limitées, et les résultats des études animales ne peuvent pas toujours être extrapolés à l'homme.(52)

Chez les rongeurs, il est généralement admis que les phtalates, sous forme de diesters, sont fortement hydrolysés par des estérases non spécifiques présentes dans le tissu intestinal lors de l'administration par voie orale. Ils sont ensuite presque entièrement absorbés sous forme de monoesters. Des études sur les rats ont montré une absorption rapide dans le tractus gastro-intestinal, avec jusqu'à 50 % de la dose ingérée absorbée. Cependant, chez l'homme, l'absorption est plus lente. Peu d'informations sont disponibles sur l'absorption par inhalation, mais certaines données suggèrent une absorption possible sous forme d'aérosol.(52)

L'absorption cutanée des phtalates semble être limitée, avec seulement 2 à 5 % de la dose appliquée absorbée. Des études in vitro ont montré que cette absorption cutanée est encore plus faible chez l'homme que chez le rat. Une fois absorbés, les monoesters sont distribués dans divers tissus sans accumulation significative. Ils sont principalement métabolisés dans le foie par une série d'oxydations. L'excrétion se produit principalement par l'urine, parfois par les fèces, sous forme de métabolites libres ou conjugués à des glucuronides.(52)

Tableau XVI : Données synthétisées de la toxicocinétique des 6 principaux phtalates :

Absorption

Substance	Monoesters	Absorption		
		Ingestion	Cutanée	Inhalation
DBP	MbuP	- Chez le rat, bonne absorption par le tractus gastro-intestinal après hydrolyse en MBuP. (1)	- Chez le rat, lente absorption par la peau qui constitue un réservoir. - In vitro, la peau humaine est beaucoup moins perméable au DBP que celle du rat (1)	NR
BBP	MBuP, MBeP (métabolite principal pour l'espèce humaine)	- Chez le rat, rapide et large absorption par le tractus gastro-intestinal. - Absorption par l'intestin limitée à dose massive (2 g/kg). (1)	- Chez le rat, lente pénétration percutanée (1)	NR
DnOP	MnOP	- Rapide métabolisation et absorption sous forme de monoester. (1)	NR	NR
DINP	MINP	- Chez le rat, absorption estimée à au moins 46 à 56 % de la dose ingérée (administrations aiguës ou répétées, de 50 à 500 mg/kg). (1)	- Absorption cutanée lente : 2 à 4 % d'une dose appliquée sur de la peau de rat absorbée en 7 jours (de 0,3 à 0,6 % par jour). (1) - Des études comparatives in vitro ont montré que l'absorption cutanée chez l'homme est encore plus faible. (2)	- Pas de données disponibles mais par analogie avec le phtalate de diisodécyle, certains pensent que l'inhalation sous forme d'aérosols n'est pas à exclure. (2)
DIDP	MIDP	- Diminution rapide de l'absorption avec la dose : 56 % à 0,1 mg/kg, 32 % à 11,2 mg/kg et 17 % à 1 g/kg. (1)	- Absorption par voie cutanée très lente : environ 2 à 4 % de la dose appliquée est absorbée en 7 jours, la majorité restant au site d'application.	- Absorption des poumons vers l'organisme estimée à 75 % (étude par inhalation : aérosols). Une fraction non négligeable (27%

				de la quantité initialement présente) est encore détectée dans les poumons après 72h. (1)
DEHP	MEHP et EH	- Absorption estimée à 50 % jusqu'à environ 200 mg/kg chez le rat, le singe et l'homme adulte. (1)	- Passage percutané très limité : estimé à 5 % chez l'homme. (1) - Chez les rongeurs, absorption d'environ 20% de la dose appliquée. Une étude in vitro a montré que l'absorption cutanée du DEHP est 4 fois plus importante chez le rat que chez l'homme. (2)	- Absorption pulmonaire montrée chez l'homme et le rat mais non quantifiée. (2)

NR : Non Renseigné (1) Laudt-Hesbert et al., 2004 ; (2) FT INRS

Source (52) « Almeras C, Cancan Y, Gereec V, Millet M. Projet PERSAN- Les Phtalates- 2010 »

Tableau XVII :Données synthétisées de la toxicocinétique des 6 principaux phtalates :Distribution / Métabolisation / Elimination

Subst.	Distribution	Organes cibles	Métabolisation	Elimination
DBP	- Non présent dans le plasma et les urines. (1) - Passage transplacentaire du DBP et de ses métabolites mis en évidence chez le rat. (2)	Foie et testicules	- Acide phtalique (en faibles quantités), dérivés oxydés du MBuP, MBuP et son glucuroconjugué (métabolite principal). (1) - Pour la voie cutanée, le MBuP et son glucuroconjugué forment environ 66 à 70 % des métabolites. (1)	- 80 à 90 % du DBP ingéré par des rats ou des hamsters sont éliminés dans les urines en 48 heures. (1) - Pour la voie cutanée, chez le rat, environ 10 à 12 % de la dose appliquée est excrétée par jour dans les urines. (1) - 7 jours après l'exposition cutanée, près de 60% de la dose administrée a été retrouvée dans les urines et seulement 12% dans les fèces. (2)
BBP	NR	NR	NR	- 61 à 71 % de la dose administrée éliminée en 24 h dans l'urine. - Chez l'homme : 78 % de la dose retrouvée dans les urines sous forme de MBeP et 6% sous forme de MBuP dans les premières 24h. Pour la voie cutanée, seulement 30 % d'une dose appliquée sur la peau est excrétée dans les urines et

				les fèces en 7 jours, le reste étant principalement retrouvé au site d'application. (1)
DnOP	- Présence dans les testicules de MnOP. (1)	NR	MnOP, acide phtalique et dérivés oxydés du MnOP (métabolites mineurs) ont été détectés dans les urines, mais pas le DnOP. (1)	- Chez le rat, 31 % de la dose (0,2 ml) excrétée en 48h dans les urines sous forme de MnOP et de ses métabolites ; pas de trace de DnOP. (2)
DINP	- Après ingestion, présence majoritairement dans le foie, les reins et le sang, et en faible quantité dans les testicules et les graisses. (1) - Après une exposition cutanée, les muscles, le tissu adipeux et le foie contiennent la majeure partie résiduelle. (2)	Foie	- Produits d'oxydation du MINP et acide phtalique ; DINP et MINP présents seulement à l'état de traces. - Les concentrations en métabolites sont maximales 2 à 4h après l'administration puis elles diminuent rapidement. (1)	- Environ 35 à 50 % de la dose administrée est excrétée dans les urines en 24h (traitement aigu, de 50 à 500 mg/kg), le reste est éliminé dans les fèces. (1)
DIDP	- Tractus gastro intestinal, foie et rein.	Foie	- Acide phtalique et dérivés du phtalate de monoisodécyle (MIDP) oxydés sur la chaîne latérale sont détectés dans	- Rapidement éliminé (moins de 1% encore présent dans les tissus après 72h). À dose faible (0,1 mg/kg), environ la moitié de la dose

	les urines, mais ni administrée est excrétée le DIDP, ni le dans les urines en 72h. Le MIDP. Variation reste est retrouvé dans les des proportions fèces. (2) - On retrouve, avec la dose. (1) - dans les urines DIDP et MIDP principalement, les retrouvés dans les produits d'oxydation du fèces. (1) - Pour la MINP et de l'acide voie cutanée, la phtalique (DINP et MINP majeure partie de la présents uniquement à dose absorbée se l'état de traces). (2) - Une retrouve dans les excrétion biliaire a muscles et les tissus également été montrée et adipeux. Toutefois, la possibilité du passage après 7 jours, le dans le lait n'est pas produit ne se exclue. (2) retrouve qu'à l'état de trace. (2)
DEHP - Une fois dans le Foie, - Chez l'homme et - Excrétés sous forme de sang, le DEHP et rein, le singe, les glucuroconjugués chez ses métabolites sont testicules, principaux l'homme (de 66 à 99 %) largement muscles, métabolites et le singe adulte. - Les distribués dans tout poumons urinaires sont le métabolites sont l'organisme. - Le et cœur MEHP et un alcool rapidement éliminés dans MEHP passe dans dérivé de les urines et les fèces. Le le lait maternel et l'hydroxylation de DEHP inchangé n'a été traverse le placenta la chaîne latérale détecté dans les urines du rat. éthylhexyle. d'aucune espèce. (1)	

NR : Non Renseigné (1) Laudt-Hesbert et al., 2004 ; (2) FT INRS

Source (52)(Almeras C, Cancan Y, Gereec V, Millet M. Projet PERSAN- Les Phtalates- 2010).

III.3.3. Toxicodynamique :

Les phtalates ne provoquent généralement pas d'irritation cutanée, oculaire ou des voies respiratoires, et ils ne sont pas non plus allergisants (52) .Le DEHP est plus toxique que les autres phtalates.(51)

III.3.3.1. Toxicité aiguë :

La toxicité aiguë des phtalates est minime. Chez les rats, la dose létale pour 50% des animaux testés varie de 2 à 60 g/kg lorsqu'administrée par voie orale. Néanmoins, des effets nocifs sur la santé humaine, tels que des dommages gastro-intestinaux, rénaux et oculaires, ont été constatés après l'ingestion accidentelle de 150 mg/kg de DBP.(53)

III.3.3.2. La toxicité chronique :

Les phtalates sont des perturbateurs endocriniens reconnus. En cas d'administration chronique, ils ont été associés à des effets néfastes sur le foie, les reins et le système reproducteur. Ces impacts peuvent varier en fonction de l'Esther de phtalate utilisé.(52)

L'OMS définit les perturbateurs endocriniens comme des substances ou des mélanges exogènes susceptibles d'induire une perturbation endocrinienne chez des organismes intacts, leur progéniture ou des (sous-)populations. Ces perturbations sont classées en deux catégories : la catégorie 2a pour les substances dont les propriétés de perturbation endocrinienne sont suspectées, et la catégorie 2b pour les substances dont les propriétés de perturbation endocrinienne sont suggérées.(53)

En perturbant le système endocrinien, ces substances peuvent altérer divers processus, notamment le système reproducteur et la fertilité. Les phtalates, par exemple, peuvent diminuer la fertilité en altérant la qualité du sperme et en déclenchant l'apoptose des spermatozoïdes. De plus, une exposition intra-utérine à ces substances peut entraîner diverses malformations de l'appareil reproducteur masculin, telles que l'atrophie testiculaire, des anomalies de l'épididyme, de la prostate et du canal déférent, une hypoplasie testiculaire, ainsi qu'une masculinisation périnéale, ce qui se traduit par une réduction de la distance inter-anale.(54)

Il est également établi que ces substances ont des effets anti-androgènes, notamment en perturbant la production de testostérone par les testicules du fœtus(55) : Une étude menée par l'équipe de Hannas et al. (2011) a révélé une diminution de la production de testostérone chez

les fœtus exposés aux phtalates, en particulier entre les jours 14 et 18 de la grossesse, avec une relation dose-dépendante. De plus, des recherches sur des animaux femelles ont montré que les ovaires sont affectés par ces substances, notamment le DEHP et le DBP. Des études in vitro ont confirmé que le DEHP et son principal métabolite, le MEHP, réduisent la production d'estradiol par les cellules folliculaires ovariennes, suggérant que l'aromatase pourrait être une cible directe. En outre, d'autres organes comme l'hypophyse, l'hypothalamus, l'utérus et la glande mammaire pourraient également être touchés par les effets des phtalates, comme l'indiquent diverses études in vitro.(56)

- **Effets sur le foie :**

Les effets sur le foie sont communs à tous les phtalates, provoquant une augmentation des organes et une prolifération des peroxyosomes hépatiques chez les rongeurs, conduisant à des tumeurs du foie. Il a été suggéré que les humains sont moins sensibles que les rongeurs aux mécanismes à l'origine des tumeurs du foie.(52)

- **Effets cardiovasculaires :**

Plusieurs études ont montré un lien de causalité entre les esters de phtalate et les facteurs de risque cardiovasculaire, à savoir l'obésité, le diabète de type 2 et l'hypertension.

En ce qui concerne l'obésité, on pense que les esters de phtalate y contribuent en se liant au récepteur nucléaire PPAR γ (récepteur activé par les proliférateurs de peroxyosomes) et en l'activant, et en régulant activement la production d'adipocytes.(56) (15).

Dans le cas du diabète de type 2, les phtalates sont connus pour leur capacité à inhiber la signalisation de l'insuline et à augmenter le stress oxydatif, contribuant ainsi au développement de la résistance à l'insuline. De plus, les phtalates et leurs métabolites ont été associés à l'hypertension artérielle chez les enfants américains âgés de 6 à 19 ans, selon les données de l'Enquête nationale sur la santé et la nutrition entre 2003 et 2008. Une forte corrélation a été observée entre le DEHP et la pression artérielle systolique chez ces enfants, suggérant que chaque augmentation logarithmique des métabolites de DEHP était associée à une augmentation du z-score de la pression artérielle systolique.(57)

- **Génotoxicité :**

Les phtalates ne sont pas considérés comme génotoxiques pour l'homme, les études in vivo et in vitro sur les rongeurs ayant donné des résultats négatifs.(52)

- **Cancérogénicité :**

Le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer), l'EPA (Agence américaine de protection de l'environnement) et l'IRIS (Système international d'information sur les risques) ont classé le DEHP dans le groupe des cancérogènes possibles (B2) pour l'homme .(58)

III.3.4. Toxicité des métabolites :

D'après des études récentes, la toxicité des esters de phtalates semble être étroitement liée à leur métabolisme chez les mammifères. Une cohorte humaine de 269 hommes a montré que des concentrations urinaires de métabolites étaient associées à divers effets néfastes tels qu'une réduction de la mobilité des spermatozoïdes, une baisse des niveaux de testostérone et des dommages à l'ADN des spermatozoïdes. Chez le rat, ces métabolites ont été liés à une inhibition du développement sexuel du fœtus et à une baisse de la production de testostérone. Ces mécanismes semblent similaires à ceux des esters de phtalate eux-mêmes, avec certains monoesters montrant une activité anti androgène. De plus, des marqueurs d'inflammation et de stress oxydatif ont été détectés dans le sérum humain et sont corrélés positivement à certains métabolites. Chez l'homme, une exposition à ces métabolites semble également entraîner une augmentation de l'activité transcriptionnelle des récepteurs PXR, induisant ainsi l'expression d'enzymes impliquées dans le métabolisme des stéroïdes et la détoxification. Certains de ces métabolites sont également connus pour leur potentiel tératogène et leur capacité à activer les récepteurs PPAR δ . Ces recherches soulignent l'importance du métabolisme des esters de phtalates dans leur toxicité et leurs effets sur la santé humaine et animale.(53)

III.4. Réglementation :

III.4.1. Introduction :

Les phtalates sont largement présents dans la fabrication de nombreux produits de consommation, en particulier ceux qui utilisent des matières plastiques comme le PVC. Leurs applications incluent une variété d'articles tels que les matériaux en caoutchouc, les ustensiles en contact avec les aliments, les denrées alimentaires et les boissons, les jouets, les équipements pour bébés, les produits biocides et phytosanitaires, les cosmétiques, ainsi que les éléments architecturaux et décoratifs. Ces dernières années, les phtalates à longue chaîne (>7 atomes de carbone) ont suscité un intérêt croissant. Des recherches récentes ont signalé une diminution notable de l'utilisation des phtalates à chaîne courte, et des réglementations européennes ont progressivement restreint leur utilisation dans divers produits. Actuellement, les esters de phtalates à longue chaîne, non encore réglementés, semblent être envisagés comme une alternative viable aux composés à chaîne courte.(55)

III.4.2. Les denrées alimentaires :

III.4.2.1. Règlementation algérienne :

La règlementation Algérienne au sens du texte réglementaire du JORA N° 69 fixe des spécifications relatives aux objets et matériaux destinés à être mise en contact avec les denrées alimentaires tels que les matières en plastique par arrêtés conjoints des ministres chargés de la protection du consommateur, de l'industrie, de la santé, de l'agriculture, des ressources en eau et de l'environnement qui sont les suivantes (59):

- 1- La liste des substances autorisées pour la fabrication des objets et matériaux.
- 2- Les critères de pureté de ces substances.
- 3- Les conditions particulières d'emploi de ces substances.
- 4- Les limites spécifiques de migration de certains constituants ou groupes de constituants dans ou sur les denrées alimentaires.
- 5- La limite globale de migration des constituants ou groupes de constituants dans ou sur les denrées alimentaires.
- 6- Les mesures visant à protéger la santé du consommateur contre les risques éventuels pouvant résulter d'un contact buccal avec les objets et matériaux.

Selon l'annexe du JORA du 23/06/2019 qui s'intéresse à la liste des substances et groupe de substances autorisés dans la fabrication de pellicules de cellulose régénérés destinés à être mis en contact avec les denrées alimentaires.

« La quantité de phtalates de dicyclohexyle doit être inférieure ou égale à 4,0 mg/dm² du vernissage la face en contact avec les denrées alimentaires. »(60)

III.4.2.2. Règlementation européenne :

La réglementation concernant le classement des substances chimiques est issue de la directive 67/548/CEE.

Le classement est publié sous la forme d'une adaptation au Progrès Technique par la mise à jour de l'annexe I de la directive 67/548/CEE, remplacée depuis le 20 janvier 2009 par le règlement (CE) n° 1272/2008 relatif à la classification à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges.

Il a pour objectif d'adapter le système de classification de l'UE au système général harmonisé (SGH) des Nations unies et prévoit la mise en place d'un inventaire des classifications et des étiquetages des substances ainsi que la mise en conformité des étiquettes et des fiches de données sécurité avec le SGH avant le 1^{er} décembre 2010 pour les substances et le 1^{er} juin 2015 pour les mélanges .

La classification CMR prévoit 3 niveaux de risque par agent , voici les explications du classement : (5)

Tableau XVIII :Comparatif de la classification des substances Cancérogène ,mutagène, reproductive

	Directive 67/548 CE(France : arrêté de 20 avril 2004 , annexe 1)	Règlement CLP
Avéré pour l'homme	1	1A
Avéré pour l'animal et suspecté pour l'homme	2	1B
Suspect- doute en l'absence d'informations sérieuses disponibles	3	2

Source (5): Les-phtalates-Sandra-2014

Tableau XIX : Classification réglementaire (Règlement CLP 1272/2008)

	Agent Cancérogène	Agents mutagènes	Agents Toxiques pour la reproduction
Catégorie 1A	Substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est avéré.	Capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains avérée	des Toxicité Pour la reproduction Humaine avérée
Catégorie 1B	Potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé (données animales)	La capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est supposée	des Substance présumée toxiques pour la reproduction humaine
Catégorie 2	Substances suspecté d'être cancérogène pour l' homme	Substances ccupantes pourraient induire des mutations héréditaire dans les cellules germinales des êtres humains	préo qui d'être toxique pour la reproduction humaine

Source (5): Les-phtalates-Sandra-2014

Certains phtalates font l'objet d'un classement comme substance à risque reprotoxique (effets néfastes sur la fonction sexuelle et la fertilité; effets néfastes sur le développement des descendants).

Il s'agit du DEHP, BBP, DIPP, DIBP, DMEP, DnPP et DBP qui sont classés Repro2 selon la directive 67/548/CEE et Repro1B selon le règlement 1272/2008.

La réglementation utilise des lettres et des phrases de risque pour identifier la toxicité des composants et assurer la protection des travailleurs exposés à des substances dangereuses. Par exemple, les lettres "T", "XN", "N" et "R" représentent respectivement "Toxique", "Nocif", "Dangereux pour l'environnement" et la nature du risque. Les phrases de risque comprennent des indices numériques comme R60, R61, etc.

En ce qui concerne la reprotoxicité, il existe cinq phrases, notamment R60 pour les altérations de la fertilité, R61 pour les risques pendant la grossesse, R62 pour les risques possibles d'altération de la fertilité, R63 pour les risques possibles pendant la grossesse et R64 pour les risques possibles pour les bébés nourris au lait maternel.

Pour les dangers pour l'environnement, deux phrases sont utilisées, à savoir R50 pour les organismes aquatiques très toxiques et R53 pour les effets néfastes à long terme sur l'environnement aquatique.

Enfin, pour les dangers pour la santé, la phrase R22 est utilisée pour indiquer la nocivité en cas d'ingestion.(5)

Tableau XX : Classification des phtalates en tant que CMR

	Classification et étiquetages harmonisé européen des phtalates comme substances chimiques CMR (critères CLP)	Classification et étiquetages harmonisé européen des phtalates(critères des DSD)
Identification	Classification Code(s)des classes et catégories de danger	Classification
DMEP	Repr 1B	Repr. Cat 2 ; R61 Repr . Cat 3.R62
DEHP	Repr.1B	Repr.Cat.2; R60-61
DBP	Repr.1B Aquatic Acute 1	Repr. Cat. 2;R61 Repr. Cat. 3; R62 N;R50
nPiPP/ DnPP/DIPP	Repr.1B Aquatic Acute 1	Repr. Cat. 2; R60 -61 N; R50
BBP	Repr.1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	Repr. Cat.2; R61 Repr. Cat. 3; R62 N; R50-53
DIBP	Repr 1B	Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat.3; R62
DAP	Acute Tox. 4 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	Xn; R22 N;R50-53

Source (5): Les-phtalates-Sandra-2014

III.4.3. Eau embouteillé :

III.4.3.1. Règlementation algérienne :

Selon l'article 14 du JORADP du 20 aout 2000 ; « les eaux de boisson doivent être préemballées dans des récipients en verre, en polychlorures de vinyle et en polyéthylène téréphtalate hermétiquement clos et propres à éviter toute possibilité de contamination »(61)

La réglementation algérienne concernent les phtalates dans les eaux embouteillées est encours vierge, et aucun seuil n'est encours établir .

III.4.3.2. L'OMS :

Selon l'OMS , Seul le DEHP est règlementé et la norme est de l'ordre de **8ug/L** .(62)

C'est le cas aussi pour la réglementation chinoise qui a fixé cette valeur comme norme pour le DEHP.(63)

III.4.3.3. Réglementation USEPA :

L'agence de protection de l'environnement des États-Unis a fixé la valeur 6ug/Lcomme norme pour l DEHP. (64)

NB : il n'y a pas de législation en vigueur pour les autres phtalates

III.4.4. Les articles de puériculture :

III.4.4.1. Règlementation algérienne :

- Selon l'article 7 du JORA le 27/11/2016 :

Les articles de puériculture ne doivent pas contenir plus de 0,1 % en masse de matière plastifiée de l'une des substances suivantes :

- Le di (2-éthylhexyl) phtalate (DEHP)
- le dibutyl phtalate (DBP)
- Le butyl benzyl phtalate (BBP) (65)

- Selon l'article 8 du JORA du 27/11/2016 :

Les articles de puériculture pouvant être mis en bouche par les enfants, notamment les sucettes, les tétines et les anneaux de dentition ne doivent pas contenir plus de 0,1% en masse de matière plastifiée de l'une des substances suivantes :

- Le di-isononyl phtalate (DINP).
- Le di-isodecyl phtalate (DIDP).
- Le di-n-octyl phtalate (DNOP).(65)

III.4.4.2. Règlementation européenne :

En 1999, la Commission européenne a interdit l'utilisation de six phtalates (DINP, DEHP, DnBP, DIDP, DnOP, BBP) dans les jouets et articles de puériculture destinés à être mis en bouche par des enfants de moins de 3 ans et fabriqués en PVC souples (Décision 1999/815/CEE). Cette interdiction a été étendue, en 2005, par la directive 2005/84/CE à tous les jouets et articles de puéricultures destinés aux enfants. Cette directive, déclinée en loi française par le Décret n°2006-1361 du 9/11/2006, consolidée le 16/01/2007, stipule que :

- Le DEHP, le DnBP et le BBP ne peuvent pas être utilisés comme substances ou composants de préparation à des concentrations supérieures à 0,1% en masse de matière plastifiée, dans les jouets et les articles de puériculture ;
- Le DINP, le DIDP et le DnOP ne peuvent pas être utilisés comme substances ou composants de préparation à des concentrations supérieures à 0,1% en masse de matière plastifiée, dans les jouets et les articles de puériculture qui peuvent être mis en bouche par les enfants.

Les jouets ou articles de puériculture dépassant ces teneurs sont interdits.(55)

III.4.5. Autres produits :

III.4.5.1. Pour les cosmétiques :

La directive cosmétique 76/768/CEE et ses amendements interdit l'utilisation de plusieurs phtalates dans les cosmétiques (DEHP, DBP, BBP, DiPP, DnPP, DMEP). La directive a été remplacée par le règlement (CE) n° 1223/2009 à partir du 11 juillet 2013. Selon la FIPAR (Fédération des Industries de la Parfumerie), le phtalate de diéthyle (DEP) est le seul phtalate utilisé par l'industrie cosmétique européenne . (53)

III.4.5.2. Pour les dispositifs médicaux :

La directive 2007/47/CE relative aux dispositifs médicaux traite principalement le cas des phtalates classés comme carcinogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction, de la classe 1 ou 2 conformément à l'annexe I de la directive 67/548/CEE (qui ne concerne pas le DIDP et le DINP). Cependant, il y est prescrit que pour l'ensemble des phtalates (DiDP et DiNP compris) un étiquetage spécifique approprié est nécessaire.(53)

III.4.5.3. Autres réglementations et actualités :

Dans le cadre du Règlement européen 793/93, 5 phtalates majeurs (DEHP, DBP, BBP, DIDP, DINP) sont évalués en termes de risques pour la santé humaine et l'environnement. La France a procédé à une évaluation des risques du DINP et du DIDP. D'autres pays de l'Union européenne ont effectué des évaluations des risques pour le BBP (Norvège, 2002), le DEHP (Suède, 2003) et le DBP (Pays-Bas, 2003). Ces évaluations ont fait l'objet de rapports discutés au niveau européen et publiés en 2003. Le 28 Octobre 2008, l'ECHA (Agence Européenne des Produits Chimiques) a publié une liste de substances prioritaires incluses dans la "Liste Candidate" pour approbation de REACH (Enregistrement, Évaluation, Autorisation et Restriction des Substances Chimiques). les phtalates (DEHP, DBP et BBP) sont inclus dans cette liste en raison de leur classification en tant que substances à risque par l'UE. Conformément à la réglementation, les risques liés à l'utilisation de ces substances sont inspectés par la Commission européenne après présentation des documents correspondants par les fabricants concernés. Si le risque est correctement géré, le fabricant qui a soumis la demande sera autorisé à utiliser ces substances pendant une certaine période.(52)

- Les phtalates dans les matériaux d'emballage pour denrées alimentaires :

L'utilisation de phtalates comme plastifiants dans les films de PVC et de PVDC (chlorure de polyvinyle et chlorure de polyvinylidène) destinés au contact alimentaire est interdite de manière générale (ordonnance sur les matériaux et objets, RS 817.023.21).(45)

III.5. Extraction et Méthodes de dosage de phtalate dans l'eau :

En raison de leur ubiquité et de leur toxicité, notamment pour le système endocrinien, il est crucial de disposer de méthodes analytiques capables de quantifier avec précision les esters de phtalate. Étant donné que ces composés peuvent être présents à des concentrations très faibles, il est essentiel que ces méthodes soient hautement fiables et sensibles pour détecter les esters de phtalate même à l'état de trace.(66)

III.5.1. L'extraction des phtalates :

Les techniques de pré-concentration telles que l'extraction liquide-liquide, l'extraction en phase solide (SPE) et la micro extraction en phase solide (SPME) sont couramment utilisées pour déterminer les phtalates, tels que le DBP, le diméthylphtalate (DMP), le diéthylephtalate

(DEP), le dioctylephtalate (DNOP) et le dioctylephtalate (DNOP), dans des échantillons réels. Ces méthodes sont généralement suivies par des techniques chromatographiques telles que la chromatographie en phase gazeuse (GC), la chromatographie en phase liquide (LC) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS).

Cependant, en raison de la complexité des matrices d'échantillons, les préparations nécessaires à ces techniques peuvent entraîner des bruits de fond élevés et des limites de détection importantes. Cela souligne davantage le besoin de méthodes analytiques sélectives et sensibles pour déterminer et quantifier les phtalates dans des échantillons réels.(67)

2.1.3. Extraction liquide-liquide (LLE) :

La méthode de l'extraction liquide-liquide repose sur la différence de solubilité d'une substance dans deux solvants non miscibles, dont l'un est généralement l'eau, tandis que le second est un liquide à faible constante diélectrique, tel que le tétrachlorure de carbone, le benzène, le cyclohexane ou le chloroforme, de préférence.(68)

Pour réaliser cette extraction liquide-liquide, deux étapes distinctes sont nécessaires : tout d'abord, un mélange vigoureux des deux phases par agitation, puis la séparation des deux phases par décantation, habituellement assistée par une ampoule à décanter. Selon la densité relative du solvant par rapport à l'eau, la phase organique à récupérer se trouvera au-dessus ou en dessous.

La durée d'agitation est déterminée par la cinétique de transfert des solutés vers la phase organique jusqu'à atteindre une concentration d'équilibre, tandis que le temps de décantation est dicté par la séparation des deux phases non miscibles.(68)

Une étape de séchage et de filtration intervient ensuite : un agent déshydratant est utilisé pour éliminer toute trace d'eau qui pourrait subsister dans la phase organique, puis le mélange est filtré pour ne recueillir que la phase organique pure.(68)

2.1.4. Extraction liquide solide :

L'extraction en phase solide (SPE) représente une autre méthode offrant plusieurs avantages significatifs. Elle permet une réduction de l'utilisation de solvants et de l'exposition aux produits chimiques, ce qui contribue à une diminution des coûts et du temps nécessaire à l'extraction. De plus, la SPE peut offrir une sélectivité accrue grâce à une variété d'extracteurs,

de solvants et de phases solides (résines) disponibles sur le marché. Enfin, un avantage majeur de la SPE est la possibilité de régénérer la phase solide par un simple lavage adéquat, ce qui permet une utilisation répétée et économique des matériaux.(68)

2.1.5. Micro-Extraction en Phase Solide (SPME) :

La micro-extraction en phase solide (SPME), introduite au début des années 1990 par Arthur et Pawliszyn, repose sur la partition des analytes entre l'échantillon et une phase stationnaire, généralement constituée d'une fibre de silicium recouverte d'une surface de fusion d'environ 1 à 2 cm. Les analytes sont ensuite thermiquement désorbés dans un port d'injection de chromatographie en phase gazeuse (GC) ou extraits à l'aide de solvants pour des applications de chromatographie liquide à haute performance (HPLC) et d'électrophorèse, avant d'être analysés. Cette méthode offre des performances analytiques exceptionnelles pour la quantification de diverses familles de produits chimiques.

Les principaux avantages de la SPME résident dans sa simplicité d'utilisation, son caractère insoluble, sa capacité à séparer les analytes de la matrice, sa capacité de pré-concentration, ainsi que la disponibilité de différentes fibres commerciales et les avancées vers l'automatisation du processus complet. En conséquence, la SPME est devenue un outil largement utilisé dans les domaines de l'alimentation, de l'environnement, de la médecine clinique, de la pharmacologie et de la bio analyse, et son utilisation devrait continuer à croître dans les laboratoires analytiques.(69)

Cependant, certains inconvénients sont associés à la SPME, notamment une reproductibilité relativement faible, des variations entre les lots, un manque de sélectivité, une sensibilité aux solvants organiques, qui peuvent parfois limiter l'échantillonnage liquide, ainsi que des coûts élevés. De plus, la gamme limitée de phases stationnaires disponibles, couvrant seulement une partie de l'échelle de polarité, constitue probablement le principal inconvénient de cette méthode.(69)

III.5.2. Méthodes instrumentales :

Les phtalates, des composés chimiques couramment présents dans de nombreux produits de consommation, peuvent être analysés efficacement à l'aide de techniques telles que la chromatographie en phase liquide à haute performance (CLHP) et la chromatographie en phase gazeuse (CG). (53)

La CLHP convient aux composés moins volatils et plus polaires, tandis que la CG est mieux adaptée aux composés volatils et moins polaires. Pour leur analyse, des méthodes telles que la chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) sont privilégiées en raison de leur sensibilité et de leur sélectivité élevées. La spectrométrie de masse permet de créer des modèles de fragmentation spectrale spécifiques à chaque composé, facilitant ainsi leur identification. Les limites de détection et de quantification sont déterminées en fonction du bruit de fond de l'appareil, assurant des résultats précis sur la présence et la concentration des phtalates dans les échantillons. (53) (70)

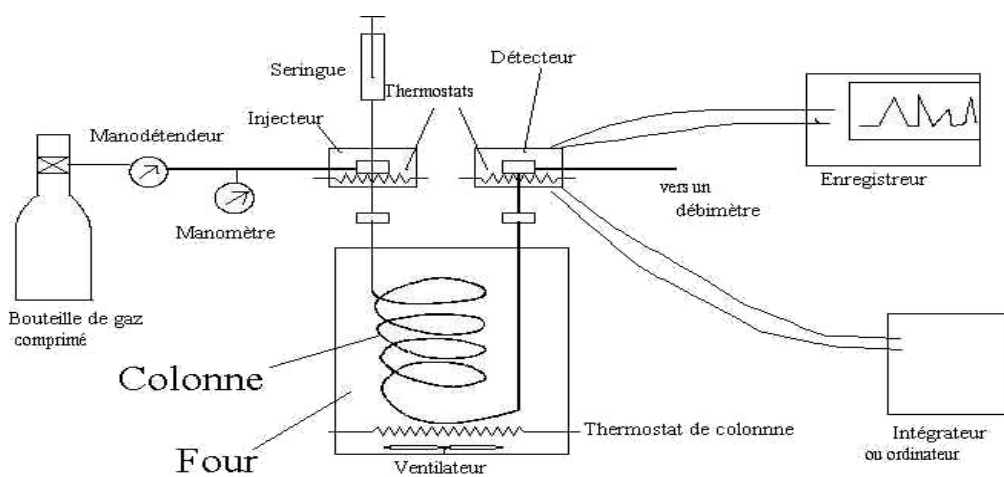


Figure 6 : Le principe de CPG-SM

Pour déterminer les phtalates dans l'eau, l'HPLC/MS est souvent privilégiée pour sa spécificité accrue par rapport à la GC/MS. Cependant, le choix entre ces deux techniques dépend de divers facteurs tels que la nature des échantillons et les ressources en laboratoire. En chromatographie liquide à haute performance (CLHP), une phase mobile à base d'eau/acétonitrile ou d'eau/méthanol est utilisée avec une colonne non polaire greffée de groupes alkyle C18. En revanche, en chromatographie en phase gazeuse (GC), une colonne capillaire est utilisée avec de l'hélium ou de l'azote comme gaz porteur.(53) (71)

Partie Pratique

1. Problématique :

L'eau potable embouteillée est souvent considérée comme une alternative sûre à l'eau du robinet dans de nombreux pays, y compris en Algérie. Cependant, l'emballage en PET (polyéthylène téréphtalate) utilisé pour ces bouteilles peut contenir des substances telles que les phtalates, qui sont des produits chimiques potentiellement nocifs pour la santé humaine. En Algérie, où la consommation d'eau en bouteille est répandue, il est essentiel d'examiner les risques associés à la présence de phtalates dans ces contenants et leur impact sur la santé des consommateurs.

2. Objectifs de l'étude :

2.1.Objectifs principaux :

- Estimer la teneur des phtalates dans les eaux de boissons commercialisées en plastique en Algérie.

2.2.Objectifs secondaires :

- Evaluer l'impact de la température et de la durée de stockage sur la teneur en phtalate des eaux embouteillées en plastique en Algérie.

3. But :

- Evaluation de la teneur des phtalates dans les eaux embouteillées en plastique en Algérie.

4. Matériel et méthodes

4.1.Type, lieu et calendrier d'étude :

C'est une étude descriptive transversal a visé analytique, elle s'est déroulée au niveau du laboratoire d'Hydrologie Bromatologie de département de la pharmacie de la faculté de médecine de Tlemcen, durant les mois de Février au juin 2024.

4.2.Échantillonnage :

4.2.1. Echantillon d'étude :

- Eaux embouteillées en PET commercialisé en Algérie
- Nous avons procédé à une analyse selon la technique chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse CPG-MS des eaux embouteillées commercialisées en Algérie.
- Et Nous avons parallèlement évalué l'impact des conditions de stockage sur la teneur des phtalates analysés.

4.2.1.1. Critères d'inclusion :

- Les bouteilles d'eau en plastique commercialisés en Algérie
- Les bouteilles issues du même lot

4.2.1.2. Critères d'exclusion :

- Les eaux embouteillées en verre
- Les eaux gazeuses.
- Les eaux congelées.
- La date de fabrication ne dépasse pas 11 mois.

4.2.2. Eau destinée à la consommation :

Nous avons rapprocher des distributeurs de boissons gazeuses et non gazeuses dans diverses régions (wilayas) du nord, du centre, de l'est et du sud de l'Algérie afin d'acquérir les marques les plus populaires.

4.2.2.1. Eaux embouteillées



Figure 7 : Localisation géographique des eaux embouteillées analysées

4.2.3. Dosage des phtalates :

4.2.3.1. Verrerie :

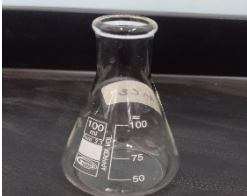
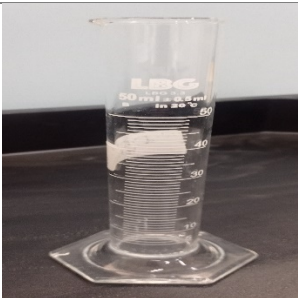
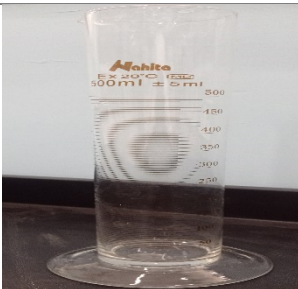

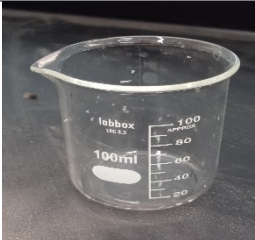
Un soin particulier a été pris pour réduire le risque de contamination par les phtalates.

- L'utilisation de matières plastiques a été complètement évitée lors de l'analyse.
- Nous avons faire un nettoyage pour réutiliser les matérielles comme suite :
 - Trois (3) fois eau distillée.
 - Trois (3) fois acétone HPLC.
 - 2 fois Dichlorométhane

Partie Pratique

4.2.3.2. Matérielles et Produits :

Tableau XXI : Tableau des matérielles

Matérielle	Image
Erlenmeyer 100ml	
Eprouvette graduée 50ml	
Eprouvette graduée 500ml	
Ampoule à décanter 1L	
Becher graduée 100ml	

Partie Pratique

Spatule



Balance OHAUS®



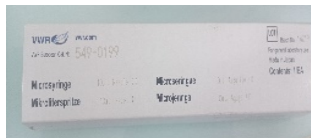
Fiole jaugée verre 10ml



HPLC Vial jaugée verre ambrée 2ml



**Seringues d'injection manuelle de
VWR®10µl**



**Seringues d'injection manuelle de
HAMILTON
25µl**



**Seringues d'injection manuelle de
HAMILTON
100µl**



Partie Pratique

Bain à sable wisd®



Thermomètre



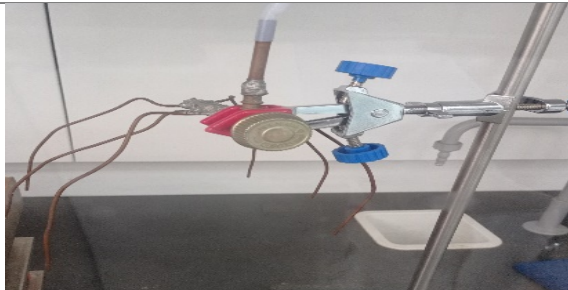
Para film



Porteur



Support en cuivre



Partie Pratique

Générateur d'azote ALLIANCE®



Tableau XXII : Tableau des produits

Produit	Image
Acétone grade HPLC VWR®	
Dichlorométhane grade HPLC VWR®	
Acétonitrile grade HPLC sigma®	
Eau ultra pure VWR®	

Partie Pratique

Benzoate de benzyle sigma® (> 98%)

CAS : 120-51-4



DBP

Dibutyl phthalate sigma® (> 98%)

CAS : 84-74-2



DiBP

Diisobutyl phthalate sigma® (> 98%)

CAS :84-69-5



DEP

Diethyl phthalate sigma® (> 98%)

CAS : 84-66-2



DEHP

Bis(2-ethylhexyl)phthalate sigma® (> 98%)

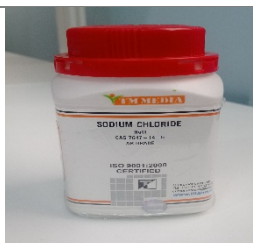
CAS : 117-81-7



NaCl

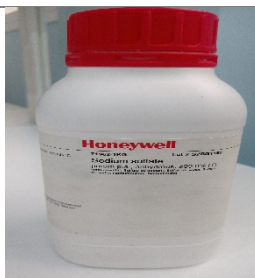
TMMEDIA

CAS : 7647-14-5



Sulfate de sodium

Honeywell ($\geq 99.0\%$)



4.2.3.3. Préparations des solutions :

a) Préparation des étalons internes :

Nous avons pris une fiole de 10 ml et pesé 5mg de benzoate de benzyle « étalon interne » et ajouter 5 g d'acétonitrile.

b) Solution mère :

La solution mère contenant 10 mg/l de chaque phtalate a été préparée à partir des solutions étalons. C'est une mixture de cinq (05) phtalates concentrés chacun à 1000mg/L dans l'acétonitrile.

c) Solution de travail :

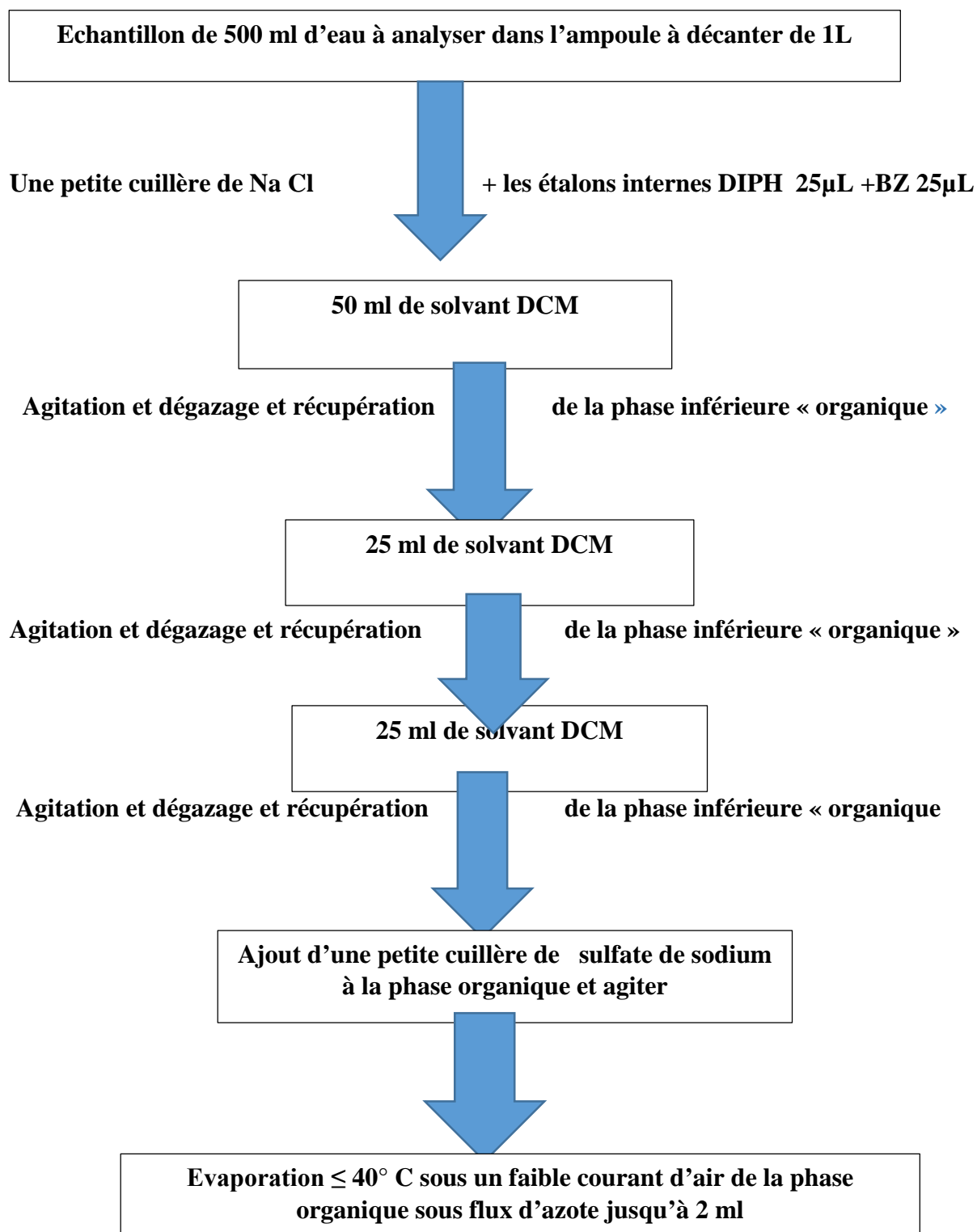
Pour les phtalates et les métabolites, la solution du travail a été concentrée à 1mg/l (1ppm) par dilution au $1/10^{\text{ème}}$ de la solution mère.

4.2.3.4. Procédure d'extraction :

- L'extraction liquide-liquide était faite selon la méthode de Amiridou (Amiridou and Voutsas, 2011).
- Dans une ampoule à décanter de 1L on a introduit 500ml d'eau à analyser, ensuite on a ajouté une cuillère de NaCl dans le but d'améliorer la séparation et 25 μ l d'étalon interne de 10 ppm.
- Pour chaque 500ml d'eau 50 ml de dichlorométhane a été utilisé.
- On agite vigoureusement pendant 5 min au minimum puis on récupère la phase organique sous le sulfate de sodium
- L'opération a été répétée trois fois.

Partie Pratique

- Au total 100 ml de phase organique ont été récupérées et évaporées par la suite sous flux d'azote.
- L'extrait évaporé était stocké à -70°C jusqu'au jour de l'analyse.
- Le jour de l'analyse 500 µL Hexane a été ajouté avant de lui injecter.
- Nous avons fait une extraction liquide-liquide répétée ce qui s'explique comme suit :



4.2.4. Instrument d'analyse :

L'analyse de l'extrait obtenu est effectuée par chromatographie en phase gazeuse couplé au spectromètre de masse Nexis GC- 2030 Shimadzu .



Figure 8 : Instrument d'analyse la GC-SM

- **Conditions analytiques de la GC :**

Colonne	Gaz vecteur	Volume d'injection	Mode d'injection	Temps d'analyse
AOC -20i	Hélium d'une pureté de 99,999% Débit de 1ml/min	1 μ L	Splitless	20 min

- **Programme de four :**

Palier (° C /min)	Température (° C)	Temps de maintien (min)
Initial	50	1
30	280	0
15	310	10

- **Condition de spectrométrie de masse :**

La température de la ligne de transfert	280 °C
La température de la source d'ions	250 °C
Mode d'ionisation	Electron impact positif

- **Mode d'acquisition :**

Mode scan : un screening de la mixture était réalisé en premier temps en mode full scan. Ce mode permet d'identifier chaque métabolite et de déterminer leur temps de rétention.

Par la suite ces métabolites sont analysés spécifiquement selon leurs masses d'identification dans l'intervalle de temps de rétention correspondant.

Mode SIM : ce mode est utilisé pour la quantification en se basant sur l'identification des molécules en choisissant seulement deux ou trois masses de caractérisation.

5. Analyse statistique :

5.1. Logiciel utilisé :

La saisie, le contrôle et l'analyse statistique des données sont réalisés à l'aide du logiciel SPSS, version 21 et Microsoft office Excel 2010

5.2. Analyse descriptive :

L'analyse descriptive des variables quantitatives, s'est faite par la moyenne comme indicateur de tendance centrale \pm écart-types.

5.3. Analyse univariée :

Le test de Student pour deux échantillons indépendants et l'analyse de la variance ANOVA ont été utilisés pour la comparaison des variables continus.

La comparaison des pourcentages est faite deux à deux par le test du khi-deux de Pearson.

5.4. Analyse bivariée :

Le degré d'association entre deux variables quantitatives a été évalué par le test de corrélation de Pearson, une valeur $p < 0.05$ a été considérée comme statistiquement significative.

Résultats

Résultats

1. Caractéristiques descriptives :

Tableau XXIII : Caractéristiques physico-chimiques de ces eaux minérales et des eaux de sources analysées

Nom d'eau	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO3	SO4	NO3	NO2	PH	Résidus sec mg/l
1	48	20	48	8	76	104	96	19,97	≥0,01	7,32	407
2	25	5	27	4	10	125	21	11,4	≤0,01	7,95	199
5	80	14	30	1	50	214	75	5,10	0	6,92	360
6	86	13	10	0,7	15	226	72	11	≤0,01	7,18	368
7	94,4	32,07	96,3	1,5	197,97	202,11	163,12	6,17	0	7,25	750
8	4,6	3,75	29	1	30	—	10	9	0,06	6,87	140
9	120	23	56	1	100	256	104	46,5	≤0,01	7,33	450
10	42,08	25,51	7	1	12,76	262,3	20	9,61	≤0,01	7,4	160
11	106	25	60	2	48,59	261	177	18,3	≤0,01	7,42	724
12	65,6	6,8	28,5	1,9	37	234,24	75	2,7	0,01	7,7	276
13	82	47	98	1,1	128	—	220	20,41	0,01	7,57	734
14	134,38	6,69	29,21	2,45	50	—	139	21,8	0	7,39	610
15	68,8	10,69	32	2,4	17,04	283,04	62,5	3,22	≤0,01≥	7,48	300
3	24	7	28	4,6	20	—	36	2,4	Trace	7,4	180
4	93	31	68	4	84	326	153	8,9	0,02	7,1	725

Résultats

2. Résultats de l'analyse :

Au total 81 échantillons ont été soumis à l'analyse de quatre phtalates (DBP, DEHP, DEP, DiBP) correspondant à 15 marques commercialisées dans des bouteilles en PET de 0.5L , 1.5L ,5.5L ou 6L. Les marques ont été codées de 1 à 15.

Marque	Immédiat	Après 1 mois dans T ambiante	Après 1 mois àT basse 4°C	Après 1 mois exposé au soleil
1	n=1	MM	MM	MM
2	n=1	MM	MM	MM
3	n=1	MM	MM	MM
4	n=3	PM	PM	
		MM	MM	MM
		GM	GM	
5	n=1	MM	MM	MM
6	n=2	MM	MM	MM
		GM	GM	
7	n=1	MM	MM	MM
8	n=3	PM	PM	
		MM	MM	MM
		GM	GM	
9	n=3	PM	PM	
		MM	MM	MM
		GM	GM	
10	n=1	MM	MM	MM
11	n=3	PM	PM	
		MM	MM	MM
		GM	GM	
12	n=2	MM	MM	MM
		PM	PM	
13	n=1	MM	MM	MM
14	n=2	PM	PM	MM
		MM	MM	
15	n=1	MM	MM	MM

Résultats

PM : 0.5 L MM : 1.5L GM : 5.5 / 6L

3. Les taux des phtalates dans l'eau analysée immédiatement :

Tableau XXIV : Tableau des taux des phtalates dans l'eau analysée immédiatement après achat

Marque	DEHP	DBP	DiBP	DEP
	Moy±ET(µg/l)	Moy±ET(µg/l)	Moy±ET(µg/l)	Moy±ET(µg/l)
1 N(1)	2,93	2,35	3,68	0,05
2 N(1)	3,25	2,17	2,9	0,03
3 N(1)	1,46	1,48	2,21	0,02
4 N(3)	2,17±0,68	2,12±0,3	2,91±0,34	0,47±0,04
5 N(1)	4,19	2,36	2,82	0,57
6 N(2)	3,48±2,09	3,29±0,002	5,17±0,61	0,83±0,14
7 N(1)	0,82	2,09	2,13	ND
8 N(3)	1,91±0,88	2,59±0,80	3,81±0,80	0,38±0,33
9 N(1)	0,17	0,79	0,9	0,21
10 N(1)	0,79	2,66	0,5	1,73
11 N(3)	0,75±0,57	2,14±1,17	1,61±0,79	0,97±1,24
12 N(2)	0,02	0,71±0,10	0,12±0,03	0,17±0,22
13 N(1)	1,79	10,56	0,35	0,18
14 N(2)	0,37±0,33	1,62±0,40	0,95±0,09	0,12±0,08
15 N(1)	0,07	1,07	1,14	0,44
Moyenne				
total	1,55	2,84	1,85	0,40

ND : non détecté

Sur les 82 échantillons analysés, tous les phtalates ont été détectés sauf pour le DEP au niveau de la marque 7. Les taux les plus élevés sont enregistrés pour le DBP.

4. Les taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois de conservation au froid :

Tableau XXV : Tableau des taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois de conservation au froid

Marque	DEHP (µg/l)	DBP (µg/l)	DiBP (µg/l)	DEP (µg/l)
1	1,66	2,34	1,79	0,01
2	1,81	2,10	0,27	0,01
3	0,64	1,60	1,70	0,13
4	0,56	1,88	2,05	0,31
5	0,89	2,87	1,47	0,26
6	0,94	1,94	0,85	0,13
7	1,76	2,50	1,10	0,001
8	0,29	1,60	0,84	ND
9	0,09	1,68	0,73	0,30
10	3,50	1,04	0,32	0,04
11	0,02	0,73	0,54	0,54
12	0,01	0,74	0,08	0,19
13	0,06	0,65	0,12	0,15
14	ND	0,55	0,38	0,42
15	3,07	0,62	0,26	0,02
Moyenne total	1,09	1,52	0,83	0,18

ND : non détecté .

Après conservation pendant un mois au froid, les taux du phtalate le plus important dans chaque marque est ceux du DBP.et le taux de DEP dans la marque 8 n'est pas détecté .

5. Les taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois à température ambiante :

Tableau XXVI : Tableau des taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois à température ambiante

Marque	DEHP	DBP	DiBP	DEP
	Moy±ET(µg/l)	Moy±ET(µg/l)	Moy±ET(µg/l)	Moy±ET(µg/l)
1 N(1)	6,13	1,87	1,54	0,02
2 N(1)	0,29	2,81	1,69	0,01
3 N(1)	0,45	2,32	1,29	0,05
4 N(3)	1,03±0,86	1,35±0,38	1,11±0,07	0,25±0,01
5 N(1)	0,54	1,16	1,25	0,10
6 N(2)	0,15	1,14	0,78	0,83
7 N(1)	0,76	1,45	0,76	0,01
8 N(3)	0,99±1,06	1,39±0,58	0,75±0,66	0,17±0,15
9 N(1)	0,22	1,15	0,20	0,21
10 N(1)	0,10	0,31	0,24	0,33
11 N(3)	2,02±1,70	3,38±3,85	0,88±0,90	1,53±1,53
12 N(2)	0,07	0,81±0,14	0,21±0,001	0,30±0,15
13 N(1)	ND	0,50	0,43	0,23
14 N(2)	0,49±0,37	1,44±0,15	0,60±0,14	0,56±0,15
15 N(1)	ND	0,12	0,26	0,52
Moyenne total	0,97	1,29	0,84	0,23

ND : non détecté

Après conservation pendant un mois à température ambiante, la moyenne des taux du phtalate la plus importante est celle du DBP .Le taux de DEHP dans les deux marques 13/15 n'est pas détecté .

6. Les taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois d'exposition au soleil :

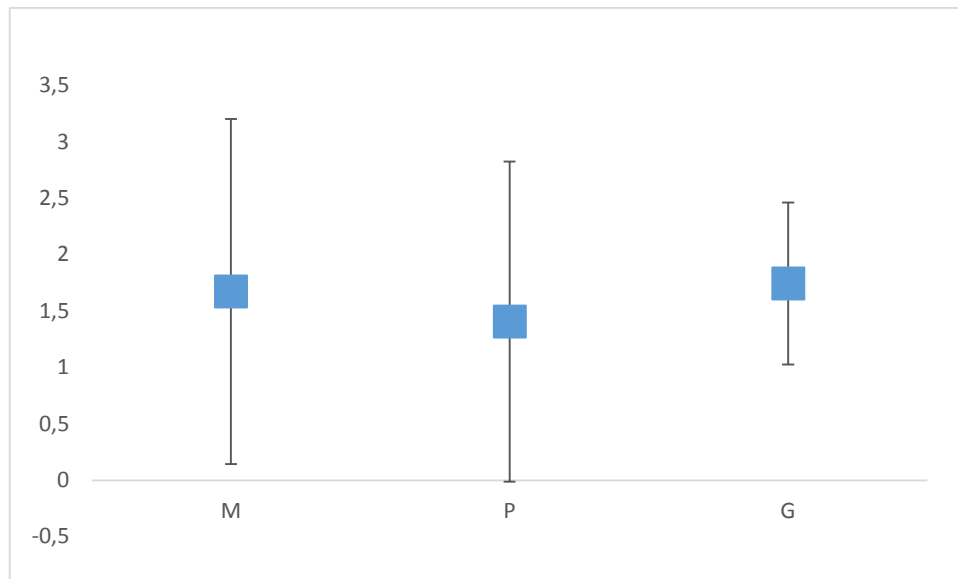
Tableau XXVII : Tableau des taux des phtalates dans l'eau analysée après 1 mois d'exposition au soleil

Marque	DEHP (µg/l)	DBP (µg/l)	DiBP (µg/l)	DEP (µg/l)
1	2,92	2,35	1,13	ND
2	3,64	3,13	1,59	ND
3	1,33	2,42	1,23	0,01
4	2,82	1,30	1,23	0,37
5	6,93	1,70	1,79	0,35
6	3,59	0,90	0,82	0,18
7	0,28	0,82	0,47	0,32
8	0,49	7,88	0,67	0,06
9	0,14	1,13	0,88	0,12
10	0,002	0,26	0,25	0,46
11	0,15	1,02	0,16	0,65
12	0,65	2,72	0,21	0,88
13	9,12	4,46	0,33	0,51
14	0,13	1,08	0,48	0,13
15	1,03	0,44	0,38	0,13
Moyenne total	2,21	2,10	0,77	0,32

ND : non détecté

Après conservation pendant un mois d'exposition au soleil, le moyenne des taux du phtalate le plus important est ceux du DEHP. Le taux de DEP dans les deux marques 1 /2 n'est pas détecté

7. Le taux de DEHP dans l'eau analysé immédiatement dans différents modèles :

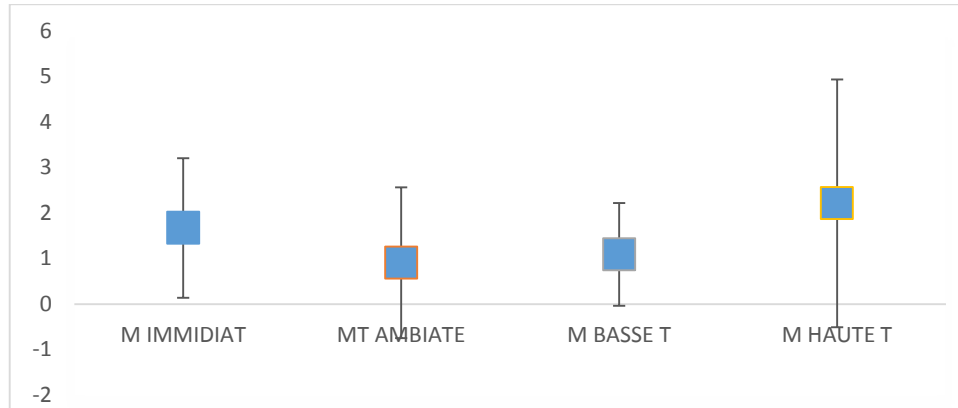


M : moyenne (1.5L) P : petite (0.5L) G : grand (5.5/6 L)

Figure 9 : Le taux de DEHP dans l'eau analysé immédiatement dans différentes modèles

Il n'y a pas de différence significative entre les taux de DEHP enregistrés dans les différents modèles.

8. Le taux de DEHP dans l'eau analysé du modèle moyenne immédiatement, après 1 mois de conservation à Température ambiante, au froid, et exposé au soleil :



M : modèle moyenne 1.5 L.

Figure 10 : Le taux de DEHP dans l'eau analysé du modèle moyenne dans différentes conditions

Le taux de DEHP dans l'eau analysé du modèle moyenne ne varie pas de façon significative dans les différentes conditions de stockage.

9. Comparaison des quatre phtalates entre les marques :

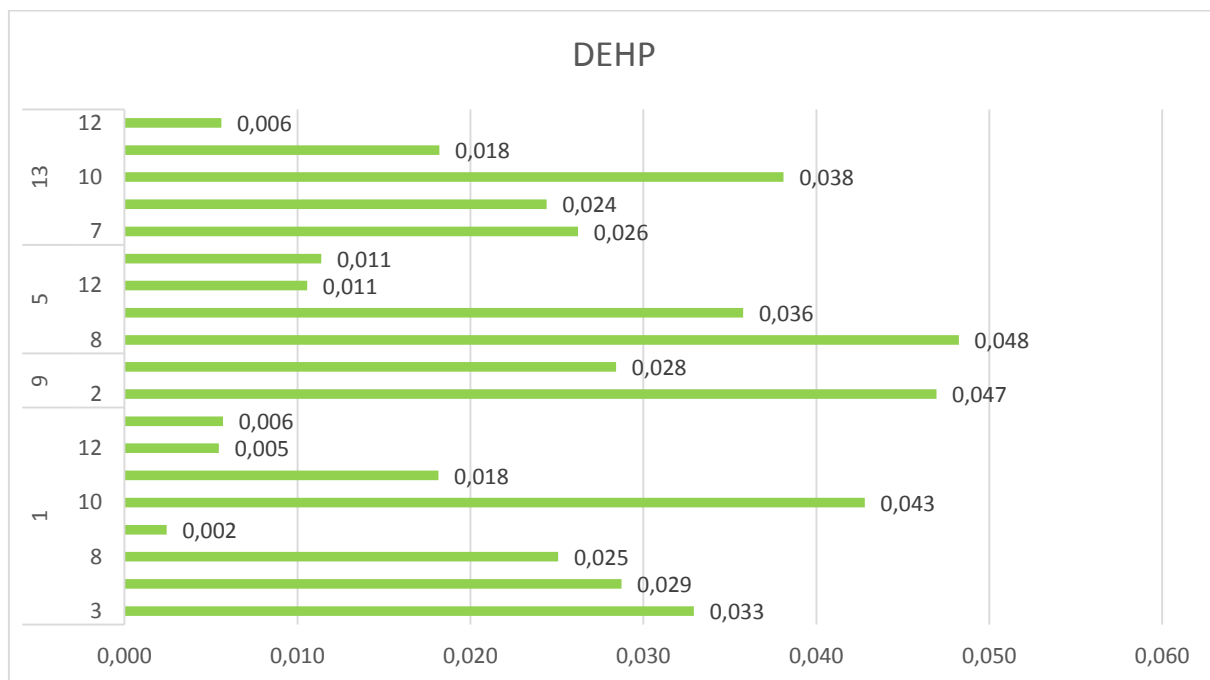


Figure 11 : Le taux de DEHP

Il y a une différence significative entre les marques concernant le taux du DEHP enregistré

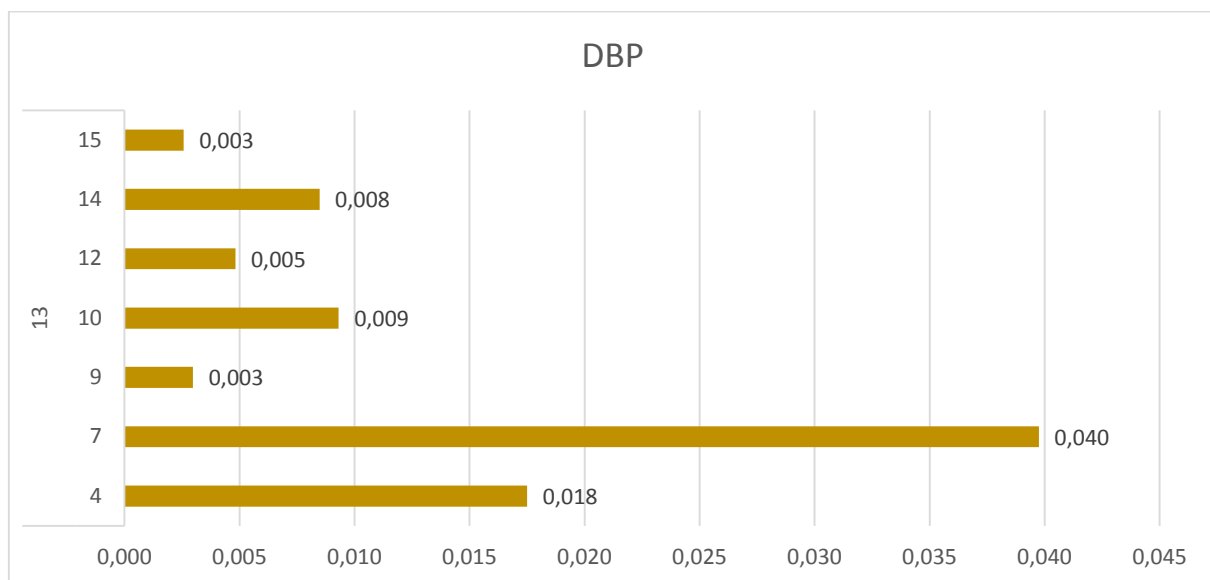


Figure 12 : Le taux de DBP

Il y a une différence significative entre la marque 13 et les marques 4/7/9/12/14 et 15 concernant le taux du DBP enregistré .

Résultats

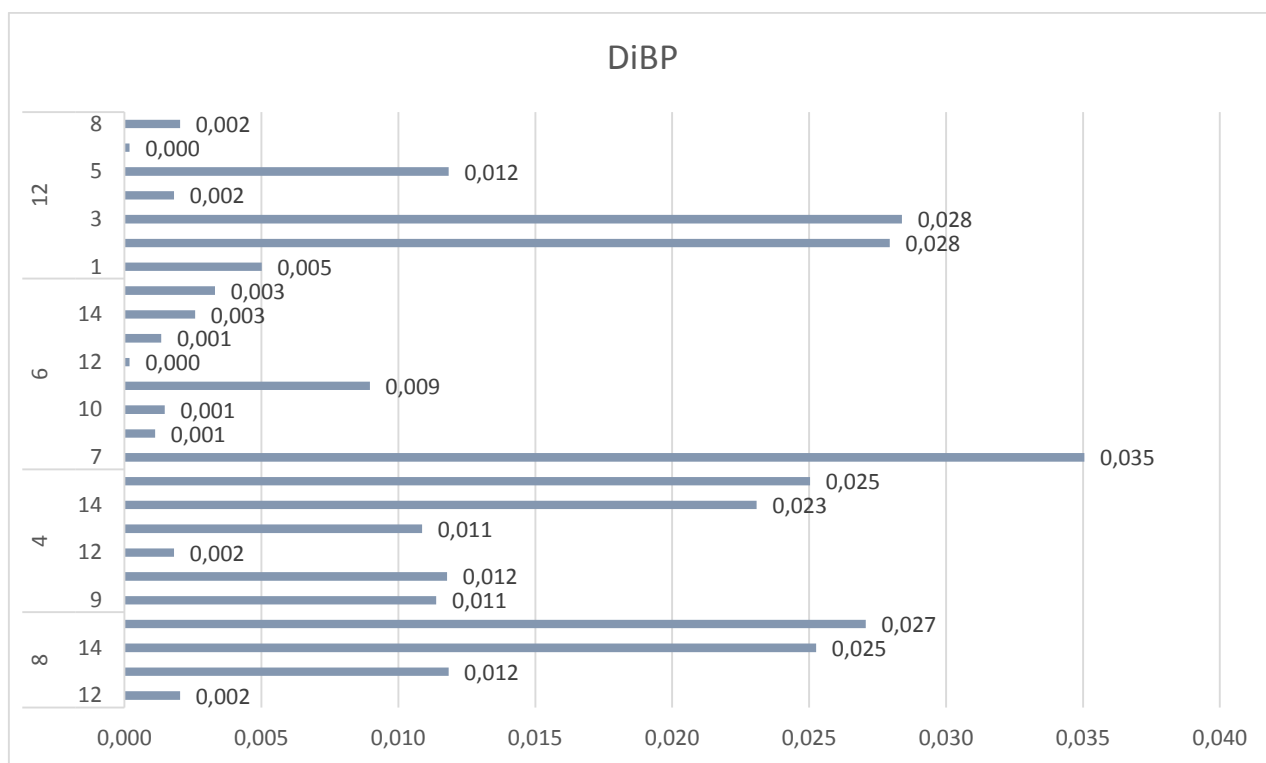


Figure 13 : Le taux de DiBP

Il y a une différence significative entre les marques concernant le taux du DiBP enregistré .

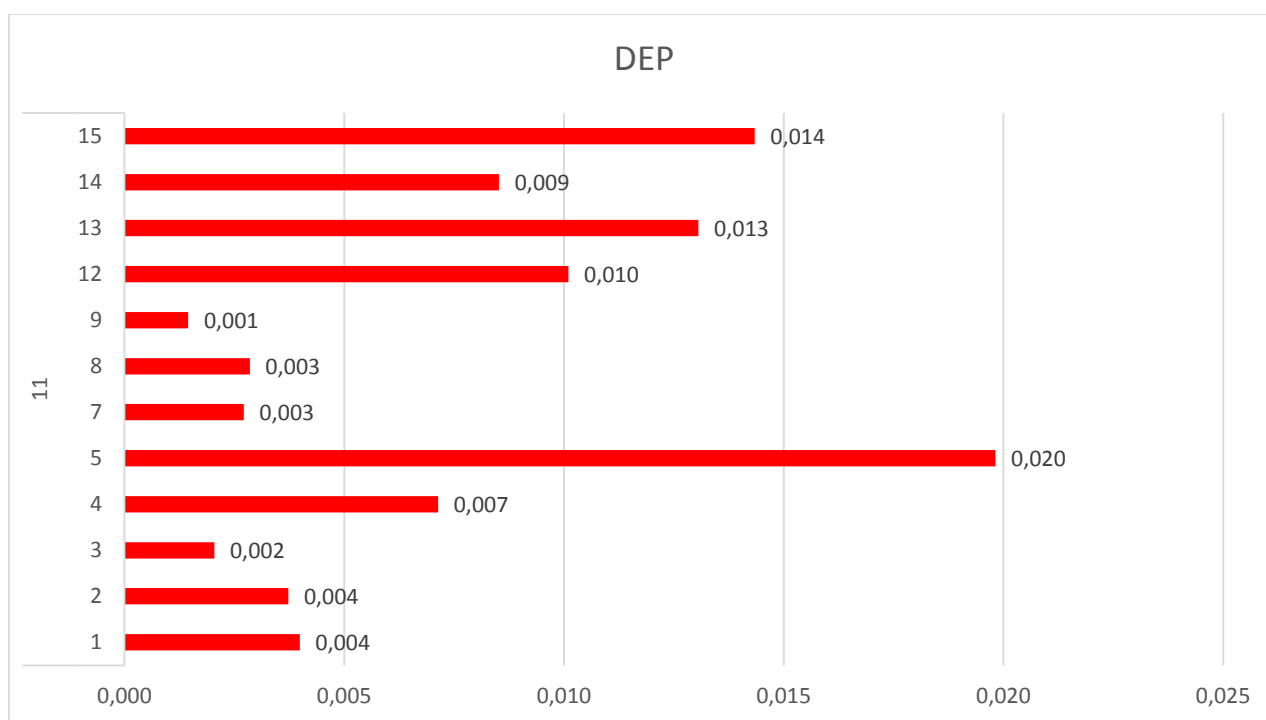


Figure 14 : Le taux de DEP

Il y a une différence significative entre la marque 11 et les autres marques appart la marque 6 concernant le taux du DEHP enregistré .

Discussion

Discussion

L'objectif principal de notre étude était d'estimer la teneur des phtalates dans les eaux embouteillées en PET commercialisées en Algérie.

Pour ce faire, nous avons entrepris une étude observationnelle descriptive à visée analytique elle s'est déroulée au niveau du laboratoire d'Hydrologie Bromatologie de département de la pharmacie de la faculté de médecine de Tlemcen .

L'analyse de ces échantillons dans différentes conditions de stockage peut nous aider à apprécier les facteurs influençant le relargage des phtalates à partir des emballages en PET.

Au total 82 échantillons correspondant à 15 marques d'eau codé de 1 à 15 , dans des bouteilles en PET de 0.5L , 1.5L ,5.5L ou 6L ont été analysés en utilisant l'extraction liquide-liquide par la GC-SM.

Le résultat de l'analyse immédiat a montré la présence du DEHP dans tous les échantillons avec une moyenne de 1,55 $\mu\text{g/l}$. La concentration la plus élevée est de 4.19 $\mu\text{g/L}$ enregistré au niveau de la marque 04, ce taux est inférieur au seuil fixé par l'EPA qui est 6 $\mu\text{g/l}$.

Le DBP était présent au niveau des 15 marques analysées avec une moyenne de 2.84 $\mu\text{g/l}$. Le DiBP était retrouvé au niveau tous les marques avec une moyenne de 1.85 $\mu\text{g/l}$.

Le DEP était retrouvé au niveaux des 14 marques avec une moyenne de 0.4 $\mu\text{g/l}$, sauf la marque 7 le DEP n'est pas détecté .

Ces résultats rejoint l'étude faite en Égypte sur six marques d'eau embouteillée de commerce après analyse immédiate des taux de ses phtalates.

L'intervalle des moyennes pour le DEHP est de 1.66-4.27 $\mu\text{g/l}$ et de 0.65-1.68 $\mu\text{g/l}$ pour le DBP. Pour le DiBP l'intervalle est de 0.98-2.18 $\mu\text{g/l}$.

Nos concentrations pour le DBP, sont nettement supérieurs à ceux trouvés dans l'étude égyptienne ; pour le DEHP est inférieur .et pour de DiBP dans l'intervalle

Dans une étude faite en Portugal sur cinq échantillons d'eau embouteillée en PET L'intervalle des moyennes pour le DEHP est de 0.08-0.019 $\mu\text{g/l}$ et de 0.12-1.68 $\mu\text{g/l}$ pour le DBP. Pour le DiBP l'intervalle est de 0.1-1.42 $\mu\text{g/l}$ (72) .

Nos résultats sont nettement supérieurs à ceux trouvés cette étude.

Discussion

Une autre étude faite en Italie qui était menée sur 142 échantillons d'eau minérale de commerce dont 71 échantillons étaient conditionnés en PET et 71 échantillons conditionnés dans des bouteilles en verre dans un but de vérifier l'implication du plastique dans la contamination de l'eau.

Les taux des phtalates trouvés dans les bouteilles de plastique était 20 fois plus élevés que ceux trouvés dans les bouteilles en verres.

Les moyennes des quatre phtalates étaient 0.17 pour le DEP, 0.20 pour le DiBP, 0.21 pour le DBP et 0.02 pour le DEHP. (73)

Ces taux sont relativement faibles par rapport à ceux enregistrés au niveau de notre étude à raison de quinze fois pour le DiBP ; le DEHP et le DBP et deux fois pour le DEP.

L'existence de phtalates dans les eaux embouteillées de PET analysées directement après l'achat peut être due à diverses sources. Les phtalates peuvent être initialement présents comme contaminants environnementaux dans les sources souterraines et les aquifères, d'où l'eau en bouteille a été obtenue. (74) Un tel contaminant pourrait provenir d'activités municipales et industrielles, d'une élimination insatisfaisante des déchets et des lixiviats de décharge. (75) Les phtalates sont des additifs qui sont appliqués aux produits sans être liés chimiquement aux matériaux et aux polymères qu'ils traitent. Par conséquent, ils peuvent être rejetés dans l'environnement lors de leur utilisation ainsi que pendant leur production et leur élimination, devenant ainsi un contaminant environnemental omniprésent. (76) (75)

Les phtalates peuvent également contaminer l'eau embouteillée pendant ses processus de production et d'embouteillage. Les pipelines en PVC utilisés pour l'approvisionnement et la distribution d'eau, les installations de traitement de l'eau, les réservoirs de stockage, le système de filtrage, les tuyaux en plastique, tout autre équipement à base de plastique ou de résine époxy pourraient être des sources potentielles de contamination par les phtalates. (73)

En général, les matériaux d'emballage peuvent contenir des substances qui sont ajoutées intentionnellement dans un but spécifique, comme des colorants, mais il existe des substances qui peuvent être présentes dans les matériaux d'emballage et qui ne sont pas ajoutées intentionnellement pendant le processus de production. (77)

Ces substances dites non intentionnellement ajoutées (NIAS) comprennent, entre autres, les impuretés dans les matières premières, les produits de dégradation des additifs et des

Discussion

matériaux en contact avec les aliments et les sous-produits indésirables ou divers contaminants des processus de recyclage. De plus, le plastique recyclé peut être une source de composés chimiques inconnus présents dans l'eau. Toutes ces substances peuvent potentiellement migrer du matériau d'emballage vers l'eau en bouteille . (77)

Une autre source possible de présence de phtalates dans les échantillons est la contamination lors de l'analyse par les solvants, la verrerie, les matières plastiques ainsi que l'air et la poussière de laboratoire .(75) Dans ce travail, plusieurs précautions ont été mises en œuvre comme c'est évoqué précédemment pour minimiser cette voie de contamination par les phtalates.

Dans le but d'évaluer l'influence des conditions de stockage sur le taux des phtalates dans les eaux embouteillées en PET, des bouteilles issues des mêmes marques ont été soumises à l'analyse après avoir été exposées au soleil durant tout le mois de mars où la température a varié de +26° C à +27° C.

On a noté une augmentation des concentrations des phtalates avec le temps et la température. Le taux le plus élevé été enregistré pour le DEHP était de 9,12µg/l ce taux est supérieurs au seuil fixé par l'EPA qui est 6µg/l et de l'OMS qui est de 8µL , elle représente un risque pour la santé humaine . Avec un taux de DEHP moyenne de 2,21µg/l.

Le DBP et le DiBP ont été détectés dans les 15 marques avec une moyenne de 2,1 µg/l et 0,77µg/l respectivement.

L'augmentation des taux était de l'ordre de 2 fois plus pour le DEHP ainsi que la DBP est de 1,4 fois.

Dans l'étude réalisée en Égypte l'augmentation était de 1.5 en plus pour le DBP et 1.8 pour le DEHP.(75)

L'étude faite en Iran sur 6 marques d'eau embouteillées analysées dans différentes conditions de stockage , à savoir la température et le temps, a montré que l'eau exposé à une température de 40°C présente un pourcentage d'augmentation des taux du DEHP, DBP et BBzP de 349.1%, 935.8% et 330% respectivement par rapport à l'analyse immédiate . (78)

Discussion

En plus des bouteilles d'eau exposées au soleil durant le mois de Mars, 15 autres bouteilles correspondant au 15 quinze marque inclus dans notre étude ont été analysées après avoir été conservées au froid durant tout le mois au réfrigérateur à +4°C.

L'analyse a montré une diminution des concentrations pour les quatre phtalates par rapport à l'analyse immédiate. Les taux enregistrés restent plus faibles que ceux obtenus après exposition au soleil, sauf pour le DiBP.

En comparant avec l'étude faite en Égypte, on note une similitude dans le taux d'augmentation des concentrations entre l'analyse immédiate et après conservation au froid.

Une élévation de taux de 1.3 pour le DBP dans les deux études. Une augmentation de 1.2 était notée pour le DEHP.

Nos résultats ne rejoignent pas les résultats d'une étude faite en Roumanie sur 5 échantillons d'eau embouteillée, analysés directement et après stockage pendant 20 jours à +4°C et en exposition à la chaleur, où les auteurs de cette étude ont confirmé que le temps et la température influencent le relargage des phtalates à partir de PET. (79)

En Arabie saoudite, le BBzP représente le phtalate le plus présent dans les dix marques analysées dans les trois conditions de stockage (4°C, température ambiante et exposée au soleil). Le taux le plus élevé était noté après conservation à 4°C. (80), au niveau de notre étude, le DBP est le phtalate le plus élevé au niveau de tous les échantillons analysés (1,94µg/L).

Il faut noter qu'aucune différence significative des taux des phtalates n'a été enregistrée entre les modèles issues de la même marque et ceci dans les différentes conditions de stockages, par contre une différence significative des taux de phtalates est enregistrée entre les marques comme c'est le cas pour la marque 1 et les marque 3, 8, 10 et 12 de le taux de la DEHP.

Ça peut être dû aux processus de production et d'embouteillage de l'eau ainsi que les sources exploitées qui diffèrent d'une marque à une autre, ainsi que la matière première utilisée pour la fabrication des bouteilles en plastique pour l'emballage de ces eaux.

Conclusion

Conclusion

Cette étude a rapporté pour la première fois, au département de Pharmacie de la faculté de médecine de Tlemcen la mesure de (04) quatre phtalates au niveau de 15 marques d'eaux embouteillées commercialisées en Algérie.

Nous avons observé la présence des phtalates au niveau de la majorité des échantillons analysés.

La teneur de ces molécules varie en fonction du temps et de la température de stockage mais d'une manière non significative

L'évaluation de la contamination de l'eau embouteillée par les phtalates a montré la présence de trois phtalates, avec un taux plus élevé pour le DEHP sans dépassement de la norme ($6\mu\text{g/l}$).

D'autres études en Algérie semblent nécessaires pour compléter ce travail, la comparaison de nos résultats était faite par rapport à des études faite en Europe ou en Asie, vu l'absence des études faite en Algérie.

Perspectives

Perspectives

- Augmentation de la taille d'échantillon de quinze marques ainsi que le nombre des phtalates
- Et explorer d'autre facteurs qui peuvent influant la teneur de phtalate dans l'eaux embouteillés telle que l'origine et la source d'eaux et ces paramètres.
- Procéder à une analyse de matière plastique utilisé pour la fabrication des bouteilles d'eaux.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Le Figaro Santé [Internet]. 2016 [cité 5 févr 2024]. Eau potable : informations et actualités. Disponible sur: <https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/eau-potable/quelles-sont-sources-pollution-leau-leurs-effets-sur-sante>
2. Farch S, Encadreur: BENGHAREZ Z. Incidence des eaux embouteillées sur la dissolution de l'hydroxyapatite dentaire. Influence de différents paramètres [Internet] [Thesis]. 2017 [cité 6 févr 2024]. Disponible sur: <http://rdoc.univ-sba.dz:8080/jspui/handle/123456789/2050>
3. kaci-meziane_z, Evaluation de la situation de la filière des boisson non alcoolisées en Algérie; 2011
4. Farhi R, Morel C, Chéron J. Matières plastiques et adjuvants: hygiène et sécurité. [3e éd.], [réimpression avril 1995]. Paris: INRS; 1995.
5. Sandra G. LES PHTALATES [Internet]. 2014 [cité 19 mars 2024]. Disponible sur: <https://www.scc-quebec.org/wp-content/uploads/2017/08/Les-phtalates-Sandra-2014.pdf>
6. GC-FID based analysis of trace phthalates with a novel nanocomposite by polar-nonpolar properties in plastic bottled water [Internet]. Research Square (Research Square); 2023 [cité 4 mai 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/gc-fid-based-analysis-of-trace-phthalates-with-a-novel-1q5u3dof>
7. Introduction to Drinking Water Management [Internet]. Springer, Cham; 2015 [cité 8 mai 2024]. p. 3-11. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/introduction-to-drinking-water-management-348w8u0zek>
8. ONS : Office National des Statistiques [Internet]. [cité 31 janv 2024]. Disponible sur: <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique285>
9. Safe Drinking Water Foundation [Internet]. 2017 [cité 31 janv 2024]. L'eau embouteillé. Disponible sur: <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/3/15/eau-embouteille>
10. Euzen A, Levy Y, Tout savoir sur l'eau du robinet [Internet]. [cité 31 janv 2024]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/281302601_Tout_savoir_sur_l'eau_du_robinet
11. Eaux conditionnées - Ministère de la Santé et de la Prévention [Internet]. [cité 31 janv 2024]. Disponible sur: <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/eaux/article/eaux-conditionnees>

Références bibliographiques

12. Histoire de l'eau minérale [Internet]. Maison des Eaux Minérales Naturelles. [cité 29 janv 2024]. Disponible sur: <https://eaumineralenaturelle.fr/sante-bienfaits/histoire-de-leau-minerale>
13. pimenteo_com. Eau en bouteille : naissance d'un véritable marché [Internet]. Pimenteo. 2020 [cité 29 janv 2024]. Disponible sur: <https://www.pimenteo.com/eau-en-bouteille-naissance-dun-veritable-marche/>
14. Hazzab A. Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. Compte. janv 2011
15. Décret n° 89-369 du 6 juin 1989 relatif aux eaux minérales naturelles et aux eaux potables préemballées - Légifrance [Internet]. [cité 31 janv 2024]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGISCTA000028480987>
16. Labadi A.S , Hammache H ;[etude-comparative-des-eaux-minerales-et-des-eaux-de-sources-produites-en-algerie.pdf](#).
17. Lachassagne Patrick ;[Bilan_ec_2014__vf_.pdf](#) disponible sur: <https://www.encyclopedie-environnement.org/eau/eaux-minerales-naturelles/>
18. Petraccia L, Liberati G, Giuseppe Masciullo S, Grassi M, Fraioli A. Water, mineral waters and health. Clin Nutr. juin 2006;25(3):377-85.
19. Hazzab A. (PDF) Evolution de la législation de l'exploitation et de la protection des eaux minérales naturelles et les eaux de sources en Algérie. 2012
20. DIRECTIVE 2009/54/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL. juin 2009; - Recherche Google [Internet]. [cité 21 janv 2024]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:164:0045:0058:FR:PDF>
21. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire. juillet 2004.
22. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire N° 03. 27 janv 2015;
23. Marty N. La consommation des eaux embouteillées: Entre alimentation, distinction et hygiène. Vingtième Siècle Rev Hist. 7 sept 2006;n o 91(3):25-41.

Références bibliographiques

24. décret exécutif du joradp N°45 correspondant au 18 juillet 2004 - Recherche Google [Internet]. [cité 21 janv 2024]. Disponible sur: <https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2024/F2024039.pdf>
25. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire avril 2012 ,
26. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire septembre 2005
27. Radio-Canada.ca, Le journal de Québec, rungsinternational.com/fr/Alternatives.blog.lemonde.fr, Actualité Alimentaire.com - بحث Google [Internet]. [cité 11 nov 2023]. Disponible sur: https://groupexport.ca/uploads/contribute/fr/bulletins/2012-11/documents/Emballagealimentaire_000.pdf#
28. Ghali S. Nanotechnologie et emballages alimentaires : enjeux, acteurs et impacts.
29. L'emballage et la santé, l'hygiène et la sécurité - بحث Google [Internet]. [cité 11 nov 2023]. Disponible sur: <https://conseil-emballage.org/lemballage-et-la-sante-lhygiene-et-la-securite/>
30. commission de codex alimentarius. disponible sur le site : <https://www.fao.org/4/i1400f/i1400f>
31. Types d'emballages [Internet]. The Paper and Paperboard Packaging Environmental Council (PPEC). [cité 11 nov 2023]. Disponible sur: <https://ppec-paper.com/types-demballages/?lang=fr>
32. L'INDUSTRIE DE L'EMBALLAGE À BASE DE PAPIER-CARTON - بحث Google [Internet]. [cité 11 nov 2023]. Disponible sur: <https://www.revipac.com/sites/default/files/COFEPAC-IndustrieEmballagePC-FaitsEtChiffres202210-web.pdf>
33. Le verre, protecteur de vos valeurs - بحث Google [Internet]. [cité 11 nov 2023]. Disponible sur: https://www.vetropack.com/fileadmin/doc/01_publications/04_Brochures/French/werte_f_rz.pdf
34. QUESTIONS RÉPONSES QUESTIONS RÉPONSES LES EMBALLAGES BOIS L'emballage du futur existe déjà, - بحث Google [Internet]. [cité 11 nov 2023]. Disponible sur: <https://franceboisforet.fr/2022/11/21/questions-reponses-les-emballages-bois/>

Références bibliographiques

35. Deshwal GK, Panjagari NR. Review on metal packaging: materials, forms, food applications, safety and recyclability. J Food Sci Technol. juill 2020;57(7):2377-92.
36. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire avril 2016
37. cercle national de recyclage les emballages plastiques - بحث Google [Internet]. [cité 11 nov 2023]. Disponible sur: <https://www.cercle-recyclage.asso.fr/>
38. L'emballage et la santé, l'hygiène et la sécurité. [Internet]. [cité 11 nov 2023]. Disponible sur: <http://www.conseil-emballage.org>
39. Ctac., (2010).guide de l'emballage alimentaire. - بحث Google [Internet]. [cité 1 déc 2023]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/231395304/Guide-Emballage-Alimentaire>
40. Pradeau D. Interactions emballages plastiques-aliments Migration dans les aliments de composants des matériaux plastiques.
41. Pennarun PY. Migration à partir de bouteilles en PET recyclé. Elaboration et validation d'un modèle applicable aux barrières fonctionnelles.
42. Alloprof [Internet]. [cité 21 nov 2023]. Les matières plastiques. Disponible sur: <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-matieres-plastiques-s1550>
43. Matières plastiques [Internet]. L'Élémentarium. [cité 21 nov 2023]. Disponible sur: <https://lelementarium.fr/focus/matieres-plastiques/>
44. Thermoplastic and Thermosetting Polymers [Internet]. Springer, Cham; 2017 [cité 8 mai 2024]. p. 19-26. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/thermoplastic-and-thermosetting-polymers-1wpm4m4pqt>
45. Fiche d'information : les phtalates, mai 2021disponible sur le site : https://www.google.com/search?sca_esv=d63f50c99ab908a2&sca_upv=1&sxsrf=ADLYWIJ0Q7OZHJe5W-
46. Saillenfait AM, Laudet-Hesbert A. Phtalates (II). EMC - Toxicol-Pathol. déc 2005.
47. Caractérisation des eaux grises (II). Cas des alkylphénols et des phtalates [Internet]. ASTEE; 2015 [cité 10 mai 2024]. p. 68-86. Disponible sur:

Références bibliographiques

<https://typeset.io/papers/caracterisation-des-eaux-grises-ii-cas-des-alkylphenols-et-4chi5wwv5w>

48. Phthalates (2023) | Ramanathan Srinivasan [Internet]. [cité 10 mai 2024]. Disponible sur: <https://typeset.io/papers/phthalates-mx7btix0>

49. Leaching of Phthalates from Medical Supplies and Their Implications for Exposure. Environ Sci Technol. 8 mai.

50. Second National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals January 2003 Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention disponible sur le site :https://stacks.cdc.gov/pdfjs/web/viewer.html?file=https://stacks.cdc.gov/view/cdc/21806/cdc_21806_DS1

51. Marc Rhainds, Louis St-Laurent. Institut national de santé publique du Québec. [cité 16 déc 2023]. État des connaissances sur la toxicité et l'exposition humaine aux phtalates | INSPQ. Disponible sur: <https://www.inspq.qc.ca/bise/etat-des-connaissances-sur-la-toxicite-et-l-exposition-humaine-aux-phtalates>

52. Almeras C, Cancan Y, Gereec V, Millet M. Projet PERSAN- Les Phtalates- 2010. 2010;

53. Defranceschi M, Ribera D, Doly L. Substances émergentes, polluants émergents dans les déchets. Le cas des phtalates. mars 2015.

54. Ding M, Kang Q, Zhang S, Zhao F, Mu D, Zhang H, et al. Contribution of phthalates and phthalate monoesters from drinking water to daily intakes for the general population. Chemosphere. août 2019.

55. Étude de l'alimentation totale infantile Tome 2 – Partie 3 Composés organiques; Septembre 2016

56. Connaissances relatives aux données de toxicité sur les composés de la famille des Phtalates (Tome 3). Mars 2015.

57. Muscogiuri G, Colao A. Phtalates: new cardiovascular health disruptors? Arch Toxicol. mars 2017.

58. Yousefi Z, Ala A, Babanezhad E, Ali Mohammadpour R. Evaluation of exposure to phthalate esters through the use of various brands of drinking water bottled in polyethylene

Références bibliographiques

terephthalate (PET) containers under different storage conditions. Environ Health Eng Manag J. 10 déc 2019.

59. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire 6 décembre 2016.

60. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire 23 juin 2019.

61. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire 20 aout 2000.

62. Xu X, Zhou G, Lei K, LeBlanc GA, An L. Phthalate Esters and Their Potential Risk in PET Bottled Water Stored under Common Conditions. Int J Environ Res Public Health. 24 déc 2019.

63. Wang WL, Wu QY, Wang C, He T, Hu HY. Health risk assessment of phthalate esters (PAEs) in drinking water sources of China. Environ Sci Pollut Res. mars 2015.

64. Determination of phthalate acid esters (PAEs) in bottled water distributed in tehran: a health risk assessment study. Int J Environ Anal Chem. 11 avr 2022.

65. journal officiel de la republique algerienne democratique et populaire 27 novembre 2016

66. ISO 18856:2004(fr), Qualité de l'eau — Dosage de certains phtalates par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse [Internet]. [cité 24 janv 2024]. Disponible sur: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18856:ed-1:v1:fr>

67. He J, Lv R, Zhan H, Wang H, Cheng J, Lu K, et al. Preparation and evaluation of molecularly imprinted solid-phase micro-extraction fibers for selective extraction of phthalates in an aqueous sample. Anal Chim Acta. 26 juill 2010.

68. Djebari S, Thayri k , DETERMINATION DES PHTALATES ET DU BISPHEENOL A DANS LES BOUTEILLES EN POLYETHYLENE TEREPTHALATE 2019

69. Silva C, Cavaco C, Perestrelo R, Pereira J, Câmara JS. Microextraction by Packed Sorbent (MEPS) and Solid-Phase Microextraction (SPME) as Sample Preparation Procedures for the Metabolomic Profiling of Urine. Metabolites. 27 janv 2014.

70. Zaki GI. Determination of phthalate esters in Egyptian PET-bottled water investigated under different storage conditions 2015.

Références bibliographiques

71. Identification and Quantification of Phthalates in Drinking, River and Lake Water using Solid phase extraction followed by UHPLC-MS. Res J Chem Environ. 25 févr 2022.
72. Ramos-Santana et al., 2014. J. Agric. Univ. Puerto Rico, 98 (1): 79-82 | Feedipedia [Internet]. [cité 28 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.feedipedia.org/node/25047>
73. Montuori P, Jover E, Morgantini M, Bayona JM, Triassi M. Assessing human exposure to phthalic acid and phthalate esters from mineral water stored in polyethylene terephthalate and glass bottles. Food Addit Contam Part Chem Anal Control Expo Risk Assess. avr 2008;25(4):511-8.
74. Nicotine occurrence in bottled mineral water: Analysis of 10 brands of water in Spain - ScienceDirect [Internet]. [cité 27 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971101360X>
75. Zaki GI. Determination of phthalate esters in Egyptian PET-bottled water investigated under different storage conditions.
76. Wormuth M, Scheringer M, Vollenweider M, Hungerbühler K. What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? Risk Anal Off Publ Soc Risk Anal. juin 2006;26(3):803-24.
77. Rosenfeld PJ, Brown DM, Heier JS, Boyer DS, Kaiser PK, Chung CY, et al. Ranibizumab for neovascular age-related macular degeneration. N Engl J Med. 5 oct 2006;355(14):1419-31.
78. Zare Jeddi M, Rastkari N, Ahmadkhaniha R, Yunesian M, Nabizadeh R, Daryabeygi R. A margin of exposure approach to assessment of non-cancerous risk of diethyl phthalate based on human exposure from bottled water consumption. Environ Sci Pollut Res. déc 2015;22(24):19518-28.
79. Dumitrascu, T., Lupescu, I. and Ionescu, M. (2012) The Todani Classification for Bile Duct Cysts An Overview. Acta chirurgica Belgica, 112, 340-345. - References - Scientific Research Publishing [Internet]. [cité 28 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1931404>
80. Al-Saleh I, Shinwari N, Alsabbaheen A. Phthalates residues in plastic bottled waters. J Toxicol Sci. 2011;36(4):469-78.

Références bibliographiques

81. journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire 26 avril 2006

Résumé :

La présence des esters de phtalates (PEA) dans les eaux embouteillées en PET est devenue une préoccupation récente chez certains chercheurs, surtout si l'on considère la croissance constante de la consommation d'eau en bouteille et les effets toxicologiques de ces substances étant des perturbateurs endocriniens.

L'objectif de cette étude était d'estimer la teneur des phtalates dans les eaux embouteillées en plastique commercialisées en l'Algérie. Nous tenterons à travers ce travail d'évaluer les facteurs favorisant la migration des phtalates vers l'eau.

Une procédure a été mise en œuvre selon la technique chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse CPG-MS des eaux embouteillées commercialisées en Algérie. Elle s'est déroulée au niveau du laboratoire d'Hydrologie Bromatologie de département de la pharmacie de la faculté de médecine de Tlemcen, durant les mois de Février et juin 2024.

Nous avons observé la présence des phtalates au niveau de la majorité des échantillons analysés.

La teneur de ces molécules varie en fonction du temps et de la température de stockage mais d'une manière non significative.

L'évaluation de la contamination de l'eau embouteillée par les phtalates a montré la présence de trois phtalates, avec un taux plus élevé pour le DEHP sans dépassement de la norme ($6\mu\text{g/l}$).

Mot clés : Les esters de phtalates ; L'eau embouteillée ; Bouteille en PET ; Migration ; conditions de stockage.GC/SM

Abstract :

The presence of phthalate esters (PEA) in PET bottled water has become a recent concern among some researchers, especially considering the constant growth in bottled water consumption and the toxicological effects of these substances being endocrine disruptors.

The objective of this study was to estimate the content of phthalates in plastic bottled water marketed in Algeria. Through this work, we will attempt to evaluate the factors favoring the migration of phthalates into water.

A process for analysis using the gas chromatography technique coupled with CPG-MS mass spectrometry of bottled water marketed in Algeria. It took place at the Hydrology Bromatology laboratory of the pharmacy department of the Faculty of Medicine of Tlemcen, during the months of February and June 2024.

We observed the presence of phthalates in the majority of samples analyzed.

The content of these molecules varies depending on the storage time and temperature but not significantly.

The evaluation of the contamination of bottled water by phthalates showed the presence of three phthalates, with a higher rate for DEHP without exceeding the standard ($6\mu\text{g/l}$).

Keywords: Phthalate esters; Bottled water; PET bottle; Migration; storage conditions.GC/SM.